



TERRA BRASIL

2010



Campo Grande-MS, 31 de agosto a 3 de setembro de 2010

Célia Neves
Obede Borges Faria
(Editores)

**III Congresso de arquitetura
e construção com terra
no Brasil:
Educação, capacitação
e transferência
da tecnologia de terra**





Terra Brasil 2010

III CONGRESSO DE ARQUITETURA E
CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL

31 DE AGOSTO - 03 DE SETEMBRO
CAMPO GRANDE - MATO GROSSO DO SUL



COORDENAÇÃO GERAL

Profa. Dra. Andrea Naguissa Yuba, DEC/CCET/UFMS
Profa. Dra. Ana Paula Milani, DEC/CCET/UFMS
MSc. Enga. Célia Neves, Rede TerraBrasil/ PROTERRA

COMISSÃO CIENTÍFICA

MSc. Enga. Célia Neves – Rede TerraBrasil/ PROTERRA – Brasil (coordenação)
Prof. Dra. Akemi Ino – EESC/USP – Brasil
Arq. Alejandro Ferreiro – FARQ/UDELAR – Uruguai
MSc. Arq. Alessandra Navarro – FAUUSP – Brasil
MSc. Arq. Alexandre Mascarenhas – IFMG – Ouro Preto – Brasil
MSc. Arq. Ana Cristina Villaça – PROTERRA/Rede TerraBrasil – Brasil
MSc. Eng. Ariel Gonzaléz – Cecovi – Argentina
Profa. Dra. Cybèle Santiago – UFBA – Brasil
Dra. Arq. Maria Isabel Kanan – ICOMOS-ISCEAH – Brasil
Prof. MSc. José Alberto Ventura Couto – UFMS – Brasil
MSc. Eng. José Albuquerque Almeida Neto – CTEC Engenharia Ltda. – Brasil
MSc. Arq. Márcio V. Hoffmann – Fato Arquitetura – Brasil
Prof. Dr. Marco Antônio Penido de Rezende – UFMG – Brasil
Arq. Mauricio Guillermo Corba Barreto – USP – Brasil
Prof. Dr. Obede Borges Faria – UNESP – Campus de Bauru – Brasil
Prof. Dra. Rosa Maria Sposto – UNB – Brasil
Prof. MSc. Sandra Selma Saraiva de Alexandria – UFPI – Brasil
Prof. Dr. Silvio Rios – UNA – Paraguai
Profa. MSc. Vanda Alice Garcia Zanoni – UNIDERP – Brasil
Profa. Dra. Wilza Gomes Reis Lopes – UFPI – Brasil

COMISSÃO ORGANIZADORA LOCAL

Profa. Dra. Ana Paula Milani, DEC/CCET/UFMS
Profa. Dra. Andrea Naguissa Yuba, DEC/CCET/UFMS
Enga. Sandra Regina Bertocini, DEC/CCET/UFMS
Arq. Alex Nogueira Rezende, DEC/CCET/UFMS
Profa. MSc. Juliana Trujillo, DEC/CCET/UFMS

Instituições Organizadoras



Rede TerraBrasil de Arquitetura e Construção com Terra



UFMS - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - Campus de Campo Grande

DEC/CCET - Departamento de Estruturas e Construção Civil, do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

TerraBrasil 2010
III Congresso de Arquitetura
e Construção com Terra no Brasil:
Educação, capacitação e transferência da tecnologia de terra

Anais

Célia Neves
Obede Borges Faria
(editores)

Rede TerraBrasil / UFMS

Campo Grande – MS
2018

720 Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (3.
C759 : 2010: Campo Grande, MS).
Anais [recurso eletrônico] do 3º Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil: Educação, capacitação e transferência da tecnologia da terra, realizado em Campo Grande, no ano de 2010; editado por Célia Neves e Obede Borges Faria. -- Campo Grande: TerraBrasil/UFMS, 2018
538 p.
ISSN 2178-1729
1. Arquitetura e construção com terra. 2. Técnicas construtivas. I. Neves, Célia. II. Faria, Obede Borges. III. Título.

Os arquivos relativos aos trabalhos constantes deste livro foram originalmente reunidos pelos organizadores do TerraBrasil2010 em um CD-ROM e distribuído aos participantes do evento. Recentemente, com a criação da página web da Rede TerraBrasil, deliberou-se por reunir estes trabalhos em um livro digital, para possibilitar o acesso universal a seu conteúdo, contribuindo com a difusão do conhecimento produzido na área da arquitetura e construção com terra no Brasil.

Sugestão para fazer referência a estes anais

a) Anais completos: Neves, C.; Faria, O. B. (ed.) (2010). Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (3). Anais... Campo Grande, Brasil: TerraBrasil/UFMS. Disponível em: <http://redeterrabrasil.org/>

b) Artigo específico (um exemplo): Heise, A. F.; Granja, A. D.; Picchi, F. A. (2010). Oportunidade de aplicação dos princípios e ferramentas da mentalidade enxuta no processo de produção do painel monolítico de taipa de pilão. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (3). Anais... Campo Grande, Brasil: TerraBrasil/UFMS. p. 288-98. Disponível em: <http://redeterrabrasil.org/>

Capas: Obede Borges Faria

Fotos da capa, guias e contracapa: Monumento ao Índio, instalado no Parque das Nações Indígenas, em Campo Grande-MS. Convivência entre duas culturas: a indígena e a modernidade, expressa pelo perfil dos arranha-céus (Obede B. Faria, 2010)

Sumário

APRESENTAÇÃO	9
PROGRAMA	10
PALESTRANTES	11
OFICINAS	12

Tema 1

MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

Acabados en tierra	15
Verónica Henriques Ardila; Juan David Álzate Tamayo; Esteban Guarín Zapata	
Análise da qualidade da taipa de pilão por meio de ondas ultra-sônicas	25
Márcio V. Hoffmann; Raquel Gonçalves	
Avaliação preliminar de métodos de ensaio para caracterização mecânica de blocos de terra comprimida	34
Arthur Santos Silva; Ana Paula da Silva Milani; Sandra Regina Bertocini	
Bloco de terra comprimida (BTC) produzido pela Olaria Ecológica Comunitária de Limeira-SP	44
Angela I. Briones Cáceres; Karen Passarini; Luísa A. Gachet-Barbosa; Rosa C. C. Lintz; Lubienska C. Lucas; Marta S. G. Pires; Jaquiê Ribeiro; Ana E. P. G. de Avila	
Bóvedas de madera y bahareque en iglesias coloniales bogotanas. Estudio de cuatro iglesias del Siglo XVII	54
Cecilia López Pérez; Daniel Ruiz Valencia	
Determinação dos parâmetros de compactação para solo-cimento com adição de resíduos de madeira da construção civil	68
Maxiliano Perdigão dos Santos; Maria Teresa Paulino Aguilar; Sílvio Martins Almeida	
Determinación de fraguado de morteros de cal mediante fenolftaleína	78
Cecilia López Pérez; Crispín Celis; Luis Gonzalo Sequeda	
Estudo de argamassas para assentamento de blocos de terra comprimida	89
Ana Paula da Silva Milani; Sandra Regina Bertocini; Alex Meneses Silva	
Estudo preliminar do uso de cimento e aditivo DS-328® como estabilizantes de solo da região do pantanal sul mato-grossense	98
Ana Paula da Silva Milani; Sandra R. Bertocini; Wagner A. Andreasi; Andressa B. Pedrosa	
Fibras dispersas de papel kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento para a produção e assentamento de BTCs	105
Márcio Buson; Humberto Varum; Rosa Maria Sposto	
Flexão em paredes construídas com blocos de solo-cimento, intertravados, sob carga horizontal uniformemente distribuída	115
João Batista S. de Assis; Eduardo Chahud; Paulo Santos Assis	

Malla de junco como refuerzo para construcciones en adobe	125
María T. Méndez; Palermo Palacios; Diego Machuca; Gustavo Sosaya; Ernesto A. B. Cevallos; Fabrizzio G. Ortíz	

Tema 2

HISTÓRIA, CONSERVAÇÃO E PATRIMÔNIO

Avaliação de casa de taipa de mão em Teresina, Piauí	136
Wilza Gomes R. Lopes; Thaís M. P. de Carvalho; Karenina C. Matos; Thiago M. Braga	
Catedral de Campinas: o emprego da taipa de pilão em construções de grande porte do Século XIX	146
Ana Paula Farah; Marcelo Cachioni	
Expedição caminhos da terra. Levantamento final das construções em adobe nas regiões norte e nordeste do estado do Ceará	157
Ricardo M. Carvalho; Humberto Varum; Alexandre A. Bertini	
Levantamento e caracterização de técnicas de construção com terra em Mato Grosso do Sul	166
Raí Zanoni; Andrea N. Yuba; Juliana C. Trujillo; Ana Paula da S. Milani; Vanda A. G. Zanoni	
South Italy: conservation of cultural heritage in adobe	178
Ettore Pelaia	
Técnicas de construção em terra no vale do Drâa (Marrocos)	186
Eliana Baglioni	
Um olhar retrospectivo: o discurso dos viajantes sobre a arquitetura de terra em Minas Gerais	197
Juliana Prestes Ribeiro Faria; Marco Antônio Penido Rezende	
Um olhar sobre os mirantes de São Luís: estudo sobre a tipologia construtiva	209
Margareth Gomes de Figueiredo; Humberto Varum; Aníbal Costa	

Tema 3

ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA

Alentejo – terra actual	216
Filipe Jorge	
Análise da tecnologia construtiva utilizada em comunidades da zona rural de Teresina, PI, Brasil	221
Danilo S. Araújo; Josinara M. Ribeiro; Mariana F. de Paiva; Sandra S. S. de Alexandria	
Arquitetura de terra no Uruguai: modelo de desenvolvimento	229
Ana Paula Bayer	
Bloco de terra comprimida – BTC. Considerações sobre sua produção e utilização	240
João Maurício de Andrade Goulart; Maria Cristina Ramos de Carvalho	
Casa em pau a pique	248
Ricardo Junqueira Piva	

Construção em terra: uma opção sustentável para a realidade urbana dos países em desenvolvimento – o caso de África Célia Macedo	253
Earth and bamboo: experience from Nepal Nripal Adhikary	262
Ecoaldea ÑEMBYATY (nuestra reunión) Oriel Visintini, Alcides Scarpin, Maria Eugenia Germano, Ariel González	269
Experiências em construção com terra no segmento da agricultura familiar Cecília Heidrich Prompt; Leandro Lima Borella	279
Oportunidade de aplicação dos princípios e ferramentas da mentalidade enxuta no processo de produção do painel monolítico de taipa de pilão André Falleiros Heise; Ariovaldo Denis Granja; Flávio Augusto Picchi	288
Projeto de unidade habitacional construída em alvenaria de solo-cimento para o assentamento rural mutirão de Campo Alegre, no estado do Rio de Janeiro Cinthia Lobato Serrano; Fabiano Prates Ravaglia; Gerônimo Leitão	299
Secretos técnicos en la construcción de una obra monumental con tierra Leonidas Gómez-Gómez	308
Techos y ventanas bioclimáticos Leonidas Gómez-Gómez	315
Variáveis técnicas que interferiram no uso da terra para habitação social rural. Caso: assentamento rural Sepé Tiaraju, Serra Azul-SP Rafael Torres Maia; Akemi Ino	322

Tema 4

ENSINO, FORMAÇÃO E CAPACITAÇÃO

Capacitação de mão de obra em arquitetura de terra: oficina para qualificação de mão de obra local Frederico de Sá Senna Prates, Daniel Martins da Costa Quintão	334
Capacitação em bioconstrução na Ilha Grande do Paulino Cecília Heidrich Prompt	342
Cursos de curta duração em construção com terra em discussão Bianca dos Santos Joaquim	349
Experiências de capacitação para produção de adobes e construção de habitações de interesse social no estado de São Paulo Obede Borges Faria	360
La valoración del patrimonio constructivo tradicional. Una experiencia educativa en la región de Souss-Massa Draâ, Marruecos Isolina Díaz Ramos	373
Oficinas de bioconstrução em praças públicas: transferência de tecnologia e promoção de qualidade de vida em bairros de periferia do município de Jacareí/SP Juliana F. Okumura; César Augusto da Costa; Ana Carolina Pereira Alves	380

Pelos segredos da terra: a pintura de um casarão sul-mineiro com a participação dos presidiários 392
Rosana Soares Bertocco Parisi; Esther Aparecida Cervini; Sandra Souza

Uma experiência de construção com terra na Paraíba através da Casa dos Sonhos 398
Lucía Esperanza Garzón; Yudith Gomez; Normando Perazzo; Patrícia Queiroga

Tema 5

SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO COM TERRA

A operacionalização do conceito de sustentabilidade: enfrentando o desafio 406
Ana Cristina Villaça

Adobe, habitação e sustentabilidade: tradição x inovação 417
Carolina Akemi Martins Morita

Arquiñáú: construcción y ornamentación autogestivos de vivienda con tierra en Misiones, Argentina 429
Eva I. Okulovich; Graciela Anger, Silvia Okulovich, Ariel González

Arquitetura, participação popular e o “vício da virtude” da construção com terra em assentamentos de reforma agrária 436
Maristela Siolari; Fernando de Paula Cardoso; Leandro Sonoda Hironaga

Bioconstruções em comunidades tradicionais 445
Felipe Augusto Pinheiro

Sustentabilidad ecológica y social de las bóvedas de cuña en la edificación con tierra 455
Ramón Aguirre; Luis Guerrero; Alan Laguerenne

Estudo da durabilidade da taipa de mão com entramado de bambu bambusa vulgaris 465
Deir Nazareth Andrade Costa Silva; Sandro Fábio César

ANEXO

Oficinas de terra – Apostila 475

A carência habitacional no Brasil requer a busca contínua de métodos alternativos, mais baratos e com mais qualidade, aliada ainda à necessidade de se valorizar o ambiente familiar, tanto no aspecto social quanto no psicológico, para viabilizar a melhoria das condições de vida das camadas excluídas sócio-economicamente da sociedade.

Projetar e construir uma residência mais sustentável requer multidisciplinaridade, envolvendo os aspectos sociais, antropológicos, econômicos e ambientais. Sob esse ponto de vista, entende-se que a construção com terra, pela tradição de uso e vantagens ambientais, pode ser um poderoso agente propulsor desta visão.

Para tanto, há a necessidade de qualificar ou requalificar a população economicamente ativa para o emprego eficiente da tecnologia construtiva com terra, levando as associações comunitárias e governos a buscarem investimentos em educação e capacitação, agregando à transferência de tecnologia a capacitação para a organização, a utilização de novas informações e solução de problemas. Com base nessas premissas, o evento **TerraBrasil 2010** em como tema principal **a educação, capacitação e transferência da tecnologia de terra**, objetivando a discussão de programas de formação técnica, sensibilização, treinamento e disseminação da construção com terra, com vistas à melhoria na qualidade de vida, tanto por abordar os aspectos de economia, higiene e saúde, mas também por capacitar para atividades ligadas a gestão, produção, comercialização, qualidade, planejamento e organização comunitária ou associativismo/empreendedorismo/ cooperativismo.

Coordenação Geral

PROGRAMA

Data	Horário	Atividade
31 de agosto	10:00 – 17:00	Oficinas
	10:00 – 17:00	Oficinas
1 de setembro	19:30 – 21:30	Palestra: Sustentabilidade ecológica y social de las bóvedas de cuña en la edificación con tierra Arq. Ramón Aguirre (México)
	8:00 – 9:00	Palestra: Transferencia tecnológica en una comunidad popular de João Pessoa Arq. Lucía Garzón (Colômbia)
2 de setembro	9:00 – 12:30	Sessões técnicas
	14:30 – 15:30	Palestra: Fundações de solo-cimento Prof. Dr. Antônio Anderson da Silva Segantini (UNESP/Ilha Solteira, Brasil)
	16:00 – 17:30	Sessão técnica
3 de setembro	8:00 – 10:00	Mesa Redonda: A inclusão da terra no ensino superior: educação, capacitação transferência de tecnologia Prof. Dr. Obede Borges Faria (UNESP/Bauru); Profa Dra. Akemi Ino (USP/São Carlos); MSc. Enga. Célia Neves (Rede TerraBrasil/ PROTERRA)
	10:30 – 17:30	Sessões técnicas
	17:30 – 18:00	Encerramento

Ramón Aguirre

Arquiteto, especialista em abóbadas e coberturas leves de baixo custo, Diretor técnico da Arcilla y Arquitectura, membro da Rede Ibero-americana PROTERRA. Instrutor de oficinas em México, Cuba, Argentina, Espanha Guatemala, Uruguai e Colômbia. Conferencista em várias universidades, especialmente na Universidade Autônoma do México – UNAM-X e UNAM_Azcapotzalco e Universidade de Colima. Atua há mais de 18 anos em pesquisa e construção de Abóbadas Mexicanas.

Lúcia Garzon

Arquiteta, pesquisadora em projeto, construção e ensino de técnicas de construção sustentável, gestora e coordenadora de diversos Diplomados, tais como “Ecosostenibilidad y Arquitectura con Tierra” realizado por Fedevivienda, outro com a Escuela Colombiana de Ingeniería, e do “Construcción Sostenible y Arquitectura con Tierra” com a Universidad Gran Colombia, em Bogotá. Conferencista e instrutora de oficinas em Espanha, Portugal, Chile, Estados Unidos, México, El Salvador, Costa Rica, Panamá, Venezuela, Brasil, entre outros países.

Antonio Anderson da Silva Segantini

Doutor e Mestre pela UNICAMP, Engenheiro Civil pela UNESP; professor do Departamento de Engenharia Civil da UNESP, Campus de Ilha Solteira-SP. No seu trabalho de doutorado, desenvolveu pesquisa sobre o uso do solo-cimento plástico em fundações do tipo estacas moldadas “in loco”. Tem experiência na área de construção civil, com ênfase na construção de edifícios. Desenvolve trabalhos de pesquisa voltados para o aproveitamento dos resíduos gerados na indústria da construção civil.

Akemi Ino

Doutora em Engenharia Civil, Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Engenheira Civil pela Universidade de São Paulo (USP); professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da USP, campus São Carlos e coordenadora do Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade (HABIS/USP-UFSCar). Tem experiência em construção civil, habitação social rural, habitação com madeira de reflorestamento, sustentabilidade da produção e de sistemas construtivos.

Obede Borges Faria

Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental, Mestre em Arquitetura, Engenheiro Civil; membro do Projeto de Investigação PROTERRA/HABYTED/CYTED e da Rede Ibero-americana PROTERRA; professor da assistente doutor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (chefe do Dep. Eng. Civil/Faculdade de Engenharia de Bauru). Atua nos seguintes periódicos: Corpo Editorial Revista Ciência em Extensão, revisor Revista Árvore, revisor Revista APUNTES (Colômbia) e comitê de avaliadores da revista Ambiente Construído (ANTAC); Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Materiais e Componentes de Construção, atuando principalmente nos seguintes temas: adobe, materiais de construção, construção civil, habitação de interesse social, arquitetura e construção com terra e madeiras.

Célia Neves

Mestre em Engenharia Ambiental Urbana, Engenheira Civil; Coordenadora da Rede TerraBrasil, ex-coordenadora e membro do Projeto de Investigação PROTERRA/HABYTED/CYTED e da Rede Ibero-americana PROTERRA, pesquisadora do CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, Universidade do Estado da Bahia. Desenvolveu estudos para o uso de solo-cimento e materiais alternativos na produção de habitação de baixo custo. Dedicou-se ao estudo de processos para a transferência de tecnologia

	Oficinas	Instrutores
T	Caracterização e seleção de solos	Obede Borges Faria
1	Taipa de pilão	Márcio V. Hoffmann
2	Técnicas Mistas	Lucia Garzón e Maurício Guillermo Corba
3	Abóbada	Ramón Aguirre
4	Cores da Terra (pintura com terra)	Fernando Cardoso
5	BTC	Célia Neves e Heleodoro Morrillo de Castro
6	Adobe	Raymundo Rodrigues

Resumo das oficinas

Caracterização e seleção de solos

Colocar os participantes em contato com a terra para compreender as propriedades desse material, diferenças de seu comportamento e técnicas de construção mais adequadas para os diferentes tipos de terra.

Taipa de pilão

Através da construção de uma parede, apresenta a técnica que consiste na compactação da terra na umidade ótima, em camadas sucessivas, verticalmente, com o auxílio de moldes e guias.

Técnica mista (taipa de mão, pau a pique)

Corresponde à execução de parede e outros elementos da edificação constituída de uma estrutura portante de bambu ou madeira, preenchida manualmente com barro (terra em estado plástico). Apresenta os tipos de materiais e a fabricação da estrutura portante e entramado, bem como a preparação da mistura de terra e sua aplicação no preenchimento do entramado.

Abóbada

Mostrar o funcionamento da formação de arcos autoportantes com assentamento de BTCs a partir da construção in loco de uma abóbada experimental.

Cores da terra (pintura com terra)

Transmitir conhecimentos sobre o processo de preparação de pigmentos extraídos de solos, produção de amostras de tintas e aplicação em superfícies de alvenaria.

BTC (bloco de terra comprimida)

Transmitir conhecimentos sobre a fabricação de BTC, iniciando-se pela escolha da terra apropriada até a produção dos elementos construtivos, bem como a sua utilização na construção da alvenaria. O BTC é produzido com um equipamento próprio, que promove a prensagem da terra estabilizada em molde, seguida de desmolde imediato.

Adobe

Transmitir conhecimentos sobre a fabricação de adobe, iniciando-se pelo manejo da terra no estado plástico até a produção dos elementos construtivos, bem como a sua utilização na construção da alvenaria. O adobe corresponde ao bloco de terra moldada em estado plástico seco em ambiente natural.

Cada participante das oficinas assiste a Oficina de Solos (caracterização e seleção de solos) e escolhe mais duas oficinas entre as seis relacionadas

Programação das oficinas

Máximo de 20 participantes por turma.

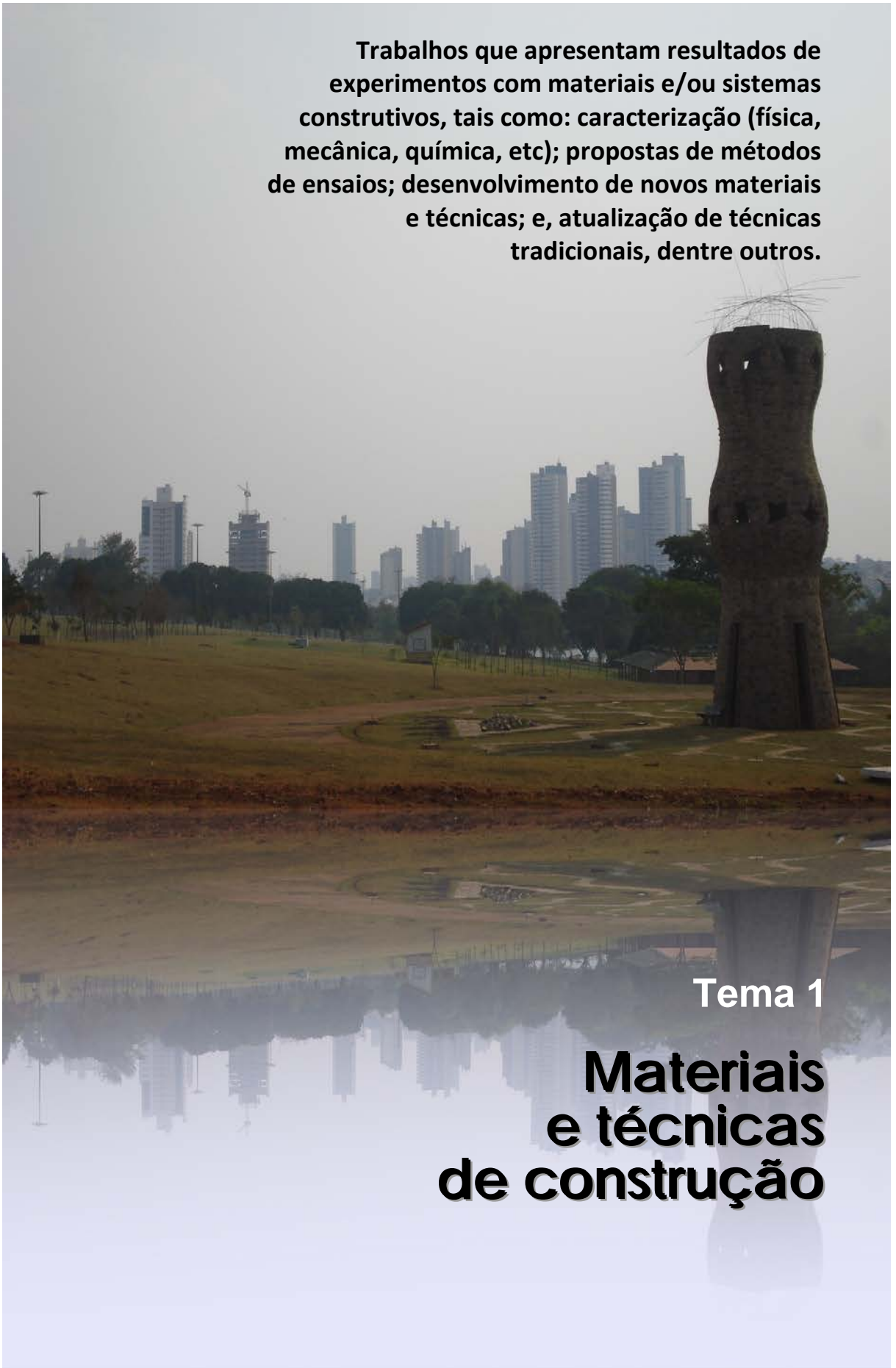
31 de agosto (terça-feira)						
9:00-10:00	Inscrições					
10:00-12:00	Apresentação das oficinas (15 a 20 minutos para cada ministrante de oficina)					
12:00-14:00	Intervalo para almoço					
14:00-17:00	SOLOS para 1 e 2	3A	4A	5A	6B	

1 de setembro (quarta-feira)						
9:00-10:00	SOLOS para 3 e 4	1A	2A	6A		
12:00-14:00	Intervalo para almoço					
14:00-17:00	SOLOS para 5 e 6	1B	2B	3B	4B	5B

Trabalhos que apresentam resultados de experimentos com materiais e/ou sistemas construtivos, tais como: caracterização (física, mecânica, química, etc); propostas de métodos de ensaios; desenvolvimento de novos materiais e técnicas; e, atualização de técnicas tradicionais, dentre outros.

Tema 1

Materiais e técnicas de construção





ACABADOS EN TIERRA

Verónica Henriques Ardila¹; Juan David Álzate Tamayo²; Esteban Guarín Zapata³

Facultad de Arquitectura - Universidad Pontificia Bolivariana- Medellín, Colombia

(1) Calle 36 sur Nº 25-153. (57-4) 3362477, Móvil: 3006531306; e-mail: veronica_henriques@etb.net.co

(2) Calle 50 # 74-43 apto 401, Móvil: 3006198353; e-mail: jalzatet63@yahoo.com.ar

(3) Carrera 47# 20s 84, Tel: (57-4) 270 93 45, Móvil: 3013739164; e-mail: estebanguarin.z@hotmail.com

Palabras clave: arquitectura y construcción con tierra, acabados, pañete, fibra natural

Resumen

La tierra como material constructivo, ha sido usada desde tiempos ancestrales; en Colombia esta tradición se ha ido perdiendo, dejando este material y sus técnicas constructivas enmarcadas en un concepto arquitectónico de bajo nivel, asociado a zonas sub-urbanas o rurales de bajos recursos e ignorando todas sus cualidades. Trabajos previos a nivel mundial se han venido encargando de demostrar los beneficios ambientales, bioclimáticos, técnicos y económicos que tiene la arquitectura en tierra, sin embargo esto no ha sido suficiente para que este material tome un papel importante en la arquitectura de hoy. Este trabajo pretende reivindicar el material en las estéticas contemporáneas, produciendo acabados elaborados con tierra cruda, experimentando con texturas, colores y técnicas de aplicación en el contexto colombiano; también demostrar la facilidad de implementación, la reducción en los costos con estos acabados y la amplia gama de alternativas estéticas que se pueden lograr. Se está trabajando tanto con probetas como en edificaciones experimentales. Una de estas construcciones es una casa edificada con bloques de tierra comprimida que se ubica en las afueras de la ciudad de Medellín. La investigación está en proceso y se espera poder determinar dosificaciones exactas para cada acabado, innovar con texturas, colores, determinar patologías y sus razones, además de lograr una estandarización de procesos artesanales en cuanto a obtención y aplicación de la tierra como un acabado arquitectónico. Podemos llegar a lograr acabados de alta calidad estética que no riñen con las tendencias contemporáneas.

1. INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la raza humana, el hombre ha encontrado la tierra como una excelente solución para su resguardo de los factores climáticos; la tierra es uno de los materiales constructivos más antiguos y de los más usados alrededor del mundo, durante la historia de la humanidad, las grandes civilizaciones han empleado la tierra cruda como una solución eficaz para solucionar problemas frente al cobijo y al habitar, debido a que la tierra es un material noble y abundante al que se puede acceder fácilmente y a un bajo costo; en Colombia el uso de la tierra como material constructivo ha quedado relegado, por lo tanto sus técnicas constructivas han resultado enmarcadas en un concepto arquitectónico de bajo nivel, inscrito a zonas sub-urbanas o rurales de bajos recursos.

Diferentes trabajos a nivel mundial se han encargado de mostrar el gran potencial de la tierra en diferentes ámbitos como son: el ambiental, el bioclimático, el estético y el económico. Los acabados arquitectónicos, son en gran parte los que se encargan de dar el valor estético a una edificación y casi siempre es uno de los procesos constructivos más costosos económica y ambientalmente, por esta razón se busca promover este tipo de técnica y aportar a la estandarización de los acabados en tierra cruda a la vista, teniendo en cuenta que la tierra como material de construcción genera un bajo impacto ambiental, promueve un ahorro importante de recursos, al igual que permite que sectores de población de bajos recursos puedan implementar los resultados de esta investigación para el mejoramiento de sus viviendas. Es importante mencionar que esta es un investigación que aun esta es proceso de realización por Esteban Guarín Zapata estudiante de pregrado de

arquitectura de la Universidad Pontificia Bolivariana perteneciente al Semillero de Investigación en Estudios Técnicos de Arquitectura SITEC

2. OBJETIVOS

El objetivo general de ese trabajo es conocer la tierra, sus compuestos, aplicaciones y distintos sistemas constructivos para desarrollar acabados en tierra cruda a la vista.

Como objetivos específicos se pueden enrolar:

- Hacer un reconocimiento teórico sobre la tierra y sus tipologías.
- Identificar y analizar los distintos sistemas constructivos en tierra.
- Conocer la normativa para la construcción en tierra en Colombia y en el mundo.
- Identificar los acabados en tierra que se realizan actualmente en el medio de la construcción.
- Reconocer el tipo de tratamientos para evitar el deterioro en los acabados en tierra.
- Aprender a manipular el material para realizar propuestas estéticas variables, empelando distintas técnicas de acabados en tierra.
- Construir modelos a escala para experimentar acabados en tierra.
- Realizar acabados en tierra cruda en edificaciones construidas.
- Enmarcar la tierra como acabado en las nuevas estéticas contemporáneas

3. ACABADOS EN TIERRA A LA VISTA

Un acabado es la parte final del proceso constructivo en un proyecto arquitectónico, con el que se obtiene un carácter formativo específico. Algunas características específicas son: protección de la superficie, mejora de las características estéticas y arquitectónicas y disminución de contaminantes, como material particulado, entre otras.

3.1 Hipótesis

La tierra como acabado es una excelente opción, brinda un importante ahorro económico, debido a que es un sistema constructivo de bajo costo, su impacto ambiental es mínimo y dejándolo a la vista se puede obtener un acabado con un contenido estético y arquitectónico con características similares al tradicional y por último ofrece un bajo costo en su ejecución, por la facilidad de aplicación y las pocas pérdidas que genera.

Con la tierra se puede obtener un gran número de acabados mezclando sus distintos componentes y jugando con sus colores, texturas y técnicas de aplicación logrando así, una excelente calidad estética. Así mismo los acabados en tierra se pueden considerar como técnicas de muy bajo impacto ambiental, debido a que es muy abundante la materia prima para su elaboración, además que el consumo energético para su producción y aplicación, es muy bajo, aportando en definitiva el incuestionable mejoramiento de las condiciones ambientales y su particular estética.

Los acabados en tierra pueden ir desde un muro hecho en tapia estabilizada que se deja a la vista hasta la aplicación de una pintura elaborada con tierra.

3.2 Experimentación

Para la experimentación y elaboración de este tipo de acabados, se trabaja actualmente en una vivienda ubicada en el municipio de Guarne, Antioquia, población que se encuentra a las afueras de la ciudad Medellín, exactamente a 25 km de la ciudad de Medellín, a una altura promedio de 2150 m.s.n.m. y con una temperatura de 17°C, la vivienda está

elaborada con bloques de tierra comprimida, fabricados con CINVA-RAM (figura 1). La vivienda desde su construcción fue pensada en términos de acabados dejar el bloque de tierra a la vista y simplemente cubrir las juntas con tierra del mismo color del bloque.



Figura 1. Vivienda construida en bloque de tierra comprimida (BTC) y detalle de muro interno sin acabados

Para esta vivienda se planteó inicialmente elaborar acabados en los muros interiores y exteriores de manera que el mortero de pega se cubriera con una mezcla de suelo cemento que generara un acabado final liso en cada uno de los muros, así mismo se plantearon pañetes con tierra en algunos puntos específicos de la misma, con el fin de proteger las superficies de la erosión y dar una apariencia más estética, dentro de los objetivos para la implementación de acabados, se buscó mejorar una superficie que permitiera el uso de un proyector de imágenes con características de LCD (Pantalla de Cristal Líquido). Algunos de los puntos seleccionados para la aplicación de los acabados en tierra, fueron el baño principal, el salón y el muro ático; con la implementación de los acabados en tierra se esperaba obtener información para comenzar a buscar estandarización en dosificaciones para futuras aplicaciones, así mismo, se buscaba identificar patologías del acabado y el comportamiento del mismo en el tiempo para ir experimentado con propuestas que exploren mucho más el material y aportar elementos para que la tierra pase de ser un material de características marginales a uno más contemporáneo.

Para la realización de cualquier técnica de construcción con tierra, se debe identificar los componentes de la tierra, y determinar de esta forma cual es la indicada para trabajar, ya que, no toda la tierra es apta para usarla en construcción. Las tierras más usadas son los limos y las arcillas, ya que su composición granulométrica brinda una buena plasticidad al momento de ser utilizada, especialmente en acabados.

3.2.1 Prueba de determinación de partículas

La tierra ideal para trabajar en construcción es una tierra que tenga por lo menos 33% de arena y entre 5% y 30% de arcilla. Esta proporción puede variar según el tipo de actividad constructiva que se realice con esta tierra. Cuando la tierra que se tiene no cumple las características antes expuestas, se puede mejorar agregándole arena o arcilla según sea el caso (Choque Rúelas; Huamán Meza, 2010).

Para determinar las cantidades de arena, limo y arcilla, se utiliza un teste de decantación simple. Este método consiste en llenar un recipiente a la mitad con la tierra a emplear. El recipiente debe llenarse con agua, taparse y agitarse por 2 minutos, luego se deja asentar hasta 24 horas, para determinar la proporción de elementos que posee la tierra a utilizar (figura 2). Las partículas mayores se asientan primero en el fondo y las más finas se quedan arriba. A partir de esta estratificación se puede tener una estimación de la proporción de los componentes.

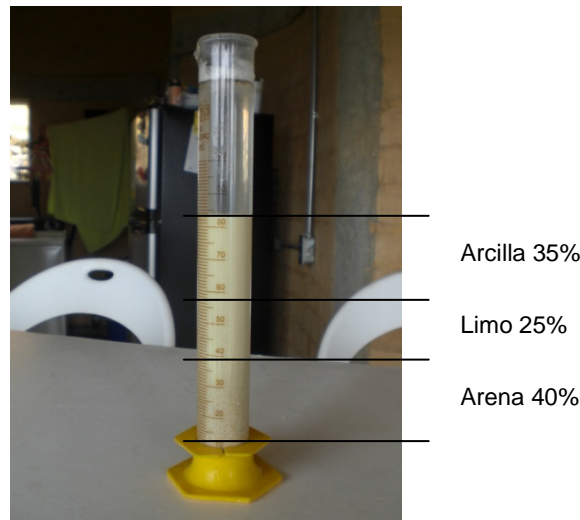


Figura 2. Probeta con tierra blanca decantada

Así mismo se pueden desarrollar otro tipo de ensayos para determinar la proporción de elementos que posee la tierra a utilizar (Minke, 2008):

- Ensayo de corte: una muestra húmeda de barro se moldea en forma de bola y se corta con un cuchillo. Si la superficie cortada es brillante significa que la mezcla tiene un alto contenido de arcilla, si la superficie es opaca indica un alto contenido de limo.
- Ensayo de olor: El barro puro es inodoro, pero si tiene olor a moho, contiene humus o materia orgánica en descomposición.
- Ensayo de la mordedura: Una muestra de barro húmedo se muerde levemente. Los barros arenosos producen una sensación desagradable. Los barros arcillosos por otra parte dan una sensación pegajosa, suave, o harinosa.

3.2.2 Acabados con bloque de tierra comprimida (BTC) a la vista

Para este acabado se utilizó una mezcla de suelo y cemento, el cual permitiría un adecuado recubrimiento de las ranuras, así mismo le daría un acabado liso con color homogéneo a los muros interiores y exteriores de la vivienda.

Materiales – Para la aplicación de este acabado se utiliza tierra con las siguientes características: 30% de arena, 40% de limo, 30% de arcilla, complementado con el uso de cemento Portland, hidratados con agua potable.

Dosificación – Se empleó una mezcla con 1 medida de cemento por 3 de suelo con las características adecuadas.

Manifestaciones patológicas – Estas no se presentaron en todos los muros y dependieron de dos factores, la profundidad de la ranura en que se procedió a aplicar y de la técnica utilizada en la aplicación.

Resultados – Este tipo de acabado muestra características asociadas a la facilidad de aplicación, al la poca utilización de materiales en la aplicación del acabado, por último se evidencia un acabado con medianas calidades estéticas y arquitectónicas con un bajo costo de implementación (figura 3a).

3.2.3 Pañetes con tierra

Un pañete es el cubrimiento de una superficie, con el fin de proteger o simplemente dar un acabado, usando tierra (de las mismas características de la utilizada en numeral 3.2.2), fibras naturales, estabilizantes (cal, cemento, cal caseína, aceite de linaza) y agua. En la vivienda se han realizado 2 pañetes, uno en el baño principal (figura 3b) y otro en el salón.

Para la experimentación de estos acabados se uso como referencia bibliográfica y de experiencia, las mezclas empleadas por el profesor Gernot Minke.

Materiales – En el baño se uso tierra de color amarillo y en el salón se usó tierra de color blanco, la fibra natural usada para este pañete es estiércol de caballo, cagajón¹. Esta fibra puede ser reemplazada por otras fibras naturales en pequeños trozos, como por ejemplo la cáscara de arroz, cáñamo entre otros. Lo ideal es que se use una fibra de un tamaño medio y uniforme, aproximadamente 3 mm, para que cree adherencia entre las partículas de tierra, por esto es tan apreciado el estiércol de caballo que se alimenta de pastos, ya que su sistema digestivo genera una fibra con las características antes descritas. Así mismo se utilizaron como estabilizante cal y cemento Portland.

Preparación de materiales y dosificación – En la elaboración de estos pañetes se usó una dosificación recomendada por un experto en construcción con tierra. Se implementó por una medida de tierra, una de fibra; 1:1 en seco (figura 3c).

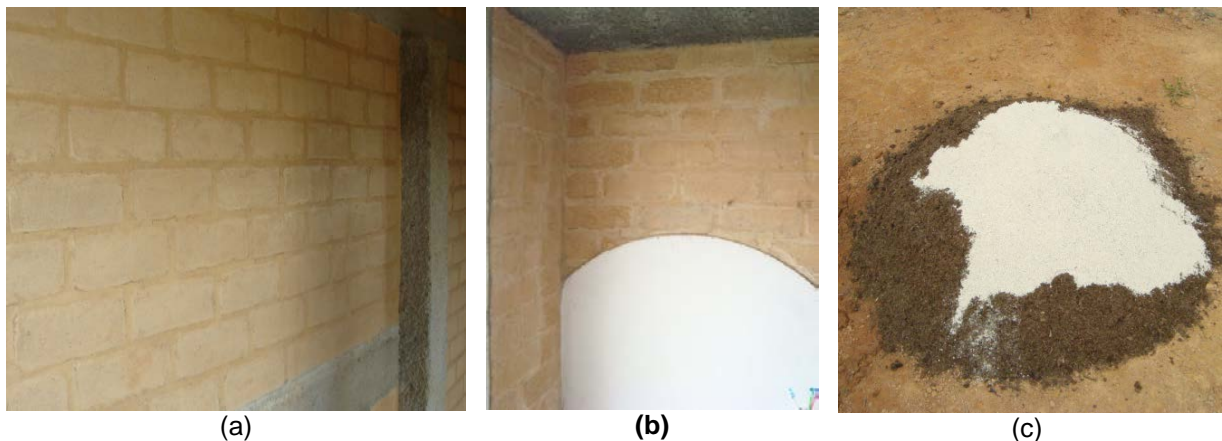


Figura 3. (a) Detalle de muro interno con acabado con BTC a la vista y (b) muro baño sin empañetar; (c) tierra blanca con fibra natural, cagajón

Los estabilizantes cal y cemento se usan en una proporción 1:1:10 sobre el total de la mezcla seca. La cal debe hidratarse con agua, por lo menos 1 hora antes de preparar la mezcla para su aplicación.

Para comenzar se pulveriza o desmenuza la fibra natural (cagajón), tratando de eliminar fibras con medidas superiores a los 4 mm de largo; luego de tener la tierra seleccionada se procede a tamizarla para garantizar que todas las partículas sean del mismo tamaño, se emplea una malla de 5 mm. A continuación se mezcla la tierra con el cagajón en una proporción 1:1 en seco. Esta mezcla se debe hidratar hasta que alcance una buena plasticidad, con mucho cuidado de no saturarla, por lo anterior se le adiciona el agua de manera gradual y se va mezclando constantemente. Para garantizar un buen mezclado el conocimiento popular de la zona recomienda mezclar la tierra y el cagajón por medio de los pies para mejorar la plasticidad de la mezcla (figura 4a).

Esta mezcla de debe dejar reposar (de 2 a 8 días ideal) para que tenga un mejor desempeño en cualquier superficie garantizando así un acabado liso. Luego que esta mezcla repose se procede a adicionar los estabilizantes que son el cemento y la cal que se usan en una proporción 1:1:10 con respecto al volumen de la mezcla de tierra y fibra natural. Para aplicar el pañete de debe preparar la superficie, garantizando que no existen partes inestables, que puedan generar un inadecuado agarre de la mezcla a aplicar, la superficie se debe hidratar para que el muro no le robe humedad a la mezcla y pueda ser bien fijada, logrando así un excelente acabado. Luego de este procedimiento se procede a aplicar el pañete con un palustre o una llana (figura 4b).

El espesor del pañete es más o menos de unos 2 mm a 5 mm. Luego de su aplicación, el color de la tierra se va asentando al perder humedad.



Figura 4. (a) Pisando con los pies descalzos la mezcla y (b) aplicación del pañete en el baño

Manifestaciones patológicas – La patología inicial más común es el agrietamiento del pañete y esto se debe a varias causas: la pérdida rápida de humedad de la mezcla, debido a que no fue bien hidratada la superficie donde se va aplicar, la irregularidad de la superficie a la cual se le aplica el pañete, especialmente si existen zonas muy profundas donde el espesor supere al promedio, por último el uso de una tierra con muy poca concentración de arena y mucha arcilla puede generar agrietamientos excesivos en el acabado (figura 5a).

Resultados – Los resultados obtenidos hasta el momento son buenos, logrando acabados estéticos desde el punto de vista arquitectónico, lisos y muy estables en cuanto a su composición, color y adherencia (figura 5b). En una vivienda, tipo apartamento del municipio de envigado en Antioquia, específicamente en el salón-comedor de esta vivienda, se empleo tierra blanca tamizada para que tuvieran un acabado parejo y se usó cascarilla de arroz como fibra para dar cohesión entre las partículas (figura 5c).

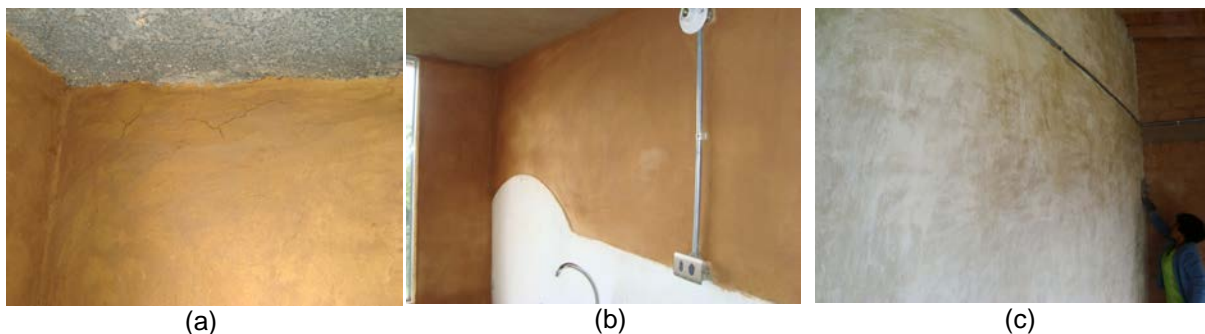
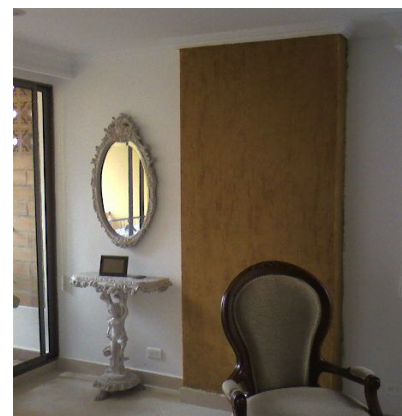


Figura 5. (a) Agrietamiento del pañete; (b) acabado del baño y (c) acabado salón

Como estabilizantes se empleo 8% de cal y caseína usando en proporción 1 volumen y 4 de caseína y un 0,4% de aceite de linaza. Todos estos aditivos son el porcentaje al volumen de tierra empleado para cada muro (figura 6a). En el mismo sitio se empleo tierra amarilla cernida o tamizada para obtener un acabado parejo y se usó aserrín como fibra para dar cohesión entre las partículas. Como estabilizante se usó un 6% de aceite de linaza con respecto al volumen de tierra empleada para el acabado del muro (figura 6b).



(a)



(b)

Figura 6. (a) Pañete dónde se utilizó cal-caseína y aceite de linaza; (b) Pañete aplicado en salón con utilización de aceite de linaza

La siguiente tabla es una recopilación de algunas de las mezclas planteadas por el profesor Gernot Minke para realizar revoques con tierra, las cuales utilizamos como referencia.

Tabla 1. Sugestión de algunas mezclas de acabados (Minke, 2008, p. 26-27)

	<i>Tierra</i>	<i>Estabilizantes</i>
A	Mezcla de tierra(limo y arcilla)	Sin estabilizantes
B	Mezcla de tierra(limo y arcilla)	Con 8% emulsión asfáltica
C	Mezcla de tierra(limo y arcilla)	Con 8% cal, caseína (1cal/4 caseína)
D	Mezcla de tierra(limo y arcilla)	Con 8% cal, caseína (1cal/4 caseína) 0,4% aceite de linaza
E	Mezcla de tierra(limo y arcilla)	Con 6% cal
F	Mezcla de tierra(limo y arcilla)	Con 6% cemento
G	Mezcla de tierra(limo y arcilla)	Con 4% cal y 2% de cemento
H	Mezcla de tierra(limo y arcilla)	Con 6% aceite de linaza

3.2.4 Pintura

Son una mezcla líquida de sustancias que sirven para proteger y dar un acabado a una superficie; en este caso se implementó una pintura a base de tierra, agua y acronal².

Materiales – Este acabado se realizó en la parte un muro exterior que había sido revocado con cemento y arena de revoque; para esta pintura se usó tierra roja, agua y acronal.

Preparación de materiales y dosificación – Para realizar esta pintura se usó 1,5 litros de agua, con 1 kg de tierra arcillosa, en esta caso, roja, se diluye bien la tierra en el agua, con el fin de que no queden grumos en la mezcla, luego se le adiciona 150 ml de acronal para tener una buena fijación y garantizar una impermeabilización de la superficie. Después de este paso, se mezcla todo muy bien y se pasa por un colador de líquidos, para eliminar las partículas más grandes de la mezcla que se asientan con el impermeabilizante y proporcionar una composición bien fluida donde solo haya pigmentos finos y no arenas (figura 6a).

Al tener la pintura lista se procede a realizar la aplicación en la superficie, se puede realizar usando rodillo o brocha, para este caso específico se usó brocha (figura 6b).

A cada muro se le dieron 3 capas de pintura para que quedara un acabado homogéneo. Este acabado hasta el momento no ha presentado ningún tipo de patologías.

Resultados – Los resultados han sido muy buenos la pintura se han comportado muy bien teniendo en cuenta que fue aplicada hacia el exterior y ha sufrido las inclemencias del clima sin embargo no ha perdido color, no se ha presentado desprendimiento de las capas de pinturas y no se ve afectada por la humedad (figura 6c).



Figura 6. (a) Pintura roja elaborada con tierra; (b) aplicación de la pintura con brocha y (c) pintura de tierra roja aplicada en el exterior

4 EVALUACIÓN

Según los resultados de estos acabados se realizó una evaluación preliminar del equivalente en emisión de CO₂ y de consumo de materiales para su realización.

Frente a la generación de CO₂, el acabado tradicional genera por metro cuadrado, teniendo únicamente la cantidad de cemento Portland y de cal usada en la aplicación de cada uno, los resultados presentados en la tabla 2.

Tabla 2. Cálculos del equivalente en emisión de CO₂, por m² de acabado (Sjunnesson, 2005)

Tipo de acabado	Material	CO ₂
Tradicional	cemento Portland, arena de revoque	3,55 kg
Tierra	cemento Portland, cal, tierra	0,71 kg*

En términos de consumo de materiales y mano de obra se realizó un análisis detallado de los costos y las cantidades de material requerido frente a la elaboración de 1 m³ de mortero tradicional 1:4 y de un pañete de tierra en obra, así mismo se presentan tablas comparativas de los costos de aplicación de 1 m² de revoque tradicional y de un pañete en tierra, estos resultados se pueden observar en las tablas 3, 4, 5 y 6.

Tabla 3. Análisis de precios unitarios frente a mano de obra y materiales de 1 m³ de mortero 1:4

Recurso	Unidad	Cantidad	Desperdicio (%)	Precio (\$ col)	Factor prestacional	Total (\$ col)
arena de pega	m ³	1,13	10	17.400		21.628
cemento gris tipo 1 (50 kg)	sac	7,20	10	21.500		170.280
agua	l	212,00		5		1.060
ayudante entendido	h	0,50		4.524	65	3.732
ayudante raso	h	1,00		3.451	65	5.694
mezclador1 saco eléctrico	día	0,05		34.800		1.844
transporte agregados hasta 6 km	m ³	1,24		4.465		5.550
transporte cemento gris 50 kg zona urbana	sac	7,92		316		2.503
Total (1 m ³ de mortero 1:4)						212.292

Tabla 4. Análisis de precios unitarios frente a mano de obra y materiales de 1 m³ de mortero de tierra

Recurso	Unidad	Cantidad	Desperdicio (%)	Precio (\$ col)	Factor prestacional	Total (\$ col)
tierra	m ³	0,60	10	10.714		7.071
cagajón	m ³	0,60	5	16.000		10.080
cemento gris	sac	2,40	10	21.500		56.760
cal	kg	120,00		380		45.600
agua	l	200,00		5		1.000
ayudante entendido	h	1,50		4.524	65	11.197
ayudante raso	h	3,00		3.451	65	17.083
mezclador1 saco eléctrico	día					
transporte agregados hasta 6 km	m ³					
transporte cemento gris 50 kg zona urbana	sac	2,60		316		834
Total (1 m ³ de mortero tierra cruda en obra)						149.625

Tabla 5. Análisis de precios unitarios frente a mano de obra y materiales de la aplicación de 1 m² de revoque tradicional con la utilización de mortero 1:4

Recurso	Unidad	Cantidad	Desperdicio (%)	Precio (\$ col)	Factor prestacional	Total (\$ col)
mortero 1:4 en obra	m ³	0,02	15	212.292		4.883
cal	kg	0,50	5	380		200
mano de obra revoque liso	m ²	1,00		4.524	65	7.465
andamio tramo completo 1.5x1.5 m	día	0,10		1.250		125
tablón grueso hasta 2,80 m	día	0,12		500		60
herramientas	%	5				218
Total (1 m ³ de revoque liso sobre pared con mortero 1:4)						12.950

Tabla 6. Análisis de precios unitarios frente a mano de obra y materiales de la aplicación de 1 m² de pañete con tierra con la utilización de mortero tierra

Recurso	Unidad	Cantidad	Desperdicio (%)	Precio (\$ col)	Factor prestacional	Total (\$ col)
pañete tierra cruda en obra	m ³	0,01	3	149.626		925
cal	kg	0,00	2	380		0
mano de obra revoque liso	m ²	1,00		4.524	65	7.465
andamio tramo completo 1,5x1,5 m	día	0,10		1.250		125
tablón grueso hasta 2,80 m	día	0,12		500		60
herramientas	%	5				428
Total (1 m ³ de revoque liso sobre pared con mortero 1:4)						9.003

5. CONCLUSIONES

La investigación está en proceso por lo que el cálculo del análisis de ciclo de vida de cada uno de los acabados, se encuentra, en desarrollo, debido a que falta realizar una indagación más profunda sobre los rendimientos reportados en la literatura de los acabados en tierra.

Estas técnicas para realizar acabados arquitectónicos, son de bajo consumo energético y baja inversión económica, debido a que los materiales que más se requieren, se consideran abundantes y de bajo costo. En Colombia la mayor parte de la tierra de excavaciones en el sector de la construcción termina en sitios de disposición final de Residuos de Construcción y demolición sin ningún tipo de aprovechamiento, y la fibra, como lo es el estiércol del caballo, la cascarilla de arroz y el aserrín, se consideran residuos con bajas posibilidades de aprovechamiento.

Los acabados en tierra, son de fácil aplicación, gracias a que la tierra tiene la cualidad de ser muy maleable, y de esta manera cualquier persona puede implementar estos acabados en su vivienda sin mucha experiencia-

Las tonalidades cromáticas de la tierra permiten un resultado estético muy interesante, los cuales permiten su aplicación en el contexto urbano, para ser aplicado en espacios y viviendas, incluso para el mejoramiento de diferentes tipos de viviendas. Así mismo pueden utilizarse por propietarios de bajos recursos económicos, logrando un acabado de altas calidades estéticas, y plantea además, la posibilidad de la realización por medio de auto aplicación.

El resultado arrojado por las pinturas, muestra la posibilidad de la utilización de la tierra como pigmento sobre bases que permitan su adherencia a la superficie y no distorsionen las tonalidades de la misma. Así mismo se demuestra el bajo costo de su elaboración y aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

Choque Rúelas, Godofredo Edgar; Huamán Meza, Julio. *Adobes comprimidos de suelo-cemento una alternativa ecológica*. Instituto de la construcción y gerencia; disponible en: <http://www.construccion.org> (acceso el 10/04/2010)

Minke, Gernot (2008). *Manual de construcción en tierra*. Montevideo: editorial fin de siglo.

Sjunnesson, Jeannette (2005). *Life Cycle Assessment of Concrete*. Lund: Lund University, Department of Technology and Society Environmental and Energy Systems Studies. Master Tesis.

NOTAS

- (1) El diccionario de la real academia española de la lengua define: (De *cagar*).1 m. Porción del excremento de las caballerías
- (2) Acronal: dispersión acuosa de un copolímero a base de acrilato de butilo y estireno. El Acronal 295 D es una dispersión de partículas finas, de mediana viscosidad. La compatibilidad con cargas y el poder ligante para pigmentos de esta dispersión son excelentes. La película no pigmentada presenta, a la temperatura ambiente, una superficie no pegajosa; dicha película es límpida, transparente, brillante, flexible y extraordinariamente sólida al agua y a la saponificación

AUTORES

Verónica Henriques Ardila. Arquitecta y Máster en Tecnologías Avanzadas en Construcción Arquitectónica, compuesto por las especializaciones de Arquitectura Bioclimática y Edificios Inteligentes. Actualmente es docente investigadora en la Universidad Pontificia Bolivariana, coordinadora del semillero de Investigación y profesora de arquitectura bioclimática.

Juan David Alzate Tamayo. Ingeniero Ambiental. Aspirante a Magister en Desarrollo Sustentable con la Universidad de Lanus Argentina, Experto en manejo integral de residuos sólidos. Investigador en técnicas sostenibles de construcción. Docente en la Universidad Pontificia Bolivariana y en Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquía

Esteban Guarín Zapata, aspirante a pregrado en Arquitectura, Séptimo Semestre, interés profesional en la sostenibilidad de la arquitectura. Representante estudiantil, Facultad de Arquitectura, Universidad Pontificia Bolivariana.



ANÁLISE DA QUALIDADE DA TAIPA DE PILÃO POR MEIO DE ONDAS ULTRA-SÔNICAS

Marcio V Hoffmann¹; Raquel Gonçalves²

(1) Fato arquitetura – marcio@fatoarquitetura.com.br

(2) Laboratório de Ensaios Não Destrutivos, FEAGRI, UNICAMP – raquel@agr.unicamp.br

Palavras chave: solo compactado, isotropia transversal da taipa, propriedades mecânicas do solo.

Resumo

A taipa de pilão é um sistema em que o solo, depois de preparado, é estabilizado por compactação. O processo consiste em colocar o solo preparado dentro de um molde reforçado e travado, para depois, compactar, quando suas partículas são reorganizadas minimizando os vazios entre elas. A qualidade do sistema está diretamente relacionada ao grau de compactação do material.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do ultrassom no estudo do comportamento de corpos-de-prova de solo compactado em termos de isotropia e homogeneidade e na determinação de suas propriedades - módulo de elasticidade longitudinal (E), módulo de elasticidade transversal (G) e coeficiente de Poisson (ν).

Equipamentos de ultrassom são utilizados como fontes emissoras de sinais elétricos depois transformados em ondas mecânicas por meio de transdutores. O equipamento permite a obtenção da velocidade de propagação da onda utilizada para a determinação da matriz de rigidez que permite a obtenção dos parâmetros que caracterizam as propriedades do material. Também é possível avaliar a atenuação do sinal no material. A atenuação está diretamente relacionada à micro-estrutura, à presença de falhas ou heterogeneidades, ou à porosidade do material.

Neste trabalho, os diferentes resultados das velocidades em direções distintas indicaram que o solo compactado tem isotropia transversal. As atenuações apresentaram valores inferiores aos obtidos em materiais como a madeira e o concreto e superiores ao aço, indicando homogeneidade, quando comparado a materiais compostos ou com maior complexidade anatômica, mas maior porosidade quando comparado a um material metálico. O módulo de elasticidade obtido por ultrassom foi bem próximo ao obtido por meio do ensaio de compressão, mesmo considerando a simplificação de cálculo para material isotrópico. Os resultados das propriedades estão dentro de intervalo esperado para o material analisado e os erros de medição foram baixos, comprovando a adequação dos ensaios.

1. INTRODUÇÃO

A taipa de pilão ou painel monolítico é um dos diversos tipos de sistemas construtivos em terra (Hoffmann, 2002) onde o solo, depois de peneirado e, a depender do tipo de solo e do uso do painel, misturado com o estabilizante químico apropriado (Neves, 2005) é espalhado dentro de um molde e compactado até a massa específica ideal.

A evolução desse sistema construtivo acompanhou o desenvolvimento da história da técnica. Construções em terra são conhecidas há aproximadamente dez mil anos. As ruínas mais antigas foram encontradas no Norte da África. A técnica foi difundida por toda a Europa e, mais tarde, para a América. Foi com arquitetura de terra que as mais diversas civilizações construíram suas primeiras cidades. Hoje, conhecemos exemplos de monumentos em arquitetura de terra por todos os continentes, com as mais diversas soluções construtivas e expressões estéticas. “A invenção da construção de terra é tão natural, no nosso entender, quanto o ato de uma criança fazer um castelo de areia. Tentar saber, portanto onde nasceu a construção de terra é quase como tentar saber onde nasceu o Homem”, lembra Pinto (1993 p. 612)

No Brasil, a terra teve seu uso generalizado até o século XVIII (Oliveira, 2005). Muitas sedes de fazendas, principalmente durante o período colonial, foram construídas em taipa de pilão, adobe e pau a pique. Preservar esse patrimônio é uma obrigação de nossa época.

Além da necessidade de preservar o patrimônio construído, diversos centros de pesquisa como o CEPED, associações de profissionais como a ABCTerra e redes de pesquisa como a TERRABRASIL e a PROTERRA têm buscado ensinar, difundir e regularizar os sistemas em terra. Então fica clara a importância de um método de controle de qualidade do material, seja para averiguação do patrimônio histórico seja para verificação da obra contemporânea. Os ensaios não-destrutivos são perfeitamente indicados.

O ultrassom, como técnica para caracterização de materiais, teve início com aplicações em metais. Atualmente o uso foi diversificado em diversos materiais usados na construção civil como madeira, concreto e outros materiais a base de madeira ou compósitos. Esse tipo de aplicação é possível porque, por meio da propagação de ondas, pode ser obtida a matriz de rigidez do material (C). A inversa dessa matriz é a matriz de flexibilidade (S) que, por sua vez, é composta pelos parâmetros que caracterizam os materiais – o módulo de elasticidade longitudinal (E), o módulo de elasticidade transversal (G) e o coeficiente de Poisson (ν). O desenvolvimento teórico que permitiu obter equações que correlacionam a velocidade de propagação de ondas de ultrassom em sólidos aos termos da matriz de rigidez foi realizado por Christoffel (Bucur, 2006).

Bucur (2006) apresenta resultados de muitas pesquisas relacionadas ao uso do ultrassom na determinação da matriz de rigidez da madeira e, conseqüentemente, na determinação dos parâmetros elásticos desse material, considerado ortotrópico. Giacom Jr (2009) e Giacom Jr *et al.* (2008) relatam a utilização da técnica na determinação da matriz de rigidez e dos parâmetros que caracterizam o concreto, considerado como material isotrópico.

Para a obtenção de resultados adequados é, porém, necessário que as condições do ensaio se aproximem, tanto quanto permitiu a prática, das hipóteses estabelecidas para o desenvolvimento teórico. As equações de Christoffel foram desenvolvidas para meios infinitos e, para alcançar condições próximas dessa hipótese, é necessário que o comprimento de percurso da onda seja (ou a dimensão da peça a ser avaliada) seja algumas vezes maior que o comprimento de onda. Para isso, é necessário utilizar a frequência adequada ao tamanho da peça a ser ensaiada (Trinca; Gonçalves, 2009).

O uso do método também permite que seja determinado se há diferença de comportamento do material conforme o eixo de carregamento. Materiais que respondem da mesma maneira para todos os eixos são chamados de isotrópicos, então se fala em determinar a isotropia do material. Para isso, utilizam-se relações entre velocidades nas diferentes direções da peça analisada (Bucur, 2006). Adicionalmente o estudo da atenuação do sinal pode oferecer informações a respeito da homogeneidade do material. Nesse caso, o que se avalia não é a velocidade de propagação da onda, mas sim a amplitude do sinal.

Dado o notável potencial de uso da terra em construção civil e dada a necessidade de conhecer tecnicamente uma cultura de construção milenar, para que se possam restaurar obras arquitetônicas de valor estético e histórico, este trabalho pretende apresentar, ainda que de forma preliminar, aporte técnico para aqueles que trabalham com arquitetura de terra, seja na preservação e restauração de monumentos construídos, seja na construção de novos edifícios. Para isso, o objetivo foi verificar a possibilidade de utilizar o método de propagação de ondas de ultrassom na caracterização da taipa de pilão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção dos corpos-de-prova foi usado um solo da região de Campinas, SP, caracterizado por Milani (2008). O solo foi definido como arenoso, com 33,3% menores que 0,075 mm e não plástico. Os corpos-de-prova foram moldados na umidade ótima de compactação determinada em 11,37%. A compactação foi feita pelo mesmo operador

partindo do solo seco e peneirado, com dosador de água, o que limita bastante a variabilidade do sistema construtivo quando comparado às operações da obra. Foram seguidas as operações descritas na norma NBR 7182 para Proctor Normal. Depois de 7 dias de secagem à sombra, os corpos-de-prova foram pesados em balança de precisão e medidos com paquímetro eletrônico para determinar a massa específica do material.

As medições foram realizadas com dois equipamentos de ultrassom, um deles denominado USLab, produzido pela Agricef e desenvolvido em parceria com o grupo de pesquisa do Laboratório de Ensaio Não Destrutivos (LabEND) da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP e o outro da marca Panametrics, modelo Epoch4. Para os ensaios com o uso do Panametrics, foram utilizados transdutores longitudinais e transversais de faces planas e frequência 1 MHz e para os ensaios com o uso do USLab, transdutores longitudinais de faces exponenciais e frequência 45 kHz. As medições com os transdutores longitudinais e transversais de 1 MHz foram realizadas para a determinação da matriz de rigidez e as medições com os transdutores de 45 kHz para a avaliação do comportamento do material em termos de isotropia.

Os equipamentos foram calibrados antes do início de cada medição utilizando uma peça de acrílico, na qual a velocidade de propagação da onda é conhecida. Para evitar perdas e atenuações do sinal devido à presença de ar entre o transdutor de face plana e o corpo-de-prova, foi utilizada uma pasta de glicose como acoplante.

Os ensaios foram realizados em duas etapas. A primeira etapa, logo após 7 dias da moldagem dos corpos-de-prova, e a segunda etapa após 90 dias. Na primeira etapa foram realizadas as medições do tempo de propagação da onda com os transdutores de face plana com ondas longitudinais e transversais de 1 MHz, sempre na direção da compactação do corpo-de-prova (figura 1). Esse procedimento foi realizado porque o corpo-de-prova tem forma cilíndrica, dificultando o acoplamento nas laterais.



Figura 1 – Ensaio de ultrassom utilizando transdutor de onda transversal de 1MHz

Com o uso do transdutor longitudinal, a onda se propaga e se polariza na mesma direção. Com o uso do transdutor de cisalhamento, a onda se propaga em uma direção e se polariza na direção perpendicular. De posse do tempo de propagação da onda (t), é possível determinar a velocidade utilizando a expressão dada em 1:

$$V = \frac{L}{T + 10^{-6}} \quad (1)$$

em que V é a velocidade de propagação da onda (m/s) e L é comprimento de percurso da onda (m) que, no caso desta pesquisa, é a altura do corpo-de-prova.

A partir das velocidades longitudinais e transversais obtidas no ensaio do corpo-de-prova, determinou-se a matriz de rigidez [C] considerando, de forma simplificada, a condição de isotropia.

$$[C] = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{12} & 0 & 0 & 0 \\ C_{12} & C_{11} & C_{12} & 0 & 0 & 0 \\ C_{12} & C_{12} & C_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} \end{bmatrix}$$

A determinação de C_{11} é feita por meio da equação 2 e de C_{44} pela equação 3.

$$C_{ii} = \rho V_{ii}^2 \quad (2)$$

em que ρ é a massa específica e V_{ii} é a velocidade obtida por meio do transdutor de onda longitudinal, por meio do qual a onda se propaga na direção i e polariza também na direção i .

$$C_{ij} = \rho V_{ij}^2 \quad (3)$$

em que V_{ij} é obtida utilizando o transdutor de onda transversal, por meio do qual a onda se propaga na direção i e polariza na direção j , ou vice-versa.

De posse de C_{11} e C_{44} determina-se o valor de C_{12} por meio de (4)

$$C_{12} = C_{11} - 2 C_{44} \quad (4)$$

O inverso da matriz de rigidez é a matriz de flexibilidade $[C]^{-1} = [S]$ a qual está associada aos parâmetros de rigidez E , G e ν

$$[S] = \begin{bmatrix} \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & -\frac{\nu}{E} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu}{E} & -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G} \end{bmatrix}$$

Desta forma foram obtidos os valores do módulo de elasticidade longitudinal (E_{us}), do módulo de elasticidade transversal (G_{us}) e do coeficiente de Poisson (ν_{us}). A denominação "us" foi adotada para diferenciar os valores obtidos por meio do ultrassom dos obtidos por meio do ensaio de compressão (E).

Com este equipamento também foram realizadas medições de amplitude inicial (A_i) e final (A_f) da onda e, com os resultados foram calculadas as atenuações (At) e os coeficientes de atenuação (α), utilizando (5) e (6).

$$At = \frac{A_i}{A_f} (dB) \quad (5)$$

$$\alpha = -\frac{1}{L} 20 \log \frac{A_f}{A_i} (dB \cdot mm^{-1}) \quad (6)$$

em que L = comprimento de percurso da onda.

Na segunda etapa, para avaliar o comportamento do material em termos de isotropia os transdutores foram posicionados de tal forma que a onda percorresse o corpo-de-prova em três direções perpendiculares (figura 2). As medições dos tempos de propagação das ondas foram realizadas com três repetições em cada posição e, no caso das medições perpendiculares à altura (direção 1 e direção 2), em duas diferentes alturas.

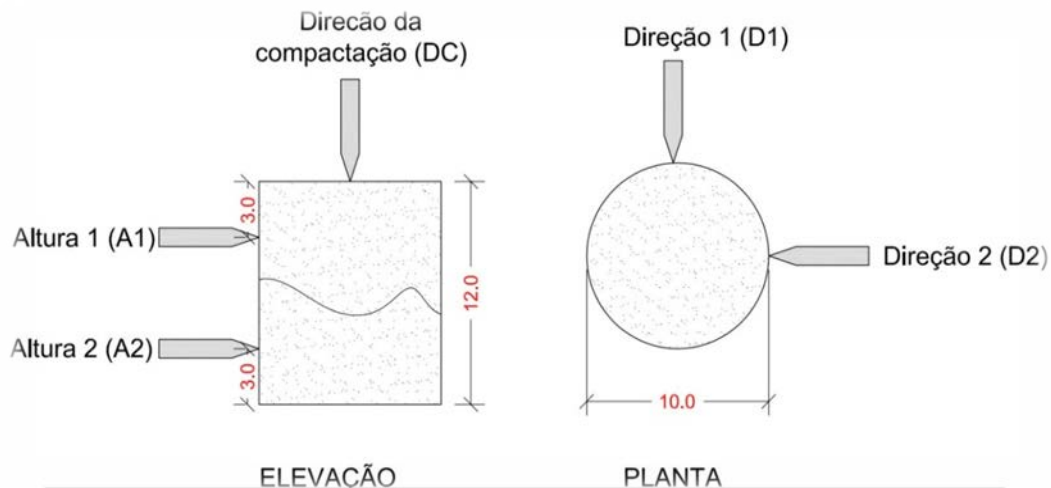


Figura 2 Medições em três direções perpendiculares

O uso do transdutor de faces exponenciais permitiu que as medições fossem feitas até mesmo na parte curva do corpo-de-prova porque, nesse caso, a superfície (ponta) é pequena e permite, portanto, o acoplamento correto do transdutor.

De posse dos tempos de propagação das ondas, foram calculadas as velocidades nas três direções perpendiculares. A relação entre essas velocidades permitiu avaliar a anisotropia do material.

Para o caso do transdutor de 45 kHz, o comprimento de onda (λ) é de aproximadamente 25 mm. Então, na direção da compactação, o comprimento de percurso (120 mm) é cerca de 5 vezes o comprimento de onda e nas direções 1 e 2 (100 mm), cerca de 4 vezes o comprimento de onda. Para o transdutor de 100 kHz, usado na primeira etapa, o comprimento de onda é de aproximadamente 1 mm. Logo, o comprimento de percurso (125 mm) é aproximadamente 125 vezes o comprimento de onda. Dessa forma estaria garantida a condição teórica de meio infinito.

Após as medições de ultrassom, os corpos-de-prova cilíndricos foram capeados com solução de enxofre e foram ensaiados à compressão estática em máquina universal de ensaios da marca EMIC, de capacidade 300 kN. Na falta de norma específica foi utilizada a NBR 5739 (2007). Estes ensaios foram realizados para se determinar a resistência a compressão (f_s) e o módulo de deformação tangente inicial (E_{si}) do solo.

Por meio do software da prensa, foram registradas as cargas e as deformações durante o ensaio, com as quais foram obtidas as tensões e as deformações específicas. Tendo em vista a grande deformabilidade desse material (trecho retilíneo muito reduzido), o cálculo do módulo de deformação não pôde ser realizado no trecho indicado para o concreto (0,5 MPa e 30% da tensão de ruptura). Utilizou-se, então, o método descrito por Milani (2008). A determinação do módulo de deformação tangente do solo compactado (E_{si}) foi realizada utilizando os dados de tensão x deformação correspondentes a 40% da resistência à ruptura.

Os resultados do módulo de deformação tangente inicial (E_{si}) obtido nos ensaios estáticos destrutivos foram comparados com os obtidos por meio do ensaio não destrutivo de ultrassom (E_{us}).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os corpos-de-prova apresentaram pouca variabilidade da massa específica, como mostram os resultados da tabela 1.

Tabela 1. Dimensões, massa e massa específica dos corpos-de-provas

	CP 1	CP 2	CP 3
Peso (kg)	1,68	1,70	1,70
Diâmetro (mm)	99,92	99,98	100,10
Altura (mm)	127,66	125,90	126,77
Massa específica (kg/m ³)	1679	1720	1710
Massa específica média (kg/m ³)	1703 (1,25)*		

*Coeficiente de variação (%)

As massas específicas dos corpos-de-prova estão abaixo dos valores médios encontrados em painéis de taipa de pilão, normalmente por volta dos 1800 kg/m³. Isso provavelmente se explica pela pouca energia de compactação usada na moldagem dos corpos-de-prova. Entretanto, o mais importante era atingir homogeneidade entre as massas específicas, para que os corpos-de-prova pudessem ser utilizados como repetições de uma mesma condição.

As médias e os erros padrões das velocidades longitudinais com os transdutores de 45 kHz e de 1MHz e das velocidades transversais com o transdutor de 1MHz são apresentados na Tabela 2. Esses resultados são provenientes de repetições de medição realizadas em um mesmo ponto do corpo-de-prova. Os resultados dos coeficientes de variação foram menores que 1%, confirmando o indicado por Bucur (2006) a respeito da precisão do método.

Tabela 2. Médias e erros das velocidades no sentido normal ao eixo de compactação

Corpos-de-prova	CP 1		CP 2		CP 3	
	Média m/s	Erro m/s	Média m/s	Erro m/s	Média m/s	Erro m/s
Longitudinal 1 MHz	1049	0,34	984	0,49	981	0,50
Transversal 1 MHz	510	0,36	498	0,27	498	0,21
Longitudinal 45 kHz	1379	0,12	1260	0,28	1228	0,26

As velocidades obtidas das medições com o transdutor de 45 kHz (segunda etapa) foram superiores às obtidas com o transdutor de 1 MHz (primeira etapa). Tendo em vista que as velocidades de propagação de ondas de ultrassom são afetadas pela umidade, esse resultado pode estar associado à condição de umidade do corpo-de-prova na ocasião do ensaio, já que as medidas foram feitas com noventa dias de diferença.

Para a análise de solo compactado, Milani (2008) realizou ensaios de ultrassom e de compressão em corpos-de-prova cilíndricos de solo estabilizado. Os corpos-de-prova tinham 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura e foram ensaiados utilizando transdutor longitudinal de face exponencial de 45 kHz. A massa específica obtida para o tratamento com solo estabilizado com 7% de cimento, após 7 dias de secagem, foi de 1913 kg/m³ e a velocidade foi de 2148 m/s, valores superiores aos obtidos nesta pesquisa com uso apenas de solo compactado.

Com as velocidades obtidas na primeira etapa e as equações 1 a 4, foram calculadas a matriz de rigidez dos três corpos-de-prova e, pela inversão dessa matriz, a matriz de flexibilidade, com a qual foram determinados os parâmetros de engenharia apresentados na Tabela 3. São apresentados também os módulos de elasticidade (E_s) e a resistência (f_s) obtidos no ensaio de compressão e os coeficientes de atenuação.

Os módulos de elasticidade do ensaio de ultrassom foram, em média, 18% menores do que aqueles obtidos por meio do ensaio de compressão. É importante lembrar que o ensaio de ultrassom utilizado para o cálculo do módulo de elasticidade foi feito na primeira etapa, com apenas 7 dias de secagem, e o ensaio de compressão foi realizado aos 90 dias. Considerando que a velocidade longitudinal aumentou em média 31% de 7 para 90 dias, é de se esperar que o módulo também tivesse crescimento.

Tabela 3. Resultados do ensaio de ultrassom

Parâmetro	CP 1	CP 2	CP 3	Média
E_{us} (MPa)	1174	1132	1127	1144
ν_{us}	0,35	0,33	0,33	0,33
G_{us} (MPa)	436	426	425	429
E_s (MPa)	1894	1002	1152	1349
f_s (MPa)	0,74	0,72	0,69	0,72
α	0,30	0,29	0,31	0,30

E_{us} – módulo de elasticidade longitudinal; G_{us} – módulo de elasticidade transversal;

ν_{us} – coeficiente de Poisson; α - coeficientes de atenuação;

E_s – módulo de deformação; f_s – resistência à compressão

Milani (2008) ensaiou mini painéis de solo-cimento- cinza de casca de arroz nas proporções 92,5% de solo, 7,5% de cinza e 10% de cimento. Os ensaios de ultrassom foram realizados aos 7 dias e o de compressão aos 180 dias. Nesse caso, Milani (2008) utilizou transdutores longitudinais e de cisalhamento de frequência de 100 kHz e obteve os módulos de elasticidade (E_{us} e G_{us}) e coeficientes de Poisson (ν_{us}) por meio da matriz de rigidez. Os valores obtidos foram $E_{us} = 5726$ MPa, $G_{us} = 1162$ MPa e $\nu_{us} = 0,49$. No ensaio de compressão dos corpos-de-prova a resistência aos 7 dias foi de 1,33 MPa e, no caso dos mini painéis, o valor de E foi 5616 MPa, aproximando-se muito dos obtidos por ultrassom.

Ferreira (2003) fez ensaio de ultrassom e compressão simples, com solos estabilizados com diversos tratamentos. Para os ensaios de ultrassom, o autor utilizou transdutores de faces planas e frequência 45 kHz. A massa específica obtida aos 7 dias para o tratamento com 6% de cimento foi de 1880 kg/m³. A velocidade longitudinal foi de 1327 m/s aos 7 dias, para o solo compactado sem aglomerantes e de 1618 m/s para o solo estabilizado com 6% de cimento, valores esses muito inferiores aos de Milani (2008) e mais próximos aos obtidos nesta pesquisa. Aos 56 dias, a velocidade obtida por Ferreira (2003) no solo compactado foi de 1557 m/s, 17% superior à velocidade obtida aos 7 dias. Considerando os resultados obtidos neste trabalho, a velocidade aos 90 dias foi 31% superior às obtidas aos 7 dias. A resistência à compressão do solo compactado aos 7 dias, obtidos por Ferreira (2003) foi de 1,05 MPa. Tendo em vista que Ferreira (2003) realizou os ensaios utilizando somente transdutores de onda longitudinal, só foi possível a obtenção do coeficiente C_{11} da matriz de rigidez. É importante destacar que o coeficiente C_{11} da matriz de rigidez não é numericamente igual ao módulo de elasticidade, mas está associado a ele por meio do coeficiente de Poisson. Para a determinação do módulo de elasticidade por ultrassom é necessário a determinação de toda a matriz de rigidez e, para isso, os ensaios têm que ser realizados utilizando transdutores longitudinais e de cisalhamento.

Utilizando os dados médios de massa específica e de velocidade obtidos por Ferreira (2003), o valor de C_{11} obtido para solo compactado foi de 2430 MPa. No caso dessa pesquisa os valores de C_{11} , foram 1847 MPa, 1665 MPa e 1646 MPa para os corpos-de-prova 1, 2 e 3, respectivamente.

Apesar de apresentar boa homogeneidade e ausência de falhas de compactação, uma vez que o processo foi controlado e os corpos não sofreram qualquer tipo de impacto ou carga, o que explica os valores de atenuação obtidos (tabela 3) é o fato de o solo compactado ser poroso. Os valores obtidos são inferiores aos obtidos para a madeira (1,0 dB/mm a 1,80 dB/mm na direção longitudinal) e para o concreto (0,54 dB/mm), mas muito superiores ao aço laminado (0,018 dB/mm), por exemplo. Considerando que a madeira apresenta grande variabilidade de elementos anatômicos em sua composição e que o concreto é um material composto, é esperado que tais materiais apresentem maiores atenuações do que o solo compactado. Por outro lado, o aço é um material homogêneo em termos de estrutura interna, como o solo compactado, no entanto é muito menos poroso, sendo esperados valores inferiores de atenuação.

Com os resultados dos tempos de propagação de ondas de ultrassom, obtidos segundo os métodos apresentados na segunda etapa, foram calculadas as médias e os desvios padrão das velocidades. Os resultados estão apresentados no gráfico da figura 3. Verifica-se que não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre as velocidades perpendiculares ao eixo de compactação, qualquer que fosse a altura ou o sentido de medição, e que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para a velocidade média no sentido da compactação. A menor velocidade na direção de compactação provavelmente é causada pela zona de transição entre as camadas de solos no processo de moldagem. Esse resultado indica que o solo compactado apresenta isotropia transversal. Resultado semelhante foi também obtido por Milani (2008) para solos estabilizados. Essa autora obteve velocidades de 2618 m/s e 2581 m/s para as direções perpendiculares à compactação e 1880 m/s na direção de compactação.

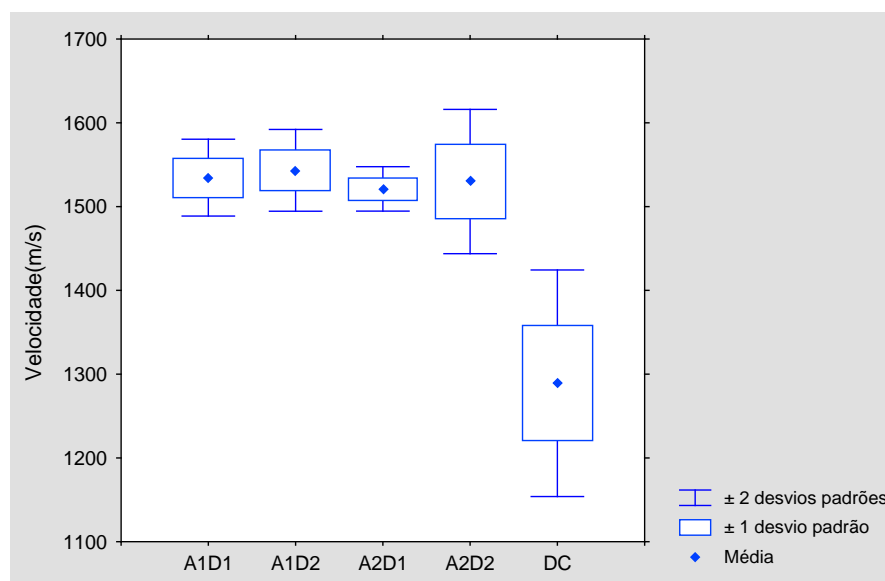


Figura 3. Médias, intervalos e amplitude das velocidades nas diferentes direções e alturas de medição

4. CONCLUSÕES

Os resultados de velocidades em diferentes direções indicaram que o solo compactado tem isotropia transversal.

As atenuações apresentaram valores inferiores aos obtidos em materiais como madeira e concreto e superiores aos do aço, indicando homogeneidade quando comparado a materiais compostos ou com maior complexidade anatômica, mas porosidade maior quando comparado a um material metálico.

O módulo de elasticidade obtido por ultrassom foi bem próximo do obtido por meio do ensaio de compressão, mesmo considerando a simplificação de cálculo para material isotrópico. Os

resultados das propriedades estão dentro de intervalo esperado para o material analisado e os erros de medição foram baixos, comprovando a adequação dos ensaios.

Tendo em vista a conclusão de que o material apresenta isotropia transversal, o tratamento da matriz de rigidez para essa condição teria permitido a obtenção de resultados ainda mais adequados do que com a simplificação que foi realizada, que tratou o solo compactado como se fosse isotrópico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS (2007). NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS (1986). NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT.

BUCUR, Voichita, (2006). *Acoustics of Wood*. New York: Editora Springer Verlage.

FERREIRA, R. C. (2003). *Desempenho físico-mecânico e propriedades termofísicas de tijolos e mini-painéis de terra crua tratada com aditivos químicos*. Tese (doutorado), Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

GIACON JR., M.; LOPES, I. M.; GONÇALVES, R.; MAGALHÃES, P. S. G. (2008). *Concrete characterization with ultrasound testing*. In: International Conference on Agricultural Engineering, 2008, Foz do Iguaçu. Proceedings, v. 1.

GIACON JR, M. (2009). *Propagação de ondas de ultrassom em protótipos de postes tubulares de concreto armado*. Dissertação (Mestrado). Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

HOFFMANN, M. V. (2002). *Efeito dos argilo-minerais do solo na matéria prima dos sistemas construtivos com solo cal*. Dissertação (Mestrado). Salvador: Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia.

MILANI, A.P.S. (2008). *Avaliação física, mecânica e térmica do material solo cimento-cinza de casca de arroz e seu desempenho como parede monolítica*. Tese (doutorado). Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

NEVES, Célia et al. (2009). *Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra: Prática de campo*. Rede Ibero-americana PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>.

OLIVEIRA, Mário Mendonça de (2005). *O solo-cal: uma visão histórica e documental*. In: IV Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra, 4. e Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, 3.. Anais... Lisboa: ARGUMENTUM / Escola Superior Gallaecia,. p.106-109.

PINTO, Fernando (1993). *Arquitetura de terra – que futuro?*. In: Anais da 7a Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra. Silves: DGEMN. p.612-617.

TRINCA, A. J; GONÇALVES, R. (2009). *Efeito da dimensão e da frequência sobre a determinação da velocidade de propagação de ondas de ultrassom na madeira*. Revista Árvore, Viçosa, MG, V.33, n.1, p.177-184.

AUTORES

Márcio V. Hoffmann é Arquiteto, Mestre em Preservação e Restauração de Patrimônios Históricos pela UFBA, membro da Rede Ibero-americana PROTERRA e da Rede TerraBrasil, associado ao ABCTerra e sócio do escritório FATO arquitetura Ltda. onde atua como coordenador de projetos.

Raquel Gonçalves é Engenheira Civil, Professora Associada da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), coordenadora de grupo de pesquisa em ensaios não destrutivos aplicados a materiais e estruturas e chefe do Laboratório de Ensaios Não Destrutivos (LabEND) da FEAGRI/UNICAMP.



AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE MÉTODOS DE ENSAIO PARA CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE BLOCOS DE TERRA COMPRIMIDA

Arthur Santos Silva¹, Ana Paula da Silva Milani², Sandra Regina Bertocini³

DEC, CCET, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

(1) ruhtra_tuti@hotmail.com; (2) anamilani@dec.ufms.br; (3) bertocini@nin.ufms.br

Palavras-chave: Resistência mecânica, confinamento, dimensões.

RESUMO

Sabe-se que os blocos de terra comprimida (BTC) disponíveis no mercado brasileiro não possuem padronização de fabricação, apresentando em cada região variedade de dimensões, de formas e tamanhos. Assim, caracteriza-se a problemática de falta de padronização de ensaios para caracterização mecânica do BTC, sendo, no Brasil, encontrado apenas duas normas, as quais não contemplam toda a variedade de BTC encontrada na área da construção. Portanto, o presente trabalho teve por objetivo a comparação das metodologias de ensaio à compressão de blocos de solo-cimento: bloco inteiro (NBR 10836) e bloco em forma de prisma (NBR 8492), utilizando-se duas formas de capeamento: com argamassa de cimento Portland e areia; e com folha de papelão. Foi realizada análise dos valores de resistência e aplicados de fatores de correção encontrados na literatura técnico-científica para verificação da validade dos mesmos para os BTCs em estudo. Ao final obteve-se a confirmação da existência de confinamento de cargas em corpos-de-prova com baixa relação altura/largura do BTC e o efeito negativo para a regularidade do ensaio de compressão simples quando do uso de capeamentos.

1. INTRODUÇÃO

A busca incessante de materiais renováveis e ambientalmente sustentáveis para a construção civil faz com que retornemos a antigos métodos e materiais de construção, tais como adobes e blocos de terra comprimida. Porém, mesmo sendo métodos muito usados em várias partes do mundo, construções com terra estão sendo usadas de forma marginal e sem o devido estudo e controle de qualidade adequado, sendo necessário muito esforço para a padronização desses materiais.

Assim como para qualquer outro material de construção civil, a qualidade e o modo de utilização são imprescindíveis para bons resultados ao final da construção. Para os blocos de terra comprimida (BTC), por exemplo, a resistência à compressão axial é o parâmetro padrão para caracterizá-los, assim como para concretos e argamassas. Esse parâmetro tornou-se sinônimo de qualidade entre os fabricantes, sendo muito importante em alvenaria estrutural e em estudos com paredes e prismas (MOREL *et al.*, 2007). Por isso, um parâmetro tão importante como esse deve ser bem caracterizado, pois pode descartar materiais de boa qualidade e considerar como adequados materiais sem conformidade.

Para que a caracterização físico-mecânica de um BTC no Brasil, um dos ensaios mais aplicados segue as prescrições da norma brasileira NBR 10836 (ABNT - 1994) que, entre outros detalhes, propõe o ensaio de compressão simples do corpo-de-prova de BTC na sua forma original, sendo o mesmo capeado com pasta de cimento Portland para regularização de superfície e alinhamento, e ensaiá-lo até a ruptura, similar ao método utilizado para concretos. Porém, existe um ponto importante no que diz respeito às dimensões do corpo-de-prova.

Segundo Morel et al. (2007), quando se ensaia um corpo-de-prova à compressão, a carga é aplicada uniformemente através dos pratos de aço da prensa hidráulica, que são espessos e estritamente horizontais, sendo que conforme o aumento da carga aplicada, o corpo-de-

prova tende a dilatar-se lateralmente, no entanto devido ao atrito que existe entre o corpo-de-prova e a base da prensa, essa deformação lateral fica “confinada”. Esse confinamento aumenta aparentemente a resistência mecânica deste material. Ao aumentar a relação altura/largura, o efeito de confinamento diminui, pois há mais espaço para que as tensões possam atingir sua distribuição uniforme. Esse efeito muitas vezes é ignorado para os ensaios aplicados em blocos e tijolos, aos quais refletem na falta de parâmetros para comparação e verificação da qualidade dos diferentes BTCs fabricados e em uso no mercado.

No intuito de tentar amenizar o efeito de confinamento, Morel e Pkla (2002) propuseram um modelo de ensaio que retorna o valor não-confinado da resistência à compressão do corpo-de-prova de BTC ensaiado. O ensaio é indireto por flexão, chamado “3-point bending test”, onde a resistência à compressão axial fica em função da força que provocou ruptura por flexão e de aspectos geométricos do corpo-de-prova. Dentre as vantagens desse método estão: a facilidade de ensaio, pois não é necessário nenhum preparo prévio do bloco, e a carga crítica na flexão é muito menor do que se fosse por compressão, deixando o ensaio mais rápido e passível de utilização no local da obra. Em outros trabalhos, estes mesmos autores reforçam que a utilização deste método serve apenas para um local (dentro de um laboratório ou obra, por exemplo) comparando as resistências apenas como controle de qualidade local. Isso devido às deduções das fórmulas, que contrariam algumas teorias da Resistência dos Materiais, como o princípio de Saint-Venant e considera a fase elástica da deformação como sendo linear perto da ruptura, assim como pelo fato de os resultados das tensões se dispersarem muito em ensaios flexão.

Outro método comum de se caracterizar mecanicamente os BTCs está normatizado pela norma brasileira NBR 8492 (ABNT, 1984), onde basicamente o corpo-de-prova de BTC é cortado ao meio, perpendicularmente à sua maior dimensão, sobrepondo as duas partes, unindo-as por uma pasta ou argamassa de cimento Portland, sendo semelhante ao RILEM Test (RILEM TC *et al*, 1997). Segundo Morel *et al* (2007), esta metodologia contorna o efeito do confinamento de carga a partir da relação altura/largura duplicada, entretanto, este teste geralmente menospreza a resistência do bloco, pois o fato de ter uma camada de argamassa entre as partes faz com que o conjunto se comporte de maneiras diferentes (se a argamassa for mais resistente que o bloco, a ruptura se dará no bloco, por exemplo) adicionando mais variáveis ao ensaio, como a resistência e espessura da argamassa de ligação.

Ao criar um prisma proveniente de um bloco inteiro, como propõe a norma brasileira NBR 8492 (ABNT, 1984) e o RILEM Test (RILEM TC *et al.*, 1997), o corpo-de-prova não pode ser considerado como material homogêneo, e sim como uma pequena parede heterogênea. Com isso adiciona-se outro parâmetro essencial: a curva de tensão-deformação, e não somente a resistência à compressão. Ao verificar um estudo de Mohamed *et al.* (2005) realizado com blocos de concreto, pode-se constatar que uma construção de parede de alvenaria tem propriedades anisotrópicas, dificultando os modelos que prevêm as resistências à compressão. Os autores afirmam, ainda, que a argamassa de ligação é o fator responsável pelo comportamento não-linear entre o módulo de elasticidade e a resistência à compressão da alvenaria. Knutson citado por Mohamed *et al.* (2005) afirmou que o melhor modelo que traduz o comportamento da alvenaria é uma função logarítmica contendo a constante de Ritter, relacionando a deformação com a tensão normalizada. Segundo Gumaste *et al.* (2007) dentre as variáveis existentes em uma parede ou prisma estão: a resistência mecânica do bloco e da argamassa, força de ligação argamassa/bloco, espessura da camada de argamassa e o arranjo dos blocos na parede.

Estudos de Faria *et al.* (2008) mostram resultados do Programa Interlaboratorial PROTERRA a respeito de padronização de ensaios de resistência à compressão para adobes. Os autores ensaiaram corpos-de-prova de adobe com diferentes dimensões, sendo utilizados as formas de prisma moldado (adobe inteiro) e de cubo (adobe cortado e suas partes unidas por argamassa. Faria *et al.* (2008) observaram uma diminuição da resistência

à compressão no valor de 12% para o prisma de 7,5 cm x 7,5 cm x 15 cm em relação ao cubo de 7,5 cm, a qual teve influência, possivelmente, pelo aumento do índice de esbeletz, sendo a única variável do ensaio.

Percebe-se que tais metodologias de ensaios para caracterização mecânica de BTCs têm suas vantagens e desvantagens, sendo que uma solução recomendada por alguns autores como Gumaste et al. (2007) e Walker (2004) diz respeito ao uso de fatores de correção da resistência confinada através da relação altura/largura dos corpos-de-prova. Estudos de Heathcote e Jankulovski, e Krefeld citados por Heathcote e Jankulovski (1992), mostraram fatores de correção obtidos experimentalmente após ensaios de vários blocos de diferentes dimensões. Ao testá-los, os referidos autores perceberam que na curva de relação altura/largura pela resistência mecânica, quando se aumenta muito a relação altura/largura - *aspect ratio* - (maior que 5) a resistência à compressão tende a um valor constante. Esse valor é o considerado como “não-confinado” para esse material.

Assim, seria mais prático obter o valor da resistência à compressão simples real de um BTC aplicando fatores de correção de resistência pela relação altura/largura no ensaio do corpo-de-prova original (no caso a NBR 10836), substituindo o valor da resistência confinada. Seguindo essa linha de pensamento, este estudo experimental pretende determinar um modelo para encontrar a resistência não-confinada de um BTC com cimento, comparando os métodos de ensaio das normas brasileiras NBR 10836 (ABNT - 1994) e a NBR 8492 (ABNT - 1984).

2. MATERIAIS

Para o estudo experimental foi utilizado uma amostra de 83 BTCs com cimento de um lote fabricado por uma empresa local de Campo Grande - MS, intitulada Empresa A. Tais blocos foram cedidos pela empresa A e confeccionados no mesmo dia, apresentando dimensões médias de 300 mm x 150 mm x 120 mm (comprimento x largura x altura). Essas dimensões foram confeccionadas especialmente para este estudo, pois são dimensões incomuns no meio comercial, devido a sua altura relativamente maior que os mais comuns no mercado, de dimensões 300 mm x 150 mm x 80 mm.

Tais BTCs com cimento foram fabricados utilizando-se uma prensa hidráulica, que molda dois blocos por vez. O solo utilizado foi adquirido de um fornecedor local, cuja caracterização física do solo o classificou como solo arenoso. A dosagem utilizada na fabricação dos BTCs foi 1:10 (solo:cimento, em massa) e teor de umidade ótima em torno de 10%.

Apesar da utilização de BTCs com cimento, para a presente pesquisa não houve a preocupação no processo de estabilização do solo, visto que o importante foi a relação de regularidade da fabricação (blocos confeccionados nas mesmas condições) para que toda a amostra não apresentasse dispersão, ou seja, que todos os BTCs estariam assegurados da equivalência no valor de resistência compressão simples do lote.

3. METODOLOGIA

Adotou-se por dividir a amostra de 83 blocos (figura 2) em 4 classes de dimensões, sendo que as dimensões das bases seriam os mesmos para todas as classes variando apenas na altura. Assim foi necessário o uso de uma serra elétrica para cortar os blocos em suas dimensões especificadas. Os blocos foram cortados paralelamente à sua maior dimensão no intuito de se obter as variações de altura desejadas.

Ao final desta parte, constataram-se algumas dificuldades no que se diz respeito ao controle exato das dimensões de corte, devido às limitações da própria máquina, como alinhamento do disco e da base (figura 1). Foi necessária, além desta etapa de corte dos blocos, a regularização da superfície cortada dos blocos, que foram lixados manualmente. Ressalta-

se que as alturas dos blocos de cada grupo/classe mantiveram o desvio padrão de 3 mm fixado pela norma brasileira NBR 10834 (ABNT,1994).

Portanto, os grupos/classes se caracterizaram com as alturas de 55 mm, 75 mm, 95 mm e 120 mm e foram divididos em 4 subgrupos (tabela 1):

BN: Blocos inteiros não capeados;

BC: Blocos inteiros capeados;

PN: Prismas não capeados;

PC: Prismas capeados.

Os subgrupos que contêm a letra C (BC e PC) referem-se ao capeamento, que foi realizado com argamassa no traço de 1:6 (cimento:areia) sobre uma mesa nivelada.

Os subgrupos que têm a letra P (PN e PC) referem-se ao tipo de ensaio realizado, no caso foram confeccionados prismas segundo as prescrições da NBR 8492 (ABNT,1984). Para isso, tais blocos foram cortados ao meio perpendicularmente à sua maior dimensão e unidos por meio de uma camada de argamassa no traço de 1:6, formando-se prisma (figuras 3 e 4).

Os subgrupos de letra B (BN e BC) referem-se ao tipo de ensaio realizado, a qual foram utilizados os blocos inteiros (figura 6), ou seja, blocos na sua forma original, seguindo a metodologia prescrita na norma brasileira NBR 10836 (ABNT,1994).



Figura 1. Serra utilizada para cortar os blocos



Figura 2. Amostra de BTCs com cimento

Tabela 1. Programa de realização do ensaio de compressão simples dos BTCs

	Sub-grupos – quantidade de BTCs			
	BN	BC	PN	PC
Grupo 1 – 55 mm	5	4	5	5
Grupo 3 – 75 mm	5	5	4	4
Grupo 5 – 95 mm	4	4	3	3
Grupo 7 – 120 mm	3	4	3	3

Primeiramente, levando em consideração o tempo necessário para a cura do capeamento, foram feitos os prismas (PN e PC) (figuras 3 e 4). Em outro dia, os blocos BC e PC foram colocados em um taque imerso de água para serem saturados a fim de se realizar o

capeamento, visto que os mesmos, na condição de umidade higroscópica, absorvem água e pode prejudicar à hidratação do cimento durante o capeamento.

Como os blocos já haviam passado de 28 dias de idade, os ensaios foram realizados em um dia e finalizados em outro dia (não excedendo 24 horas de diferença) devido à grande quantidade de corpos-de-prova a serem rompidos. Todos os BTCs com cimento foram ensaiados à umidade higroscópica.

Para os blocos do tipo BN e PN que não apresentavam capeamento, foram colocados folhas de papelão de espessura 3 mm na base e na parte superior do bloco no momento do ensaio à compressão (figura 5). Essa prática é recomendada por vários autores como Reddy e Gupta (2005) e Morel et al. (2007), por ser mais prático que o capeamento com argamassa ou pasta de cimento Portland e causar o mesmo efeito de distribuição de carga e regularização da superfície, não influenciando no valor de resistência final.



Figura 3. Prismas Não Capeados (PN)



Figura 4. Prismas Capeados (PC)



Figura 5. Ensaio de um PN



Figura 6. Blocos inteiros capeados (BC)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando a tabela 2 abaixo, pode-se notar que o G1 (blocos com 5 cm de altura) quando ensaiados inteiros (BN e BC) apresentaram confinamento de carga mais pronunciado em relação aos outros grupos de alturas maiores. Destaca-se que para o subgrupo BN, as resistências a partir da altura de 7,5 cm (G3, G5 e G7) não apresentam diferenças significativas entre seus valores, e representam a relação de aproximadamente 50% da resistência do G1. Tal comportamento revela o efeito de confinamento de carga para blocos ensaiados inteiros com altura até 7,5 cm, o que corrobora as prescrições indicadas pelas normas brasileiras em torno de caracterização mecânica de BTCs, ou seja, para tijolos (altura máxima 7 cm) é indicado o ensaio sob o método de corpo-de-prova no formato prisma e para blocos (altura acima de 7 cm) indica-se o ensaio de compressão simples a partir de corpo-de-prova do bloco inteiro – formato original.

Tabela 2. Resultados do ensaio de compressão aos corpos-de-prova de BTCs com cimento

	BN			BC			PN			PC		
	fc(MPa)	Sd	CV(%)	fc(MPa)	Sd	CV(%)	fc(MPa)	Sd	CV(%)	fc(MPa)	Sd	CV(%)
G 1	8,57	1,32	15,4	9,26	0,27	2,9	3,59	0,33	9,2	6,25	0,12	1,9
G 3	4,27	0,10	2,3	6,69	0,06	0,9	3,37	0,03	0,9	3,57	0,28	7,8
G 5	4,32	0,25	5,8	4,10	0,82	20	2,97	0,18	6,1	4,14	0,20	4,8
G 7	4,05	0,52	12,8	5,34	0,06	1,1	3,45	0,23	6,7	4,11	0,37	9,0

fc – resistência à compressão simples (MPa)

Sd – Desvio Padrão

CV – Coeficiente de Variação (%)

Para a subcategoria BC (bloco inteiro capeado), os valores seguiram a mesma tendência do BN, se for desconsiderado o valor de 4,1 MPa, a qual apresenta um significativo coeficiente de variação. Os prismas PN e PC não seguiram essa tendência, pois suas alturas são o dobro dos respectivos blocos BC e BN, assim o confinamento de carga fica menos pronunciado, importando mais as características da ligação entre as metades dos blocos pela argamassa (resistência e espessura da camada de argamassa). No entanto os corpos-de-provas do Grupo 1 também alcançaram as maiores resistências, mostrando um pequeno confinamento de carga.

Morel et al. (2007) realizaram estudos sobre a influência da altura dos blocos de solo-cimento nos resultados de resistência à compressão. Foram encontrados os aspect ratios - relação altura/largura - dos blocos inteiros, ensaiados à compressão simples e comparados com as resistências de prismas formados por blocos de mesma altura. Os autores encontraram para o aspect ratio aumentando de 0,32 para 0,89 a diminuição da resistência de 16 MPa para 8,5 MPa nos testes aplicados aos blocos inteiros. Para os prismas ocorreu o inverso, ao diminuir o aspect ratio diminuiu a resistência, porém com pouca variação no valor.

Para subgrupo BN, o aspect ratio variando de 0,37 a 0,79 a resistência variou de 8,57 para 4,05 MPa (diminuindo 2,11 vezes), podendo ser representado pela equação 1.

$$y = 2,88x^{-0,94} \quad \text{Equação (1)}$$

sendo: y - resistência
x - aspect ratio

Para o subgrupo BC, o aspect ratio variando de 0,43 para 0,84 a resistência variou de 9,26 a 5,34 MPa (diminuiu 1,73 vezes), podendo ser aproximado pela equação 2 (figura 7).

$$y = 3,741x^{-1} \quad \text{Equação (2)}$$

sendo: y - resistência
x - aspect ratio

Notou-se que as resistências dos blocos inteiros são sempre maiores que as resistências dos prismas, devido ao confinamento de carga (majorando-as nos blocos inteiros) e à presença de argamassa de assentamento nos prismas (minorando-as nos prismas). A resistência dos prismas variou de 41% a 76% da resistência do bloco inteiro respectivo. Tal comportamento foi verificado por Morel et al. (2007), a qual foi encontrada uma relação entre a resistência do bloco inteiro com a resistência do prisma formado por esse bloco:

$$f_b = 3,0338f_p \quad \text{Equação (3)}$$

sendo: f_b a resistência do bloco inteiro
 f_p a resistência do prisma

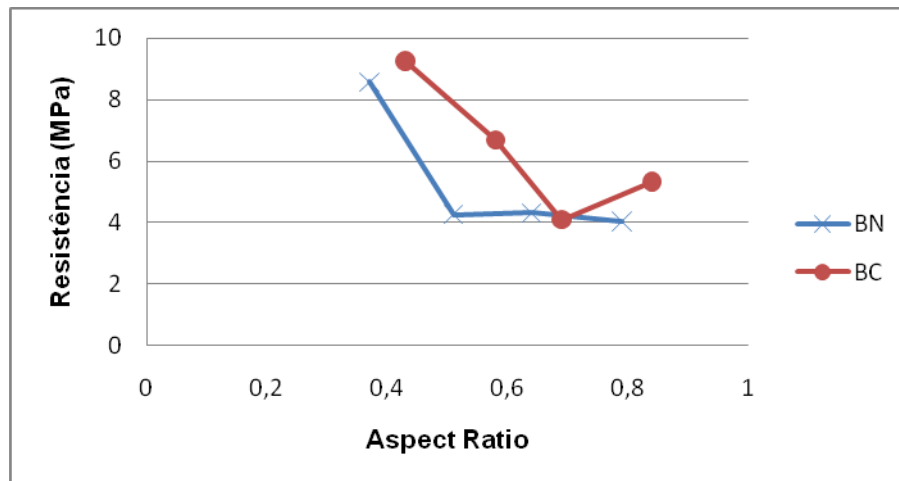


Figura 7. Aspect ratio x resistência à compressão (MPa)

Ou seja, analisando a equação (3) percebe-se que a resistência do prisma é cerca de 33% da resistência do bloco inteiro para blocos de solo-cimento.

Gumaste et al. (2007) também encontraram resultados semelhantes. Os referidos autores relatam uma relação entre a resistência da alvenaria (blocos empilhados unidos por argamassa) com as resistências do bloco individual e a resistência da argamassa de assentamento. Os pesquisadores realizaram ensaios de compressão em vários blocos cerâmicos de diferentes tipos e resistências, diferentes arranjos de empilhamento (tipo inglês e apenas empilhado) e diferentes argamassas de assentamento. Gumaste et al. (2007) encontraram fórmulas empíricas do tipo:

$$f = k f_b^{k_1} f_a^{k_2} \quad \text{Equação (4)}$$

sendo: f a resistência da alvenaria
 f_b a resistência do bloco
 f_a a resistência da argamassa
 k , k_1 e k_2 constantes empíricas

As resistências dos prismas (para 4 fiadas) tiveram um intervalo de 17,7% a 31,1% da resistência do bloco individual respectivo, para um mesmo tipo de argamassa, ou seja, comprova que a resistência de um prisma minora muito a resistência do bloco original.

Ressalta-se que a argamassa de assentamento aplicada na confecção dos prismas poderia ser modificada, utilizando-se a mistura de cal com cimento, ou mesmo uma argamassa de solo-cimento para investigação de suas propriedades de aderência e ganho de resistência. Estudos de Reddy e Gupta (2006) mostram ensaios à compressão de blocos de solo-cimento com argamassas de cal, cimento e vários tipos de solo-cimento. Dos resultados constatou-se que os prismas unidos por argamassas de solo-cimento com 15% de cimento tiveram sempre maiores resistências que com as outras argamassas. Nota-se que houve uma melhor homogeneidade nos prismas com argamassas de solo-cimento, porém o teor de cimento é relativamente alto em relação ao usual.

Em relação à presença de capeamento com argamassa ou papelão, notou-se que tanto os blocos inteiros como prismas tiveram suas resistências majoradas com o uso da argamassa de cimento (exceto para o grupo 3 comparando BN com BC), o que influencia na determinação da real resistência do bloco. Isso pode ocorrer devido ao fato da argamassa ser mais resistente que o bloco (majorando a resistência medida em BC), como também ao fato de que sem capeamento a superfície pode não ficar regularizada ou ficar desnivelada, podendo ocorrer excentricidades na carga aplicada.

Por isso, ao ser adotado o uso de papelão como capeamento, o bloco deveria ter uma superfície regularizada e nivelada, o que é raro de se conseguir no meio prático sem o capeamento com argamassas de qualquer natureza (devido aos meios de moldagem).

Estudos de Heathcote e Jankulovski (1992) foram encontrados fatores de correção da resistência pelo *aspect ratio* através de ensaios de compressão simples aplicados a corpos-de-prova de solo-cimento com alturas variadas. Os corpos-de-provas foram obtidos pelo corte de 2 blocos de 103 mm x 186 mm x 360 mm e a relação altura/largura - *aspect ratio* - variou de 0,27 a 6,21. Com isso foram obtidos vários pontos que se ajustaram em uma curva exponencial (*aspect ratio* x resistência à compressão). Foram obtidos valores variando de 61,44 MPa (*aspect ratio* 0,27) e 10,63 MPa (*aspect ratio* 6,21).

A curva exponencial encontrada por Heathcote e Jankulovski (1992) foi utilizada para a dedução da equação de correção (figura 8), e a mesma foi simplificada forçando a curva a passar pela origem do eixo cartesiano. Tal equação simplificada foi dada por (K_a : fator de correção e A_r : *aspect ratio*), a qual foi utilizada no presente trabalho para correções as resistências encontradas para a resistência não-confinada (tabela 3).

$$K_a = \frac{9A_r}{7A_r+9} \quad \text{Equação (5)}$$

para $A_r \leq 4,5$ e $K_a=1$ para $A_r > 4,5$

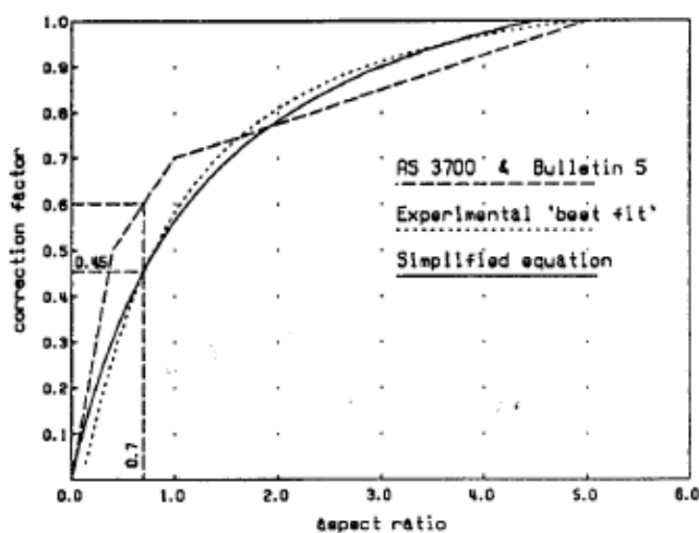


Figura 8. Fator de Correção de Heathcote e Jankulovski (1992)

Tabela 3. Aplicação de fatores de correção

	BN corrigido				BC corrigido			
	fc (MPa)	aspect ratio	Fator de Correção	f_{cf} (MPa)	fc (MPa)	aspect ratio	Fator de Correção	f_{cf} (MPa)
G 1	8,57	0,37	0,29	2,49	9,26	0,43	0,32	2,96
G 3	4,27	0,51	0,37	1,58	6,69	0,58	0,4	2,68
G 5	4,32	0,64	0,43	1,86	4,10	0,69	0,45	1,85
G 7	4,05	0,79	0,49	1,98	5,34	0,84	0,51	2,72

f_{cf} = resistência corrigida pela aplicação da equação 1.

Analisando a tabela 3, comparando-se os subgrupos BN corrigido com PN e BC corrigido com PC, nota-se que utilizando os fatores de correção, as resistências não-confinadas se tornam menores que as dos respectivos prismas em todos os casos. Isso mostra que mesmo duplicando a relação *aspect ratio* dos prismas, ainda existe confinamento de carga. Não foram utilizados os mesmos fatores de correção para encontrar as resistências não-

confinadas dos prismas PN e PC, pois a equação de Heathcote e Jankulovski (1992) foi deduzida para blocos inteiros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se comprovar que para o Grupo 1 de altura característica 55 mm e relação altura/largura - aspect ratio - 0,37 foram obtidos os maiores valores de resistência devido ao efeito de confinamento de carga mais acentuado.

O capeamento com argamassa geralmente majora a resistência mecânica do BTCs independente do método de ensaio (bloco inteiro ou prisma). O capeamento com folhas de papelão de 3 mm apresentaram valores menores de resistência para os subgrupos BN e PN, o que pode ter encontrado superfícies desniveladas, devido ao fato de que foram submetidos ao corte longitudinal ou a argamassa majorar a resistência. Necessita-se de mais estudos para comprovar a real eficiência deste tipo de capeamento. Cabe lembrar que os blocos foram prensados em um único sentido (de cima para baixo), o que pode ter ocasionado diferentes densidades ao longo da altura do bloco, prejudicando o ensaio.

O ensaio de compressão simples segundo a norma brasileira NBR 8492 (ABNT, 1984) minorou os valores de resistência encontrados conforme as diretrizes da norma brasileira NBR 10836 (ABNT, 1994), porém são maiores que as resistências não-confinadas (resistências encontradas através da aplicação de fatores de correção).

A aplicação dos fatores de correção foram muito rigorosos ao diminuírem as resistências até um patamar considerado inadequado segundo as normatizações brasileiras de BTCs. Necessita-se de mais estudos utilizando outros fatores de correção como meio de identificar os valores não-confinados para outros tipos de BTCs.

Recomenda-se para futuros estudos a utilização de BTCs fabricados em suas dimensões requeridas, não sendo necessário o corte e regularização da superfície, pois o bloco ou tijolo deve sofrer o mínimo de modificações em sua geometria e homogeneidade para caracterizá-lo mecanicamente, promovendo mais confiabilidade na execução do ensaio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994). NBR 10836 – Bloco Vazado de solo-cimento sem função estrutural: Determinação da Resistência à compressão e absorção de água. Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 8492 – Tijolo maciço de solo-cimento: Determinação da resistência à compressão e absorção de água. Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT.

FARIA, O. B.; OLIVEIRA, B. M. de; TAHIRA, M; BATTISTELLE, R. A. G. (2008). Realização do programa interlaboratorial Proterra em Bauru-SP (Brasil). Terra Brasil (2008). VII Seminário Ibero-americano de Construção com Terra. II Congresso de Arquitetura com Terra no Brasil. São Luís: UEMA PROTERRA. 1 CD-ROM.

GUMASTE, K. S.; NANJUNDA RAO, K. S.; VENKATARAMA REDDY, B. V.; JAGADISH, K. S. (2007). Strength and elasticity of brick masonry prisms and walletes under compression. *Materials and Structures* 40. p. 241-253.

HEATHCOTE, K.; JANKULOVSKI, E. (1992). Aspect ratio correction factors for soilcrete blocks. *Australian Civil Engineering Transactions*, Vol. CE 34,4. Australia: Institute of Engineers. p.309-312.

MOHAMED, G; LOURENÇO, P. B.; ROMAN, H. R. (2005). Mechanical behavior assessment of concrete block masonry prisms under compression. Coimbra: University of Coimbra,

Department of Civil Engineering, Disponível em <<http://hdl.handle.net/1822/4939>>. Acessado em 11/09/2009.

MOREL, J. C.; PKLA, A.; WALKER, P. (2007). Compressive strength testing of compressed earth blocks. *Construction and Building Materials* 21. p. 303-309.

MOREL, J C; PKLA, A. (2002). A model to measure compressive strength of compressed earth blocks with the 3 point bending test. *Construction and Building Materials* 16. p. 303-310.

REDDY, B. V; GUPTA, A. (2005) Characteristics of soil-cement blocks using highly sandy soils. *Materials and Structures* 38. p. 651-658.

REDDY, B. V.; GUPTA, A. (2006). Strength and elasticity properties of stabilized mud block masonry using cement-soil mortar. *Journal of Materials in Civil Engineering* © ASCE May/June 2006. p. 472-476.

RILEM TC 164-EBM, OLIVIER, M.; MESBAH, A.; EL GHARBI, Z.; MOREL, J.C. (1997). Test Methods for strength tests on blocks of compressed earth / Mode opératoire pour la réalisation d'essais de résistance sur blocs de terre comprimée. RILEM Publications SARL. *Materials and Structures* 30. P. 515-517.

WALKER, P. J. (2004) Strength and erosion characteristics of earth blocks and earth block masonry. *Journal of Materials in Civil Engineering* © ASCE September/October 2004. p. 497-506.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos aos técnicos do Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, equipamento e mão-de-obra necessária à realização deste trabalho, assim como para a empresa TECPAN, que foi a responsável pela doação dos BTCs para a realização do estudo.

AUTORES

Arthur Santos Silva, aluno do curso de graduação engenharia civil, bolsista de iniciação científica.

Ana Paula da Silva Milani, doutora em construções rurais e ambiência, professora adjunta da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, membro do PROTERRA e da Rede TerraBrasil.

Sandra Regina Bertocini, mestre em construção civil, tecnóloga da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS e coordenadora do Laboratório de Materiais de Construção da UFMS.



BLOCO DE TERRA COMPRIMIDA (BTC) PRODUZIDO PELA OLARIA ECOLÓGICA COMUNITÁRIA DE LIMEIRA-SP

**Angela Ivonne Briones Cáceres¹, Karen Passarini²,
Luísa Andréia Gachet-Barbosa³, Rosa Cristina Cecche Lintz⁴, Lubienska C. Lucas
Jaquê Ribeiro⁵, Marta Siviero Guilherme Pires⁶, Ana E. Paganelli Guimaraes de Avila⁷**

Divisão de Construção Civil – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Campinas-Unicamp, Brasil

(1) angela_brionnes@hotmail.com; (2) ka_pas@hotmail.com; (3) gachet@ft.unicamp.br; (4) rosacclintz@ft.unicamp.br

Palavras-chave: Blocos de terra comprimida solo-cimento, Construção Civil, Olaria Ecológica Comunitária

Resumo

Além das vantagens econômicas e construtivas, o tijolo de solo-cimento é uma alternativa viável de contribuição com a preservação do meio ambiente, pois, é produzido por meio de prensagem, não havendo necessidade de queima, e o consumo de água para sua fabricação é pequeno, o que o torna bastante competitivo em relação aos blocos de terra comprimida convencionais de barro cozido. O solo-cimento pode ser uma solução para produção de habitações de interesse social (HIS), onde a própria comunidade pode produzir blocos de terra comprimida e pisos com maquinário simples e de baixíssimo custo. Este trabalho avaliou o processo de gestão da Olaria Ecológica Comunitária, na cidade de Limeira, SP, bem como a utilização dos blocos de terra comprimida de solo-cimento através da aplicação de questionários e de diversas visitas técnicas a Olaria e a loteamentos populares que utilizam esses blocos de terra comprimida. Realizaram-se ensaios laboratoriais tanto para a caracterização dos materiais utilizados na fabricação, quanto para medir a resistência à compressão e absorção dos blocos de terra comprimida, com o objetivo de racionalizar o processo e os materiais. Os ensaios mostraram que a proporção de cimento utilizada na fabricação dos blocos de terra comprimida poderia ser modificada de maneira a manter sua resistência dentro dos parâmetros das normas, porém utilizando menos cimento. O contato técnico com os operários da Olaria trouxe aprimoramento no processo

1. INTRODUÇÃO

O solo-cimento é um produto endurecido resultante da cura de uma mistura íntima, compactada ou comprimida de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas através de dosagem. Se executada de acordo com a norma brasileira NBR 12254 (ABNT, 1992) possui boa resistência à compressão, bom desempenho térmico, durabilidade e impermeabilidade além de baixa retração volumétrica. Trata-se de um material alternativo e de baixo custo, onde a maior parte da mistura é composta por solo, sendo que a fração de cimento é muito baixa (cerca de 5% a 15% de volume de cimento são suficientes para estabilizar o solo e conferir-lhe as propriedades desejadas), segundo Caputo (1978) e Argollo Ferrão et al.(1999).

Esta mistura é apresentada no início sob a consistência de uma “farofa”, após ser comprimida, ela é adensada e, com o tempo, ganha resistência mecânica e durabilidade suficientes para diversas aplicações.

A Olaria Ecológica Comunitária localizada no Jardim Aeroporto na cidade de Limeira, interior de São Paulo, é uma entidade que visa auxiliar as pessoas de baixa renda a construir suas próprias residências, por meio de uma solução ambientalmente menos impactante: o tijolo de solo-cimento (figura 1).



Figura 1 – Olaria Ecológica Comunitária

Foi inaugurada em 23/08/2002 em uma parceria da Prefeitura Municipal de Limeira com o CEPROSOM (Centro de Promoção Social Municipal), contando com quatro máquinas para a produção de BTC (bloco de terra comprimida) estabilizado com cimento, um destorroador de solos e uma betoneira, com o objetivo de atender famílias carentes que necessitam de ajuda para construir, reformar ou ampliar suas casas.

As famílias selecionadas formam mutirões e produzem os blocos de terra comprimida na Olaria sem custo algum, pois a Prefeitura Municipal de Limeira cede às famílias o solo e o cimento necessários para a fabricação desses blocos sob a condição de produzirem 20% a mais de blocos do que os que serão utilizados, sendo que, esses produzidos a mais, serão destinados às pessoas que não têm condição de trabalho como viúvas, doentes, deficientes, ou para a utilização da própria Prefeitura.

Uma vez selecionada, a família recebe um treinamento para a produção dos blocos de terra comprimida e também assistem a uma palestra onde é explicada a importância desse material para o Meio ambiente e suas principais vantagens em relação aos materiais convencionais. Justificando desta maneira, o nome da Olaria.

2. METODOLOGIA

2.1 Processo de produção de blocos de terra comprimida de solo-cimento

O processo de produção dos blocos de terra comprimida de solo-cimento consiste na escolha e preparo do solo, do cimento, definição da proporção, homogeneização, prensagem e cura, previamente determinadas quantitativamente. Este processo é resumidamente apresentado no fluxograma da figura 2.

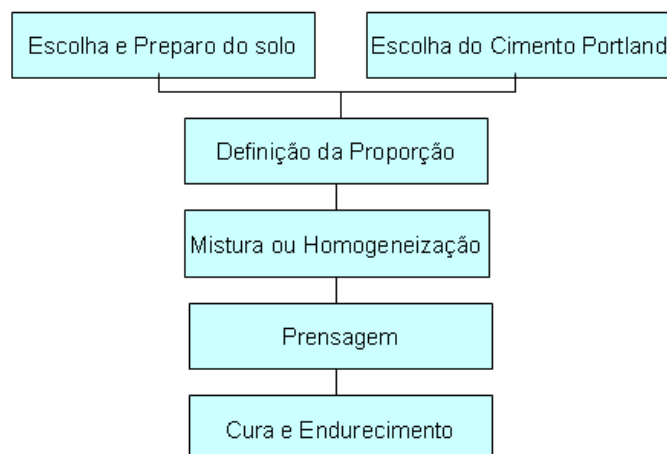


Figura 2. Fluxograma do processo de fabricação do tijolo de solo-cimento.

2.2 Escolha e preparo do solo

A escolha do solo é de fundamental importância tanto para garantir a qualidade dos blocos de terra comprimida como para promover a racionalização de materiais, já que o teor de cimento está relacionado com as propriedades do solo.

Para isso, separaram-se amostras do solo que seria utilizado para a confecção dos blocos de terra comprimida, e realizaram-se os ensaios de caracterização. A figura 3 apresenta o solo utilizado para a confecção dos blocos de terra comprimida de solo-cimento.



Figura 3. Solo utilizado para a produção dos blocos de terra comprimida de solo-cimento

2.3 Ensaios de caracterização do solo

De acordo com Neves et al. (2009) por meio do tato e da observação visual, pode-se fazer a classificação inicial do solo, e melhorá-la por meio de complementações de ensaios laboratoriais. Desta forma, foram realizados tanto ensaios laboratoriais como testes expeditos de campo, para a caracterização do solo.

2.3.1 Ensaios laboratoriais

Foram realizados os seguintes ensaios laboratoriais.

- Preparação da amostra de solo para ensaio de compactação e ensaio de caracterização, NBR 6457 (ABNT, 1986);
- Determinação do limite de liquidez NBR 6459 (ABNT, 1984);
- Determinação do limite de plasticidade NBR 7180 (ABNT, 1984);
- Análise granulométrica NBR 7181 (ABNT, 1984).

2.3.2 Testes expeditos de campo

Além dos ensaios laboratoriais podem ser realizados alguns testes expeditos de campo com as amostras de solos, os quais são indicados no caso de não existir a possibilidade de um aparamento técnico durante a confecção dos blocos de terra comprimida e produzem resultados satisfatórios para a aplicação. Os testes mais utilizados são:

- Teste do bolo: colocar na palma da mão uma porção de terra bastante úmida, formando-se uma bola que deve ser golpeada até que aflore uma película de água na superfície da amostra, dando-lhe um aspecto liso e brilhante, o passo seguinte é pressionar o bolo com os dedos, quando o solo tem boa qualidade para a mistura de solo-cimento, bastam de 5 a 10 golpes para que a água aflore, sendo que ao pressionar a bola, a água desaparece. Se a água não aflorar após 20 a 30 golpes, a amostra será considerada inadequada.
- Teste de resistência seca: Fazem-se três pastilhas de terra bem úmida, com diâmetro de 2 cm a 3 cm e espessura de 1 cm. Depois de ficar secando ao sol durante dois ou três dias, deve-se tentar esmagar estas pastilhas com os dedos polegar e indicador, se as pastilhas forem dissolvidas sem muito esforço, ficando na forma de pó, então a terra testada é

aprovada. No entanto, se elas partirem, porém não virarem pó, ou mesmo exigirem muito esforço para rompê-las, podendo até não serem rompidas, ficará comprovada a inadequação do solo para a mistura.

- **Teste do cordão:** Se pega uma porção de terra seca, juntando água para rolar cordões até que eles comecem a quebrar em um diâmetro de 3 mm. O passo seguinte é formar uma bola com os cordões quebrados, não adicionando mais água. Em seguida, a bola deverá ser esmagada pela ação dos dedos polegar e indicador. se a terra for adequada, irão aparecer fendas na bola com pouco esforço dos dedos e será difícil fazer uma nova bola com a mesma amostra sem que ela apresente fissuras. O solo será considerado inadequado, se for preciso muito esforço para romper a bola que nem permitirá a moldagem de novos cordões de 3 mm.
- **Teste da fita:** Consiste em misturar uma pequena porção de solo com um pouco de água e fazer um cilindro no tamanho de um cigarro. Este cilindro deverá ser amassado até a formação de uma fita de 3 mm a 6 mm de espessura e com maior comprimento possível. A obtenção de um comprimento da fita amassada entre 5 cm a 10 cm indicará que o solo é adequado. O comprimento maior do que 10 cm equivalerá a reprovação do solo.
- **Teste da caixa:** é preciso separar uma porção de solo peneirado que deve ser umedecido aos poucos até começar a grudar na lamina da colher de pedreiro. Depois disto, esta porção é colocada em uma caixa lubrificada com óleo diesel ou similar, medindo 60 cm x 8,5 cm x 3,5 cm. A caixa tem que ficar guardada em um ambiente fechado, protegido do sol e da chuva, durante sete dias. A qualidade do solo é avaliada através da leitura da retração no sentido do comprimento da caixa. Se o total das retrações não ultrapassarem 2 cm, e não aparecerem trincas, a amostra estará aprovada. Caso contrário adicione areia até a obtenção de um solo com as características desejadas.

2.4 Preparo do solo

No processo de fabricação dos blocos de terra comprimida, o solo deve estar seco, recomendando-se que a armazenagem seja feita em local com baixa umidade, isento de matérias orgânicas e torrões, e peneirado numa peneira de malha 4,8 mm, em caso de não dispor da peneira, pode-se adotar uma peneira utilizada para peneirar café, abertura de malha aproximada de 5,0 mm x 5,0 mm.

Existem solos que apresentam grande quantidade de partículas graúdas, neste caso, costuma-se aplicar um destorroador, cuja finalidade é reduzir o tamanho dos graúdos. Sugere-se que, quando o solo apresentar mais de 50% de material retido na peneira com abertura de 4,8 mm, utiliza-se primeiramente o destorroador seguindo ao peneirador.

2.5 Escolha do cimento Portland

Os cimentos utilizados atendem às especificações da NBR 8491 (ABNT, 1984) - Tijolo maciço de solo-cimento. Os ensaios realizados para a caracterização dos cimentos foram respectivamente: finura e massa específica.

Para a fabricação dos blocos de terra comprimida que foram moldados na Olaria Ecológica Comunitária, foi utilizado o cimento CPIII (Cimento Portland de Alto-Forno), a tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios de massa específica e finura do cimento, de acordo com as normas NBR 9776 (ABNT, 1987) e NBR 7251 (ABNT, 1982).

Tabela 1. Massa específica e finura

Cimento	Massa específica (kg/dm ³)	Finura (mm)
CPIII	3,03	0,68

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Ensaios de caracterização do solo

Foram realizados ensaios laboratoriais para caracterização do solo. Seus respectivos resultados apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resultados dos ensaios de caracterização do solo

Resultados dos ensaios de caracterização do solo	
% passado na peneira 4,8 mm (nº 4)	100%
% passado na peneira 0,075 mm (nº 200).....	29,73%
Limite de liquidez	NP
Índice de plasticidade	NP

O solo apresentou aproximadamente 76% de partículas de areia, 8% de silte e 16% de argila, sendo classificado como um solo areno-argilo-siltoso e não plástico (NP).

3.2 Definição do traço

Após a realização dos ensaios de caracterização dos materiais, determinou-se a dosagem de três traços diferentes, em volume, 1:8, 1:10, 1:12, para confecção dos blocos de terra comprimida. Salienta-se que os traços escolhidos foram baseados em recomendações das bibliografias consultadas; (Pisani, 2003) (Mazeo Grande, 2003) e (Isaia, 2007); a qual indica que o solo pode ser estabilizado com uma faixa de volume de 5% a 15% de cimento. Portanto, utilizaram-se valores próximos ao valor médio de 10% de teor de cimento.

3.2 Ensaios de resistência à compressão e absorção de água

Foram realizados os ensaios de resistência à compressão e de absorção de água após os sete dias necessários para a cura, conforme prescrições da NBR 8491 (ABNT, 1984), apresentadas na tabela 3. Os resultados desses ensaios são apresentados na tabela 4.

Tabela 3: Limites especificados para controle de qualidade de blocos de terra comprimida de solo-cimento

Ensaio	Número de CP	Exigência NBR 8491 (ABNT, 1984)	
Varição Dimensional	-	± 3 mm	
Resistência à compressão	10	Valor médio	≥ 2,0 MPa
		Valor Individual	≥ 1,7 MPa
Absorção de Água	3	Valor médio	≤ 20%
		Valor individual	≤ 22%

Tabela 4: Resultados dos ensaios para definição do traço

Traço	Absorção de água		Resistência à compressão	
	Valor médio (%)	Maior valor individual (%)	Valor médio (MPa)	Menor valor individual (MPa)
1:12	15,79	17,51	3,09	2,27
1:10	14,89	16,32	3,21	2,29
1:8	14,65	15,21	3,30	2,32

De acordo com a tabela 4 pode-se notar que quanto maior foi o teor de cimento, maior foi a resistência à compressão e menor foi a absorção de água. Porém, o traço que melhor se

enquadrou na meta de racionalização de materiais foi o traço que contém um teor menor de cimento, ou seja, o traço com uma parte de cimento para 12 partes de solo, logo, esse foi o traço utilizado para a confecção dos blocos de terra comprimida.

3.3 Mistura ou homogeneização

Após determinada a quantidade de solo e de cimento, os mesmos foram medidos em volume para maior facilidade de operação. Para isso, utilizaram-se recipientes como baldes e padiolas.

De acordo com o traço escolhido, foram utilizados 12 baldes de solo e 1 balde de cimento, os quais foram homogeneizados. O cimento foi adicionado ao solo seco e misturado até que se obteve coloração uniforme. De acordo com Cebrace (1981), pode-se fazer uso de betoneiras e, para melhorar a homogeneização, deve-se passar a mistura no destorroador.

Após a homogeneização acrescentou-se água em sua devida quantidade em gotículas, por chuveiros ou sprays, garantindo uma distribuição mais uniforme, até que a mistura obteve a umidade ideal, que pode ser verificada através de um teste prático, consiste em jogar uma bola da mistura prensada na mão sobre um chão firme (solo batido), de uma altura de aproximadamente 1 m. Se a massa ao cair no chão ficar parecida com uma farofa, o teor de umidade é aprovado; se o bolo não se esfarelar, é sinal que a umidade está excessiva, neste caso, há necessidade de esperar a masseira secar ou de adicionar mais solo-cimento nas mesmas proporções e repetir os testes até ser obtida a “umidade ideal”.

Após a colocação da água, o bloco foi prensado. Salienta-se o prazo máximo de 1 hora, para evitar o início da pega do cimento. A figura 4 apresenta etapas do processo de mistura ou homogeneização in loco.



Figura 4. Etapas do processo de mistura ou homogeneização: peneiramento, homogeneização e homogeneização da mistura úmida

3.4 Prensagem

A mistura de solo-cimento-água foi transferida para a prensa, conforme Figura 5, a qual além de dar a forma ao elemento (bloco), ainda promoveu a compactação necessária para o empacotamento dos grãos do solo resultando em um material com baixa porosidade e alta densidade. Os blocos de terra comprimida de solo-cimento moldados por Cáceres e Passarini (2008) foram moldados em uma prensa manual, do tipo maciço e possuem dimensões de 5 cm x 9,5 cm x 20 cm.



Figura 5 – Processo de prensagem dos blocos de terra comprimida – Abastecimento da prensa com a mistura de solo-cimento e prensagem

3.5. Cura

Logo após a prensagem, os elementos foram colocados na área de cura, seguindo as prescrições da NBR 10832 (ABNT, 1989). Foram colocados na sombra, sobre uma superfície plana e empilhados até uma altura máxima de 1,50 m, o que dificulta a saída da água por evaporação.

Após 6 horas da moldagem e durante os sete primeiros dias, os blocos de terra comprimida foram molhados, a fim de garantir as condições de cura necessária (Figura 6). Caso não houvesse condições favoráveis para a cura, esses blocos perderiam a qualidade final.

Os blocos de terra comprimida só poderão ser utilizados após 14 dias de sua fabricação.



Figura 6. Processo de cura e endurecimento

3.6 Controle de qualidade

Segundo a NBR 8491 (ABNT, 1984) a cada 25000 blocos de terra comprimida ou fração superior a 10000 unidades, deve-se retirar, ao acaso, uma amostra de treze blocos de terra comprimida, com a idade mínima de sete dias, para a determinação da resistência à compressão e da absorção de água. As tabelas 5 e 6 apresentam os resultados dos ensaios de controle de qualidade após 7 dias de sua fabricação, com o traço em volume de 1:12.

Tabela 5 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão dos blocos de terra comprimida

Corpos-de-prova	Área (média) (cm ²)	Carga (kgf)	Resistência (kgf/cm ²)	Resistência (MPa)
1	96,01	3050	31,77	3,12
2	97,41	2250	23,10	2,27
3	96,88	3100	32,00	3,14
4	96,00	3100	32,29	3,17
5	95,50	3300	34,55	3,39
6	95,60	2650	27,72	2,72
7	100,21	3950	39,42	3,87
8	95,15	2800	29,43	2,89
9	96,72	2500	25,85	2,53
10	97,06	3750	38,64	3,79

De acordo com a norma NBR 8491 (ABNT, 1984) as amostras ensaiadas não devem apresentar a média dos valores de resistência à compressão menor do que 2,0 MPa (20 kgf/cm²) nem valor individual inferior a 1,7 MPa (17 kgf/cm²) com idade mínima de 7 dias. Os resultados mostrados na Tabela 6 mostram que os blocos de terra comprimida ecológicos de solo-cimento obtiveram resistência à compressão superior a resistência mínima determinada pela norma NBR 8492 (ABNT, 1984).

Tabela 6 - Resultados do ensaio de absorção de água de blocos de terra comprimida maciços de solo-cimento

Corpos-de-prova	Massa Seca (g)	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Massa saturada (g)	Absorção (%)
1	1739,9	20,05	9,50	5,75	2014,8	15,80
2	1785,8	20,10	9,53	5,85	2036,3	14,03
3	1758,7	20,15	9,50	5,70	2066,6	17,51

De acordo com os resultados obtidos na tabela 6, e sabendo que a absorção da água não deve apresentar a média dos valores de absorção de água maior que 20%, e nem valores individuais superiores a 22%, nestas condições foi confirmada a eficiência dos blocos de terra comprimida, pois teve um bom desempenho referente à absorção de água.

4. POSSÍVEIS APLICAÇÕES

São inúmeras as aplicações possíveis com os blocos de terra comprimida de solo-cimento, pois além de possuir uma ótima aparência graças à regularidade de suas faces, ainda possui a possibilidade de aumento da resistência durante a própria confecção dos blocos de terra comprimida através de fatores como: escolha de um solo que se adapte melhor com a mistura, aumento do teor de cimento, aumento da força de compactação e até mesmo com a inserção de materiais que possibilitem a elevação da resistência; isto é, ele se torna um material versátil para atender as várias especificações dos projetos.

Os blocos de terra comprimida de solo-cimento podem ser utilizados tanto em alvenaria de vedação quanto em alvenaria estrutural, desde que atendem as resistências estabelecidas nos critérios de projeto, que devem ser os mesmos aplicados aos materiais de alvenaria convencional, bem como devem seguir as indicações de cuidados e manutenção do material. Podem ser usados também em:

- muros, divisórias e pisos (figura 6). No caso dos pisos, os orifícios dos blocos de terra comprimida são preenchidos com grama ou cimento (uma opção seria o uso do tijolo tipo canaleta).



Figura 6: Aplicações de blocos de terra comprimida de solo-cimento: muros, divisórias e pisos.

Fonte: www.tijol-eco.com.br

- móveis (figura 7): A criatividade de cada um permite que sejam montados diversos tipos de móveis - camas, bancos, mesas, aparadores e armários, tornando-se bem mais baratos que os convencionais. Como não há necessidade de revestimento das paredes, pois estas são impermeabilizadas, as prateleiras são fixadas com buchas e as portas são presas em uma armação;
- e em qualquer tipo de edificação cujo objetivo seja a rapidez, o menor custo, a beleza no acabamento e a qualidade.



Figura 7. Aplicações de tijolo de solo-cimento: móveis.
Fonte: www.tijol-eco.com.br.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluí-se que o tijolo de solo cimento atingiu os valores de resistência à compressão de acordo com a NBR 8491 (ABNT, 1984). Além de possuir boa qualidade e se adequar a inúmeras finalidades, ainda diminui o custo da obra. Não há necessidade de serem produzidos por pessoal técnico, sendo suficiente um treinamento, onde são transferidas as instruções básicas para confeccioná-los. São utilizados materiais e equipamentos de fácil obtenção, possibilitando a empreitada por mutirões, fato este que estimula sua utilização em projetos sociais, obtendo bastante sucesso na luta contra o déficit habitacional e a pobreza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1986). NBR 6457 - Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Método de ensaio. São Paulo: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 6459: Solo – determinação do limite de liquidez. Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 7180: Solo – determinação do limite de plasticidade. Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984). NBR 7181: Solo – Análise granulométrica. Método de ensaio. São Paulo: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984) NBR 8491: Tijolo maciço de solo-cimento. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989). NBR 10832: Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1992). NBR 12254 – Execução de sub-base ou base de solo-cimento. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). NBR 9776 – Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1982). NBR 7251 – Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro: ABNT.
- CÁCERES, A. I. B.; PASSARINI, K. (2008). Fabricação de blocos de terra comprimida ecológicos de solo-cimento como alternativa construtiva econômica e de baixo impacto ambiental. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao CESET-UNICAMP.
- CAPUTO, Homero Pinto. (1978). Mecânica dos solos e suas aplicações. 3.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. v.1.

CEBRACE (1981). Centro Brasileiro de Construções e Equipamentos Escolares. Solo-cimento na construção de escolas. 2ª ed. Rio de Janeiro: CEBRACE.

ARGOLLO FERRÃO, A.M.; FREIRE, W.J.; BERALDO, A.L. (1999). Materiais alternativos, técnicas de construção e ecoeficiência. In: 1o. Seminário Mercosul – Unicamp, 1999, Campinas, SP. Resumos de Projetos. Campinas: Unicamp, Coordenadoria de Relações Institucionais e Internacionais, p. 32.

ISAIA, Geraldo C. (editor) (2007). Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON, v.1 & v.2, 2007.

MAZEO GRANDE, Fernando(2003). Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. São Carlos: EESC/USP. Dissertação de mestrado.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patricio S.; HOFFMANN, Márcio Vieira. (2009). Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. Rede Ibero-americana PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>. Acessado em 25/junho/2010.

PISANI, M. A. J. (2003). Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento. São Paulo: <http://www.tijol-eco.com.br>

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem primeiramente a Deus, a Olaria Ecológica Comunitária de Limeira-SP, aos técnicos do Laboratório de Materiais do Centro Superior de Educação Tecnológica da UNICAMP, pelo apoio durante a realização deste projeto.

AUTORES

Angela Ivonne Briones Cáceres: Tecnólogo em Construção Civil pela Faculdade de Tecnologia da Universidade de Campinas-Unicamp.

Karen Passarini: Tecnólogo em Construção Civil pela Faculdade de Tecnologia da Universidade de Campinas-Unicamp.

Luísa Andréia Gachet-Barbosa / Rosa Cristina Cecche Lintz / Lubienska C. Lucas Jaquiê Ribeiro : Engenheira Civil e Docente da Divisão de Construção Civil da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Campinas-Unicamp.

Marta Siviero Guilherme Pires:Bióloga e Docente da Divisão de Saneamento Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Campinas-Unicamp

Elisabeth Paganelli Guimaraes de Avila: Engenheira Civil e Docente da Engenharia Civil da PUC-Universidade Católica de Campinas.



BOVEDAS DE MADERA Y BAHAREQUE EN IGLESIAS COLONIALES BOGOTANAS. ESTUDIO DE CUATRO IGLESIAS DEL SIGLO XVII

Cecilia López Pérez¹; Daniel Ruiz Valencia²

(1) Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Arquitectura y Diseño, y Facultad de Ciencias, Cra. 7 No. 40-62, Edificio 18. Bogotá – Colombia Tel: (+571) 3208320, Ext: 2423, Fax (+571) 3208320, Ext:2421, E-mail: (1) lopez.c@javeriana.edu.co; (2) daniel.ruiz@javeriana.edu.co

Palabras claves: Bóvedas en madera, bóvedas en bahareque, comportamiento estructural

RESUMEN

Las primeras iglesias que los españoles construyeron en Colombia tenían una cubierta en estructura triangular (denominada “par y nudillo”) elaborada con madera. Sobre esta estructura se colocaba un entramado en cañas unidas con cuero o con fibra vegetal; y sobre este encañado se colocaba una capa de barro con cubierta en paja o teja de barro. Posteriormente, las bóvedas aparecieron como sistema estructural interno de la zona central de las iglesias. Las bóvedas se elaboraron inicialmente en materiales pesados, como piedra o ladrillo, y en consecuencia colapsaron durante los terremotos, siendo reemplazadas por bóvedas construidas en madera ó “bahareque”. Las bóvedas hechas con estos materiales se popularizaron en varios países de Suramérica, ya que por su flexibilidad y bajo peso han resistido mejor los sismos. En Colombia, durante el periodo colonial se construyeron varias de estas bóvedas en iglesias del centro histórico de Bogotá. En el presente artículo se presentaran los resultados encontrados en la investigación desarrollada por el Grupo de Investigación en materiales y estructuras (GRIME) de la Pontificia Universidad Javeriana sobre cuatro iglesias (construidas entre 1610 y 1654): La Candelaria, San Juan de Dios, Santa Clara y San Ignacio. La investigación buscó establecer los elementos que las conforman, materiales, uniones y técnicas constructivas.

1. ANTECEDENTES

Para afianzar el proceso de dominio de los territorios conquistados en Colombia, los españoles fundaron poblaciones que les permitieron consolidar su autoridad entre la población sometida y sus áreas de asentamiento. Es así como al llegar los ibéricos, a la actual zona andina, encontraron cerca de 300 caseríos de indios Muiscas, los cuales fueron reagrupados en nuevos grupos urbanos a la manera y tradición española. Mientras los conquistadores tomaban posesión de las tierras fundando poblaciones y estableciendo haciendas, los religiosos se ocupaban de adoctrinar a los indígenas en la nueva fe.

A nivel social, la iglesia al igual que en las ciudades europeas propiciaron el nacimiento de formas eficientes de organización social y de participación en torno a lo sagrado, que se vio reflejado en la construcción de setenta mil templos (Gil , 1976) en los tres siglos que duro la colonia. A su alrededor se generaron otros usos complementarios a la actividad religiosa como colegios, conventos, seminarios, hospicios y hospitales. Dando origen a poblaciones y desarrollos urbanos (Salcedo, 1983).

Durante este periodo, los servicios que actualmente ofrece el estado, fueron prestados por las comunidades religiosas a través de sus misioneros, frailes y monjas dedicadas a la educación así como el cuidado de enfermos, ancianos y niños. Durante la colonia la iglesia cumplió la función de ente aglutinador de la comunidad, punto de referencia y encuentro en la vida cotidiana de la época.

Los núcleos urbanos estaban formados por el templo, la casa cural, las capillas posas y el rollo (Arango, 1990), la plaza o atrio a cuyo alrededor se edificaban las construcciones de encomenderos, capitanes y caciques de cada región. Estas poblaciones poseían

disposiciones, ordenanzas y contratos que determinaban su ubicación y características tanto espaciales como formales.

La iglesia era el eje material y formativo del poblado y servía como base para el desarrollo de la traza urbana. Con el transcurso del tiempo la espacialidad de las iglesias se fue especializando en cinco grandes grupos (Mendoza, s.f; Corradine, 1989):

1. Capillas y ermitas: Aquellas de pequeñas proporciones y una sola nave.
2. Iglesias para conventos de órdenes religiosas femeninas: Construcciones sencillas, formadas por una sola nave, ricamente decoradas en su parte interna.
3. Iglesias para conventos de órdenes religiosas masculinas: Las características de estas edificaciones estaba muy relacionada a la orden religiosa a la que perteneciera, siendo las más sencillas la de la orden de los franciscanos. Los dominicos y jesuitas construyeron edificaciones de una o tres naves.
4. Templos doctrineros: Edificados por los evangelizadores, generalmente de una nave como un espacio largo, cubierto con una estructura de en madera de par y nudillo.
5. Catedrales: Desarrolladas y diseñadas con mayor monumentalidad tanto por su tamaño, sus formas constructivas y su estética.

2. CUATRO IGLESIAS BOGOTANAS DEL SIGLO XVII

En Bogotá, en el centro histórico se encuentran cuatro iglesias (figura 1) que contribuyeron a este proceso de adoctrinamiento y que corresponden a los grupos 2 y 3. Son construcciones desarrolladas entre 1610 y 1654. Originalmente, la iglesia de la Candelaria (Ojeda, 2001) pertenecía a un hospicio de la comunidad de los Agustinos descalzos; la iglesia de San Juan de Dios (Vallin y Vargas, 2004) formaba parte del hospital de la comunidad del mismo nombre; Santa Clara (Franco, 1987) era parte del convento femenino de las Clarisas y San Ignacio era el templo de la Compañía de Jesús en Bogotá (Rentería, 2001).

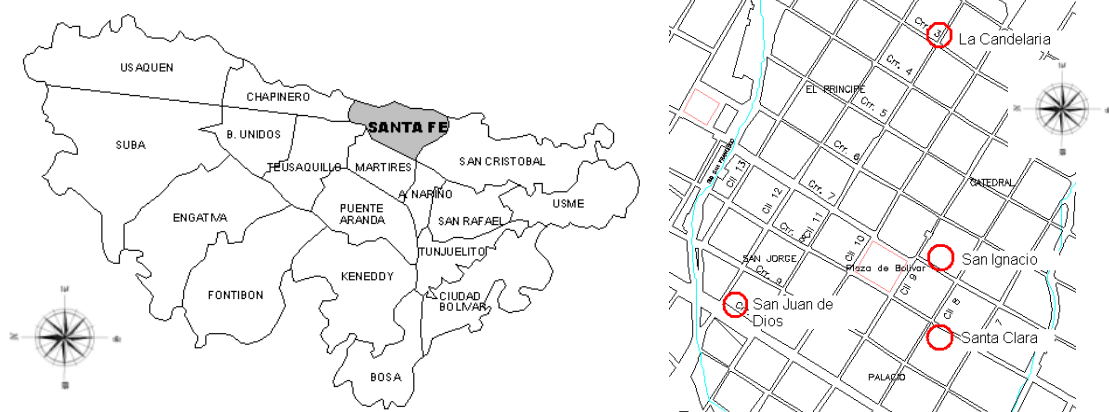
La Iglesia de la Candelaria se encuentra ubicada en la calle 11 con carrera 3. Tuvo su origen como iglesia parroquial, integrada al claustro o convento de los Agustinos Recoletos, donde hoy funciona el Colegio Agustiniense de San Nicolás (Corporación la Candelaria, 2005). Espacialmente está formada por una nave central y dos laterales. La fachada es simétrica flanqueada por dos torres; la puerta de acceso está formada por un portal enmarcado en doble columna a cada lado que sirve de soporte al frontón conformando un volumen vertical; las torres poseen cuatro cuerpos horizontales divididos por cornisas, el remate de las torres tienen forma de cúpula y allí se encuentran las campanas.

La iglesia de San Juan de Dios, localizada en la actual calle 12 con carrera 9, es una iglesia de tres naves, con arcos de medio punto por los cuales se llega a las capillas laterales y comunicadas entre sí (Escovar, 2004). La iglesia original tuvo una torre que fue destruida en el terremoto de 1743. En el incendio de 1967 la estructura de cubierta fue parcialmente destruida perdiéndose adicionalmente el retablo principal y parte de la colección pictórica. De su construcción colonial conserva el coro, el arco toral, el pulpito y el cielo raso falso de madera en forma de bóveda de cañón. Esta es tallada en su intradós, policromada, decorada con motivos circulares y hexagonales con círculos más pequeños en los espacios intermedios. Estos motivos son mudéjares, de diseño de la Escuela de Santa Inés, de acuerdo a lo descrito por Vallin Magaña y Vargas Murcia (2004).

La fachada principal, es sencilla con una portada en piedra sobre la cual hay una ventana rectangular, la cual es rematada por un arco de medio punto, posee la torre sobre el costado oriental. La fachada por la carrera, es actualmente una sola pared; que estuvo reforzada hasta 1894 por machones que disminuían la amplitud de la calle, por lo cual fueron retirados y reforzado el edificio en su parte inferior.

La iglesia museo de Santa Clara, en su génesis formaba parte del convento de las Clarisas localizado en la actual calle 9 con carrera 8 (Franco, 1987). La edificación es de una sola

nave con dos puertas de acceso, ubicadas en el muro lateral del costado oriental, como era costumbre en las iglesias pertenecientes a los conventos femeninos.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 1. Iglesias de análisis. a) Localización en Bogotá y dentro del centro Histórico. b) La candelaria. c) San Juan de Dios. d) San Ignacio. e) Santa Clara (Fuente: Arquidiócesis de Bogotá, 2009)

La nave y el presbiterio se cierran con bóvedas encamionadas de medio punto, que arrancan desde una ménsula volada en ambos espacios, siendo más alta la del presbiterio. Su iluminación se da a través de ocho lunetos, apoyados en la cornisa lateral que permiten el ingreso de la luz. El empalme entre el luneto y la bóveda tiene forma de lanza en la nave central y varía con una arista adicional en el presbiterio

El acceso principal está resaltado por una portada de piedra y ladrillo, con pilastras lisas que sostienen un arco de medio punto. Sobre éste se apoya el frontón partido flanqueado por pináculos y una hornacina donde se encontraba la imagen de Santa Clara, ya desaparecida. En la esquina entre la carrera 8ª y actual Calle 9 se encuentra la espadaña de tres cuerpos con sus campanas de forja.

La iglesia de San Ignacio, se encuentra localizada en la calle 10 con carrera 6. Su espacialidad obedece a las directrices establecidas para la totalidad de las construcciones jesuitas, en la primera congregación general de la Compañía de Jesús en 1558, luego perfeccionadas en la segunda congregación de 1565 (Del Rey y Marín, 2008).

La nave central está cubierta por una bóveda de cañón con lunetos que iluminan el espacio central, formada por seis secciones apoyadas en siete arcos fajones. En 1691 la iglesia sufre las primeras grietas en la cúpula desplomándose y arrastrando el tramo más cercano de la bóveda (Arbeláez y López, 1967).

Esta circunstancia llevó a que se reemplazara el tramo de la bóveda faltante en 1694, con un sistema constructivo en madera, distinto al empleado en el resto de la bóveda. Adicionalmente, la cúpula ha sido varias veces reconstruida y ha sufrido diversas intervenciones que han afectado el comportamiento de la bóveda de la nave central. Así mismo, ha producido desprendimientos en los elementos que forman el intradós y deformaciones a nivel estructural.

La fachada presenta una distribución clásica (Rentería, 2001) diferente a la que hasta la época se empleaba. Es simétrica, con dos torres de la cual sólo se construyó una. Su composición posee elementos horizontales formados por cornisas y perpendiculares a estos por pilares o columnas dobles que forman tres cuerpos. Entre las dos columnas hay tres nichos que no poseen imagen religiosa. Al costado occidental de la fachada se encuentra la torre, donde se encuentran las campanas. En el cuerpo central, se halla una puerta de madera de dos hojas con aldabas y botones en bronce, se remata este cuerpo con un frontón moldurado.

3. LAS BOVEDAS

Tradicionalmente, se entiende por bóveda a la estructura de perfil arqueado que se destina a cubrir espacios comprendidos entre muros o columnas paralelos (Huerta Fernández, 2004). Este elemento constructivo tiene cerca de veinte formas diferentes de desarrollo, sin embargo, la más utilizada en nuestro país es la bóveda de cañón.

La bóveda de cañón es la bóveda de sección semicircular que es generada por la prolongación de un arco de medio punto a lo largo de un eje longitudinal, formando media superficie cilíndrica.

En este tipo de bóvedas, el empuje se dirige hacia los muros que la sostienen, los cuales soportan empujes verticales y laterales. Para contrarrestar estas presiones se aumenta el grosor y peso de los muros; adicionalmente se construyen arcos de refuerzo, llamados arcos fajones que se apoyan en los muros o pilares, reforzados en el exterior con machones o contrafuertes

3.1 Bóvedas de madera

Las bóvedas de cañón en madera son aquellas que mantienen su obra de fábrica arqueada, formando un techo o cubierta en este material (Pérez Calvo, 1979). Los normandos, en el norte de Francia, de acuerdo a los registros históricos fueron los primeros en desarrollar bóvedas de madera (Peraza, 2005). Su experiencia en la construcción de barcos les permitió trabajar las bóvedas como una quilla invertida. Ejemplos de esta técnica se encuentra en varias iglesias del siglo XII como la Iglesia de Todos los Santos de East Meon (1150), la del priorato de Hampshire (1100); la Abadía de Romsey (1120) y la Iglesia de San Nicolás en Haxey (Lincolnshire).

En el resto de Europa, las primeras referencias se encuentra en 1567, con el tratado Francés de Philibert de L'Orme quien propuso una forma de cubrir espacios con bóvedas y cúpulas a partir de piezas cortas y delgadas de madera traslapadas formando un arco¹. Estas se unían mediante un espigo que atravesaba las piezas y se sujetaban con clavijas de madera. Sin embargo, para 1600, Sebastiano Serlio en su tratado "Los siete libros de la arquitectura", documenta la construcción de bóvedas proponiendo su empleo en pérgolas y cubiertas de dimensiones pequeñas. Sin embargo, a partir del Concilio de Trento (1545-1563) se empezaron a emplear para cubrir las naves en las iglesias.

En España, en el siglo XVII, son cuatro los tratadistas de la carpintería de lo Blanco que establecen la forma de construir las bóvedas: el alarife Diego López de Arenas, el fraile Agustino Andrés de San Miguel y el maestro Rodrigo Álvarez. El primero en su libro de Carpintería de lo Blanco, explica la construcción de una bóveda de cañón y una media naranja en madera (Nuere, 2001) sobre el segundo se sabe que era matemático, geógrafo, hidrógrafo y astrónomo, pero sobresalía como arquitecto el cual desarrolló bóvedas en madera en Méjico en Tochimilco en la región de Puebla y el Templo y ex convento del Carmen en el Distrito Federal. Sobre el tercero, no se tiene referencias sobre el trabajo desarrollado; y el cuarto tratado, es el realizado por Fray Lorenzo de San Nicolás, el cual relata el uso de esta técnica por parte de la comunidad jesuita en Madrid (San Nicolás, 1632).

Por otra parte, se tiene referencia que la comunidad de los Agustinos Descalzos cubrió tres edificaciones con el mismo sistema. La primera, fue la Capilla del Desamparo de Cristo en el Convento de los Agustinos descalzos de Madrid; la segunda, en la Ermita de Nuestra Señora del Prado en Talavera y la tercera en el Convento de los Agustinos Descalzos en Salamanca.

Además de las bóvedas mencionadas Hurtado Valdez (2006) cita que se han encontrado otras bóvedas con este sistema constructivo como la capilla de los Caracciolos en Alcalá de Henares y la Iglesia Parroquial de Torrija en Guadalajara en el área de Castilla.

La mayoría de estas bóvedas fueron construidas de manera que no eran autoportantes sino que se hallaban suspendidas de la cubierta mediante tirantes. En la capilla de los Caracciolos, la curvatura se formó mediante camones clavados entre sí y sujetos a una viga superior. En el intradós se colocaron tablas unidas con clavos a los camones.

En Latinoamérica, se tiene referencia del uso de este sistema constructivo en diferentes iglesias. En Brasil, el Colegio de los Jesuitas (Segre, 2009) (hoy Catedral de Bahia) y el convento de San Francisco, de la misma ciudad. En ellas la iglesia era de una sola nave, los techos con bóvedas en madera y piedra en muros, arcos, portadas y molduras.

En Ecuador en la iglesia de San Francisco en Quito (Navarro, 2009) y en la Catedral Metropolitana de Santa Cruz de la Sierra en Bolivia se encuentran bóvedas en la nave transversal y nave central. En el altar mayor se exhibe parte del recubrimiento original en plata labrada y cuatro relieves escultóricos que provienen de la misión jesuita de moxos.

En Colombia, inicialmente, las iglesias se cubrían con una estructura triangular, llamada de par y nudillo, en madera rolliza o escuadrada sobre la que se colocaba un entramado en cañas amarrado con cuero o cuan (fibra vegetal), sobre ella una capa de barro con cubierta en paja o teja de barro. Una forma evolucionada de acabado interno de estas edificaciones se dio con la construcción de bóvedas que cubrían la nave central, construidas con piedra o madera.

En Bogotá, en el centro histórico se han referenciado ocho bóvedas construidas en madera (tabla 1).

Tabla 1. Iglesias que tienen bóvedas en madera en el centro histórico de Bogotá

IGLESIA	ORDEN
Iglesia de Santa Clara	Clarisas
Iglesia de La Concepción	Capuchinos
Santuario Nuestra Señora del Carmen	Salesianos
San Agustín	Agustinos
La Candelaria	Agustinos Recoletos
San Ignacio	Jesuitas
Ermita de la Tercera	Franciscanos
San Juan de Dios	Orden hospitalaria de San Juan de Dios

Fuente: Autores, basado en Ramos (2004)

3.2. Bóvedas de bahareque

Tradicionalmente, dentro de la clasificación de madera se han incluido las bóvedas construidas en bahareque (Corradine, 1989). Aunque es un componente del sistema, el proceso constructivo, distribución de los elementos y materiales empleados son diferentes como se mostrará en el análisis constructivo de los sistemas en 3.3.

El bahareque es un sistema constructivo de origen prehispánico (Arango, 1993) mezcla de madera, cañas y tierra que se usa particularmente en muros y cerramientos. Los amarres de las piezas se hacen con cuero o fibras vegetales. En Latinoamérica tiene diferentes denominaciones como bahareque en Colombia y Venezuela; bajareque en Cuba, Guatemala y Honduras; quinchá en Perú, Bolivia, Ecuador y Chile y fajina en Uruguay².

El uso de este sistema en las bóvedas, se estableció cuando al estar instalados los españoles en nuestro continente observaron que en América las construcciones se veían afectadas por fenómenos sísmicos que alteraban su estructura, siendo destruidas parcial o totalmente (Instituto Eduardo Torroja, 1986). Esto obligó a replantear el diseño importado y a los constructores a emplear refuerzos, contrafuertes y diversos elementos en busca de una mayor estabilidad de las construcciones.

Adicionalmente, los ibéricos observaron que el sistema constructivo de bahareque empleado por los indígenas estaba mejor preparado para resistir los fenómenos sísmicos; por lo cual, empezaron a implementar su empleo en las construcciones, combinando la madera escuadrada con cañas y fibras vegetales más flexibles, no sólo en muros y cerramientos, como era tradicional en las edificaciones indígenas, sino para cubrir grandes luces como las bóvedas. La construcción de estas bóvedas debió representar un reto para los constructores, ya que de las formas de empleo del sistema las que presentan mayor complejidad de construcción y análisis son las bóvedas y cúpulas; por ser formado como una sucesión de arcos cuyo aspecto crítico para la estabilidad es la rigidez de los apoyos y la exigencia de cubrir luces mayores de 9 metros.

Sobre la construcción de bóvedas en bahareque, en Latinoamérica se tiene registro en Perú y Argentina. Para el siglo XVII se tiene referencia de su uso en la Catedral de Cuzco inicialmente hecha en piedra, que se derrumbó durante el terremoto de 1609, fue entonces reconstruida y nuevamente colapsó con el terremoto de 1687. Luego de estos dos derrumbes se utilizó la mezcla de madera y bahareque para su reconstrucción (Hurtado, 2006).

Luego, Fray Diego Maroto la empleó en 1666 para la bóveda de la iglesia de Santo Domingo de Lima. Una vez, el sistema probó su buen comportamiento sísmico, se afianzó la técnica en el siglo XVII. Por ello, en 1675, Manuel de Escobar y el arquitecto portugués Constantino de Vasconcellos reconstruyeron la iglesia de San Francisco con el mismo sistema, perfeccionando la técnica de Maroto. Después del terremoto de 1746, este sistema constructivo se generalizó en todo el país hasta convertirse en norma obligatoria. Su desarrollo era de dos clases: 1) En el primer sistema, las bóvedas estaban colgadas de elementos que formaban la armadura de cubierta; 2) En el segundo, el sistema era autoportante, conformado por arcos que se sostenían en conjunto.

En Argentina, se encuentra como ejemplo del uso del bahareque en bóvedas, la capilla doméstica de la iglesia de la Compañía de Jesús en Córdoba, edificada entre 1644 y 1668. (Conti, 1996; Anónimo, 2009). La bóveda está construida con cañas, yeso y amarres de cuero. El intradós se halla cubierto con pinturas naturales y sus paredes son talladas en el siglo XVII, durante el período del barroco americano (dossier de prensa de la UNC). Con este mismo sistema de bóveda se construyó la iglesia jesuítica de Santa Fe y la de Salta (Bimba, 2006).

En cuanto a las bóvedas en Bahareque, en Colombia, se han encontrado bóvedas con este sistema en el Valle del Cauca y Boyacá. En el Valle del Cauca, en la iglesia del Carmen y en la de San Francisco. La iglesia del Carmen de Popayán presenta amarres en cuero, en tanto que la de San Francisco está formada por camones y entramado en caña brava con una capa de barro (Archivo Dirección de patrimonio, 2008).

Adicionalmente, deben incluirse también las iglesias de San Ignacio en Tunja, la bóveda se desmontó entre 1969 y 1971 en la intervención de Acevedo Quintero, quien consideró que la bóveda y el crucero eran agregados con inferior calidad del resto de la edificación, razón por la cual, fueron retirados de la edificación (Ocampo, 2000).

3.3 Análisis de las bóvedas de las cuatro iglesias bogotanas del siglo XVII

3.3.1 Bóvedas de madera

Para la construcción de las bóvedas de madera en nuestro país, los ibéricos emplearon las mismas especificaciones usadas en España, de acuerdo a los cánones establecidos en los tratados de arquitectura en el siglo XVII.

Las iglesias de San Juan de Dios, Santa Clara poseen bóvedas de cañón en madera en su nave central y la iglesia de La Candelaria tiene una bóveda vaída, cuyo arco generador es un arco rebajado. En cuanto a San Ignacio la nave central posee una bóveda formada por seis tramos uno de los cuales es construido en madera.

Las bóvedas se edificaban mediante arcos, compuestos por pequeñas piezas (camones) que se ensamblaban hasta obtener la curvatura, con el espesor hacia el trasdós de manera que le permitía obtener una mayor resistencia en la parte transversal al arco. Las uniones se hacían con clavos de forja.

Las bóvedas ubicadas a lo largo de la nave central se apoyaban en las ménsulas de los muros de mampostería perimetrales. Estas bóvedas cubrían luces de 10 m a 16 m de ancho y 30 m a 40 m de longitud.

a) Estructura

La estructura portante estaba formada por costillares constituidos por la unión de piezas de madera (camones) de escuadría o escuadrada³ de mejor manufactura. Las uniones están realizadas con clavos.

Entablero: El intradós o cara interna de la bóveda se formaba con planchones de madera de 0,015 m x 0,025 m aproximadamente, colocados en forma perpendicular al costillar, formando la curvatura. Este entablero se encontraba clavado al costillar con clavos de forja

Los lunetos o ventanas que iluminan la nave se formaban igualmente con planchones.

La bóveda estaba unida a la cubierta por medio de cuan que iba desde los camones hasta las vigas de cubierta, o colgadas de estas mediante tensores de madera fijados con clavos de forja

b) Acabado

El entablero en el intradós tenía como recubrimiento pintura y elementos de yeso o madera, con motivos florales o poliformes clavados directamente al entablero.

3.3.2 Bóvedas de bahareque

La bóveda central de la iglesia de San Ignacio (figura 2), en el tramo uno a cinco corresponde al sistema constructivo de bahareque. La bóveda tiene 11,0 m de ancho y 28,43 m de longitud. La bóveda está formada por seis tramos y siete arcos fajones, que tienen de ancho de 5,0 m a 6,0 m, con excepción del tramo dos, donde la separación entre éstos es de 1,70 m.

Los tramos uno a cinco son los más antiguos y el seis por el colapso de la cúpula es de madera y manufactura distinta. Ellos están formados por los siguientes elementos: costillares, camones, tensores⁴, chusque⁵, cuan⁶, y una argamasa de barro y cal que sirve de unión a todos los elementos como lo muestra la figura 3.

a) Sistema constructivo

La estructura está formada por:

- a) Siete arcos formeros en ladrillo que tienen la parte superior dentada
- b) Se colocan piezas (durmientes) de madera de 0,05 m de ancho por 0,025 m de espesor que van de arco a arco y se apoyan en el dentado de los arcos de mampostería (pieza

- A). Estos elementos sirven para rigidizar, sostener los costillares y adicionalmente, cumplen una función estructural, ya que evitan su desplazamiento.
- c) Se arman los costillares con camones de 0,025 m a 0,030 m de altura, una longitud de 2,10 m a 2,50 m y traslapos aproximados de 0,045 m (pieza B). A los camones se les dejan pases o huecos por donde se pasa la pieza que va apoyada en la parte dentada (pieza A). Los costillares tienen una distancia entre sí de 1,00 m a 1,10 m.
 - d) Se forman manojos de 8 chusques⁷, amarrados con cuan⁸. La longitud del manajo es de 6,10 m a 6,30 m, con traslapo entre manojos de 1,10 m a 1,30 m.
 - e) Se amarra a la pieza A la primera capa de manojos de chusque, trenzándolos (pasan por encima o por debajo de la pieza A) dejando un espacio de 0,04 m a 0,06 m aproximadamente (pieza C).
 - f) A la pieza C, se amarra en sentido perpendicular el cañizo formado por chusque amarrado con cuan uno junto al otro. Este cañizo distribuye los esfuerzos hasta la base de apoyo en las ménsulas.
 - g) Se coloca sobre el cañizo una lechada de argamasa (tierra-cal) que forma en el intradós de la bóveda una capa rugosa.
 - h) Por el trasdós, y sobre la pieza A, se coloca y amarra con cuan la segunda capa de manojos de chusque (pieza D). Este debe ir traslapado al manajo de abajo, en distancias similares.
 - i) Paralelo al manajo o pieza D, se coloca un cañizo formado con chusque (pieza E).
 - j) Sobre esta pieza se coloca una argamasa que es una mezcla de tierra y cal que cubre y protege todas las piezas que se encuentran en el trasdós.
 - k) Para sostener toda esta estructura existen unos tensores, que se colocan para sostener los camones en el momento de su construcción, y van desde los camones hasta las correas o vigas. En principio, y a la luz de los análisis realizados estos tensores no tienen una gran responsabilidad estructural para las cargas de trabajo

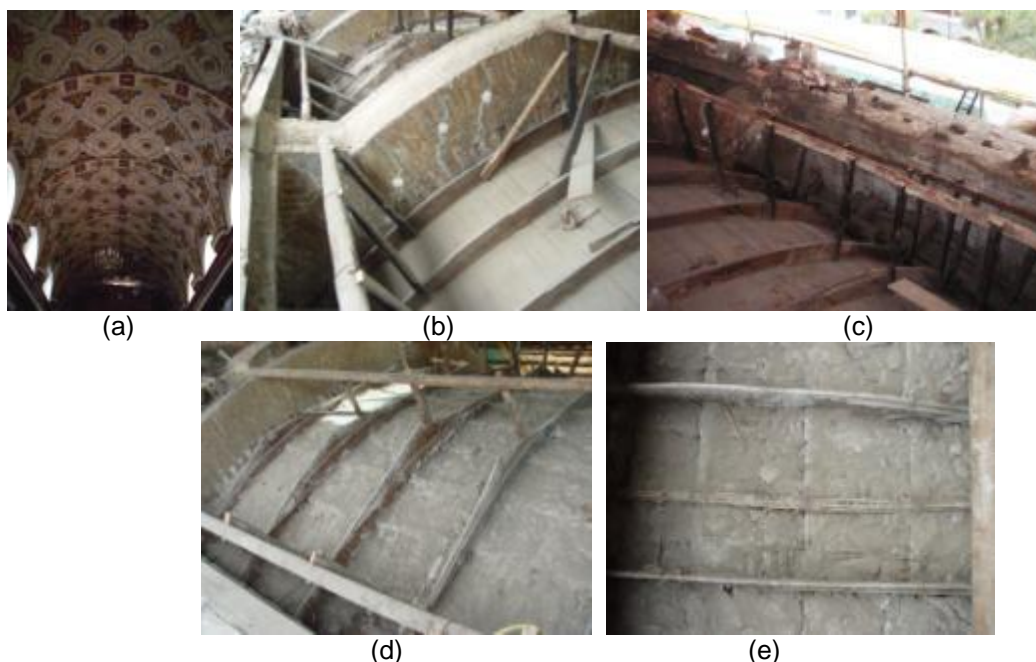


Figura 2. Iglesia de San Ignacio: (a) Imagen del intradós de la bóveda; (b) y (c) Imágenes del extradós de la bóveda; (d) y (e) Imágenes de la bóveda de bahareque
Fuente: Instituto Carlos Arbeláez Camacho (2006) y autores

b) Acabado

En el intradós sobre la superficie rugosa formada por la lechada se colocaba un lienzo y sobre él se aplicaba el pañete de acabado con yeso. Finalmente, se ubicaban las piezas y ornamentos de madera que tienen un pin o pata de anclaje, que se amarra al trasdós de la bóveda.

c) Elementos del tramo 6

El tramo 6, tiene una estructura similar a las bóvedas encontradas en las iglesias mencionadas en la Tabla 1, y estructuralmente conformadas por un costillar.

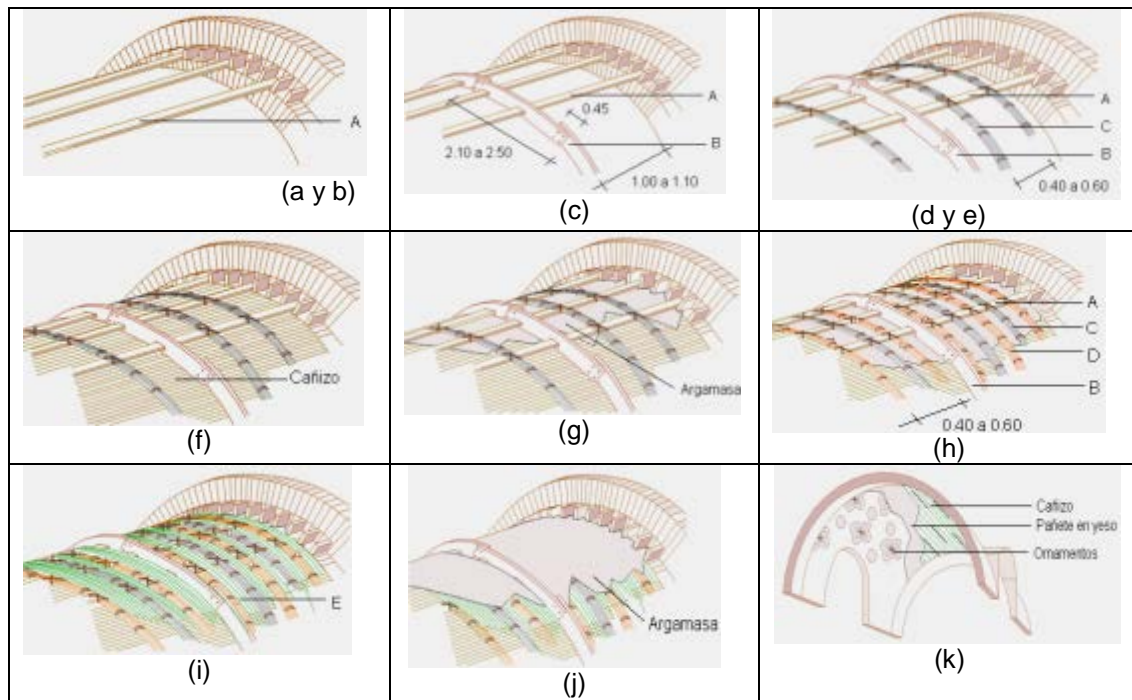


Figura 3. (a – k) Proceso constructivo de la bóveda en bahareque (k) Acabado del intradós de la bóveda de la iglesia de San Ignacio. Fuente: Autores

3.3.3 Uniones entre los elementos de las bóvedas

En estas bóvedas se encontraron dos tipos de uniones: amarradas y clavadas.

a) Uniones amarradas

Estas uniones se encontraron en la iglesia de San Ignacio en los tramos uno a cinco y se emplearon para unir los manojos de chusque que forman la curvatura de la bóveda; así como para unir los elementos de madera rolliza entre sí. Estas uniones están hechas en cuan, fibra vegetal que se encuentra en los alrededores de las zonas pantanosas. El cuan se trenza, formando cordones que sirven para las uniones.

b) Uniones clavadas

Este tipo de uniones se encontraron en el tramo intervenido (Tramo 6) de la iglesia de San Ignacio y en las iglesias restantes. Para realizar ésta unión se emplearon clavos de forja.

3.3.4 Manifestaciones patológicas encontradas

La inspección de las bóvedas mostró que presentan ataque biológico (polillas, termitas, hongos, comején, gorgojo), causando deterioro y destrucción de la madera. Otra característica de estas estructuras es que las uniones se encuentran en mal estado, especialmente los elementos que deben soportar tensiones. Estructuralmente algunos puntos presentan cizallamiento en sus elementos, lo que indica falla por tensión o torsión. Algunas secciones de estas estructuras han tenido que ser reemplazadas debido a estos factores (figura 4).

En la iglesia de San Ignacio la bóveda muestran que el tramo más afectado por ataque biológico es el seis. Este tramo es el de manufactura más reciente y donde se emplearon maderas de origen distinto al del resto de la bóveda. En cuanto los tramos de uno a cinco (bahareque) se encuentran en mejor estado ya que la protección de argamasa sobre las cañas y el cuan han mantenido protegido los elementos de ataque biológico. Sin embargo,

presenta deterioro en las uniones quizás debido a esfuerzos de tensión que han producido que se revienten las uniones.

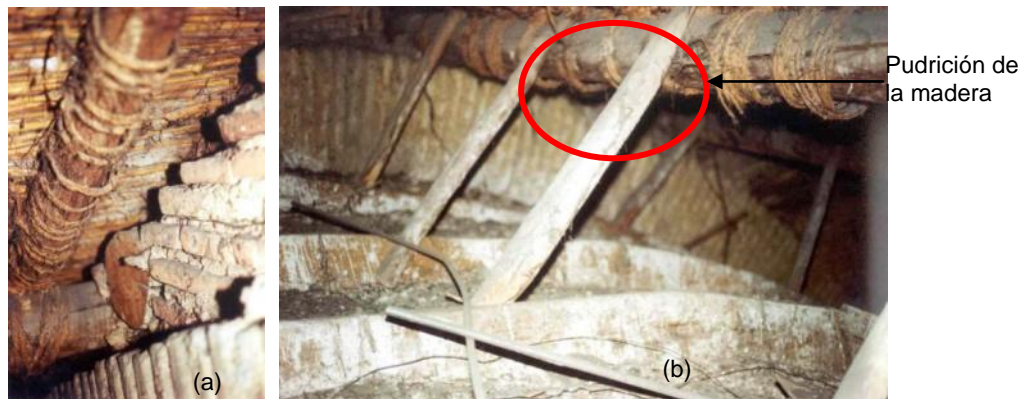


Figura 4. (a) deterioro de los amarres, (b) pudrición de las vigas. Fuente: Instituto Carlos Arbeláez Camacho, 2006

3.3.5 Pruebas de laboratorio y análisis de esfuerzos

Con el fin de verificar el comportamiento estructural de las cuatro bóvedas, se desarrollaron modelos experimentales a escala semicualitativos de una sección transversal de la bóveda para el sistema constructivo de madera. El modelo fue cualitativo debido a la imposibilidad de obtener maderas con las características de deterioro (propiedades mecánicas y físicas) encontradas en la bóveda a escala real. Para ello se elaboraron modelos a escala 1:10 (figura 5a).

El objetivo de las pruebas fue establecer los patrones de falla y comportamiento estructural ante cargas verticales y de esta manera determinar zonas de concentraciones de esfuerzo, bien sea en la zona central de las bóvedas (en la clave) o en la zona de los lunetos. De acuerdo con la configuración estructural encontrada en campo, se simuló la condición estructural mediante modelos simplemente apoyados y sometidos a carga en el centro de la clave (figura 5b), siendo ésta una condición mucho más crítica que la real, en la que se distribuye la carga uniformemente a lo largo y ancho de la bóveda.

Los modelos se probaron mediante un actuador MTS (que reacciona contra un marco de acero) y para ello se instrumentaron con una celda de carga, un deformímetro tipo LVDT en la clave y cuatro deformímetros mecánicos, ubicados a los costados de las probetas (figura 5c). A los modelos a escala se les aplicó una carga monotónica incremental hasta llegar al colapso estructural de las probetas. El ensayo se realizó por control de desplazamiento a una tasa de carga de 1 mm/s.

De esta manera se generaron patrones de falla en el centro de las bóvedas (clave) como los ilustrados en la figura 5d y 5e. También se presentaron desprendimientos de la zona de los lunetos (figura 5f) pero posteriores al inicio de las fisuras y grietas en la clave de las bóvedas.

Con base en la instrumentación y las pruebas realizadas, en la figura 5g se presentan los resultados de carga vs. desplazamiento vertical (como porcentaje del diámetro de la bóveda). A la luz de estos resultados la carga máxima resistente y la rigidez inicial fue similar para ambas bóvedas ensayadas. Así mismo ambas bóvedas exhiben un rango no lineal de comportamiento, con capacidad de ductilidad al desplazamiento pero con caídas de carga originadas en las rupturas sucesivas al interior de las maderas.

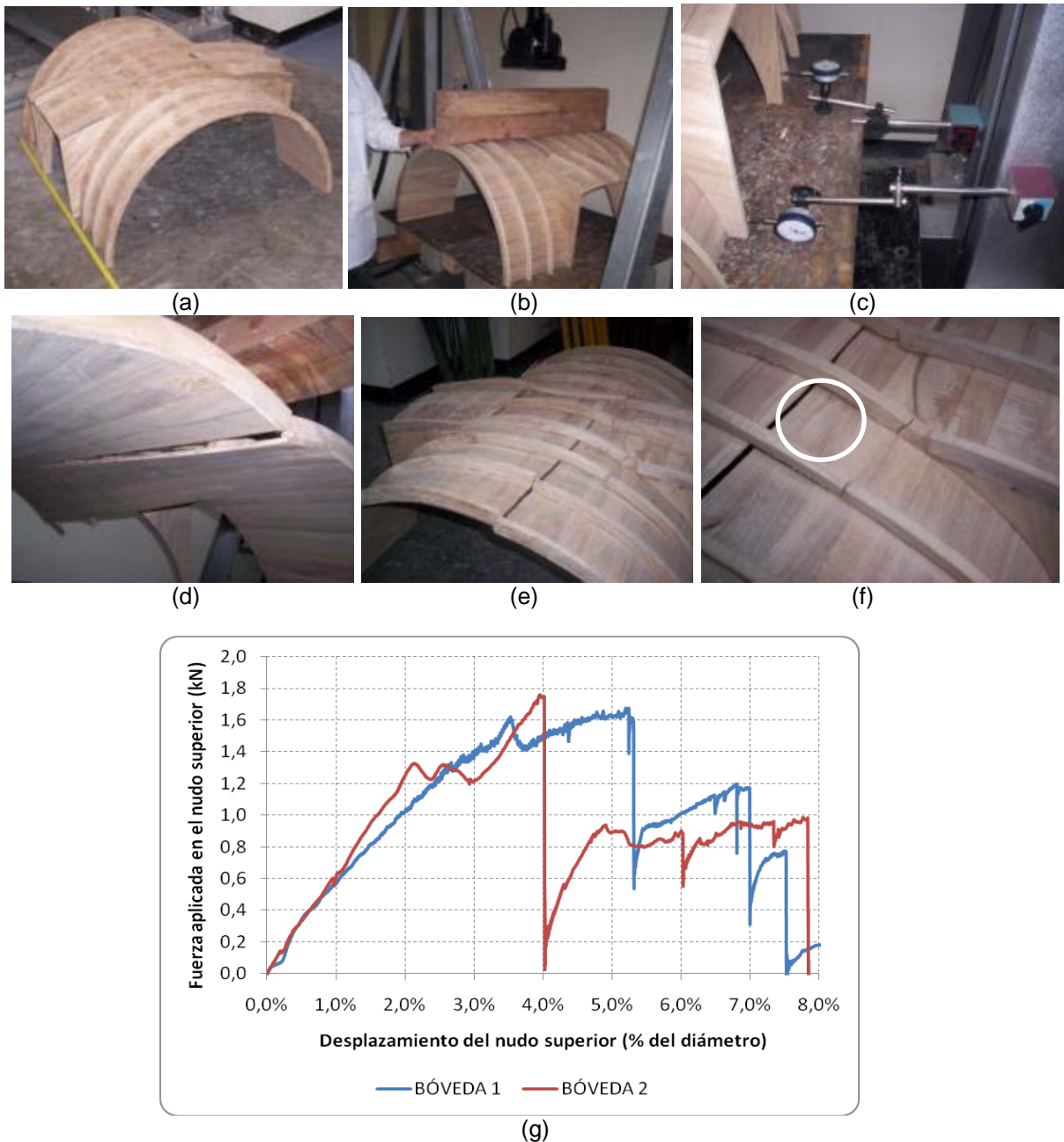


Figura 5. (a) Modelo a escala de secciones de la bóveda, (b) Disposición geométrica y de aplicación de carga de los modelos a escala de secciones de la bóveda, (c) Deformímetros mecánicos laterales. Patrones de falla:(d) Bóveda 1, (e) Bóveda 2, (f) Fallas en la zona de los lunetos, (g) Curvas de carga vs. desplazamiento vertical. Fuente: Autores

Con el fin de corroborar estas zonas de concentración de esfuerzo, se elaboraron modelos numéricos por elementos finitos, tanto de los modelos a escala como de sus respectivos modelos reales. En la figura 6 se muestra un esquema que ilustra la distribución de los esfuerzos máximos en la bóveda (esfuerzos en kPa) cuando ésta se somete a las cargas establecidas durante las visitas técnicas de inspección. A la luz de estos resultados es claro que las zonas de máxima concentración coinciden con los lugares en donde se generaron las fallas en los modelos experimentales a escala y serían precisamente estas zonas las que deberían intervenir con reforzamientos estructurales.

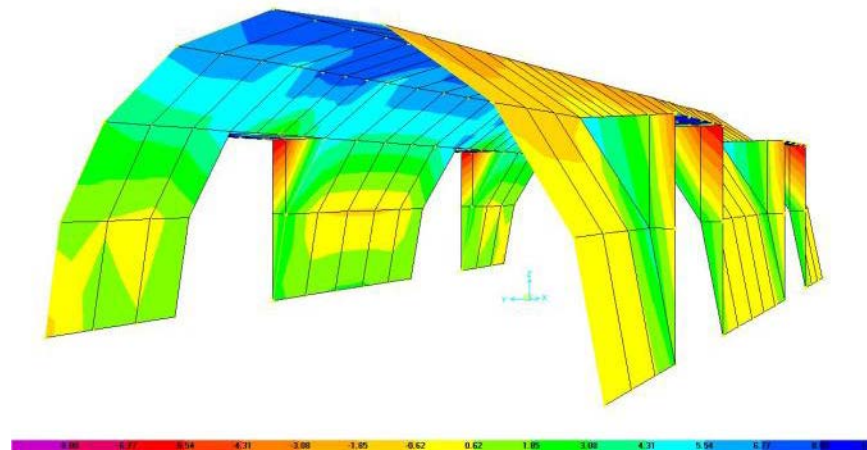


Figura 6. Esfuerzos para cargas de trabajo en kPa de las bóvedas de la Iglesia de San Ignacio
Fuente: Autores

4. CONSIDERACIONES FINALES

Una forma particular de acabado interno de las iglesias se dio mediante la construcción de bóvedas en madera y bahareque en diferentes regiones de nuestro territorio. Los dos tienen componentes constructivos y comportamientos estructurales diferentes.

Las iglesias de La Candelaria, San Juan de Dios y Santa Clara poseen un sistema constructivo de bóvedas en madera, que responden a los cánones establecidos por España para estas construcciones. Originalmente las bóvedas se construyeron en los mismos materiales pesados usados en España, pero debido a las condiciones sísmicas de América se usaron la madera y el bahareque como nuevos materiales de soporte.

En la iglesia de San Ignacio, y con base en las visitas de inspección y en la búsqueda bibliográfica e histórica, se encontraron dos sistemas constructivos, uno atípico de construcción y otro con características similares a los hallados en otras iglesias de Colombia y de Latinoamérica. Tal como ocurre en muchos monumentos históricos, algunos elementos estructurales en madera de la iglesia de San Ignacio presentan importantes estados de afectación (pudrición) debido a malas intervenciones realizadas en el pasado. Es prioritario intervenir dichos elementos.

Las bóvedas de bahareque por considerarse de inferior calidad han sido desmontadas desconociendo las propiedades estructurales que el sistema de bahareque posee. Lo que hace necesario, que quienes tienen a su cargo la intervención de este tipo de edificaciones analicen, en grupos interdisciplinarios de estudio, todas las variables constructivas de este sistema con el objeto de realizar restauraciones que se ajusten no sólo a los requerimientos estéticos, sino que tengan en cuenta las características estructurales.

Los resultados de las pruebas de laboratorio y de las modelaciones numéricas indican que se debe prestar especial atención a las zonas centrales de las bóvedas y, en segunda medida, a las zonas cercanas a los lunetos, ya que en estos lugares se generan importantes concentraciones de esfuerzos, por lo que deben ser objeto de intervenciones de refuerzo estructural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anónimo. Tomado de <http://www.dayanabarrionuevo.com/la-capilla-domestica-de-la-iglesia-de-la-compania-de-jesus-de-cordoba>. Consultado Abril de 2009

Arango, Silvia. (1990). *Historia de la arquitectura en Colombia*. Bogotá: Ed. Universidad Nacional.

- Arango, Teresa. (1993). *Precolombia*. Madrid, Talleres de sucesores de Rivadeneyra, S. A. Madrid.
- Arbeláez Camacho, Carlos; López, Sebastián. (1967). La Arquitectura Colonial. En: *Historia Extensa de Colombia*. Bogotá: Ed. Lerner.
- Archivo Dirección de Patrimonio (2008). Iglesia del Carmen-Popayán, Bogotá: Ministerio de Cultura
- Arquidiócesis de Bogotá. Tomado de www.arquibogotá.or.co/ y [www. Mincultura.gov.co](http://www.Mincultura.gov.co). Consultado en Junio de 2009
- Bimba, R. (2006) *Los jesuitas en Córdoba. Iglesia de la compañía e iglesia doméstica*. Argentina: Artículo del libro "La Revista". Sociedad argentina de escritores.
- Conti, R. (1996). *El desarrollo tecnológico de las bóvedas de madera en la experiencia de Lemer*. Madrid: Actas del primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción.
- Corporación La Candelaria (2005). *Huellas de la recolección: Agustinos Recoletos IV centenario*. Bogotá: Ed. Panamericana Formas e Impresos
- Corradine, Alberto (1989). *Historia de la arquitectura colombiana*, Volumen I. Bogotá: Ed. Escala.
- Del Rey Fajardo, José S.J y Marín Cortes, Myriam (2008). *La biblioteca colonial de la Universidad Javeriana comentada*. Bogotá: Fundación cultural javeriana de artes gráficas.
- Escovar Wilson-White, Alberto (2004). *Atlas histórico de Bogotá, 1538-1910*.
- Franco Salamanca, Germán (1987). *Templo de Santa Clara*. Trabajos preliminares. Bogotá: Colcultura.
- Galindo Diaz, Jorge Alberto (1996). *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares del siglo XVIII*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. Tesis doctoral.
- Gil Tovar, F. (1976). *Arte colombiano*. Madrid: Ed. Plaza y Janes.
- Huerta Fernández, S. (2004). *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Hurtado Valdez, P. (2006). *Estructuras abovedadas de Quincha en el Virreinato del Perú*. En: V Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra. Mendoza: INCIHUSA/CRICYT.
- Instituto Carlos Arbeláez Camacho para el patrimonio construido (2006). Restauración de la Iglesia de San Ignacio. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Instituto Eduardo Torroja (1986). Informes de la construcción- *La tierra material de construcción*. Vol.37, No. 377.
- Mendoza, Camilo. *Arquitectura religiosa urbana en Colombia durante la dominación española, una sinopsis*. Memoria y Sociedad. Versión electrónica en [www.javeriana.edu.co/.../Arqreligiosa%20colonia%20Colombia%20publicac%204%20jul%](http://www.javeriana.edu.co/.../Arqreligiosa%20colonia%20Colombia%20publicac%204%20jul%20).
- Navarro J. G. *Contribuciones a la historia del arte en el Ecuador*. Tomado de <http://books.google.com.co>. Consultado en Abril 2009.
- Nuere E. (2001). Nuevo tratado de la carpintería de lo blanco. Madrid: Ed. Munilla-Leira.
- Ocampo López, Javier. (2000) *El templo de San Ignacio en Tunja*. Secretaría de cultura y turismo de Boyacá.
- Ojeda, Max (2001). *Informes Restauración Iglesia de la Candelaria*. Archivo Dirección de patrimonio.

Peraza, J. E. (2005). *La arquitectura de madera de los normandos*. Boletín de información técnica No.238. Versión electrónica de la Asociación de la Investigación Técnica de las industrias de la madera y el corcho.

Pérez Calvo, C. E. (1979). *Diccionario ilustrado de arquitectura*. Editor Jorge Plazas.

Ramos, Luisa Carolina. (2004). Estudio preliminar de la bóveda de la nave central de la iglesia de San Ignacio en Bogotá. Tesis de Maestría.

Rentería Salazar, P. (2001). *Arquitectura en la Iglesia San Ignacio de Bogotá. Modelos influjos, artífices: Coluccini, arquitecto de la iglesia de San Ignacio Bogotá*. Bogotá: Editorial Ceja.

Salcedo Salcedo, J. (1983). *Doctrina de indios, conventos y templos doctrineros en el Nuevo Reino de Granada, durante el siglo XVI*. HITO. Revista de la asociación colombiana de facultades de arquitectura. ACFA. Bogotá, No. 1.

San Nicolás, Fray Lorenzo de (1632). *Arte y uso de la Arquitectura*. Madrid: Ed. Placido Vargas.

Segre R. *América latina en su arquitectura*. Tomado de <http://books.google.com.co>. Consultado en Abril 2009.

Serlio, S. (1600). *Los siete libros de la arquitectura*. Citado por Hurtado Valdez, P. (2006) Estructuras abovedadas de Quincha en el Virreinato del Perú. En: V Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra. Mendoza: INCIHUSA/CRICYT.

Vallin Magaña, Rodolfo; Vargas Murcia, Laura (2004). *Iglesia de San Juan de Dios*. Arquidiócesis de Bogotá.

NOTAS

- (1) Este sistema ya era empleado para la época, en la construcción de barcos. Mediante elementos de madera traslapados, llamados cuernas, con los que se formaba la curvatura de las embarcaciones.
- (2) Es de aclarar que el término fajina se emplea en Colombia como un sistema de construcción de tierra, pero de empleo en construcciones militares de acuerdo a los cánones establecidos para las construcciones militares de ultramar (Galindo Diaz, 1996).
- (3) La madera escuadrada es aquella cortada con sierra con dos caras paralelas.
- (4) Elementos de madera que unen los costillares con las vigas de cubierta.
- (5) Caña delgada que forma la curvatura de la bóveda en los tramos más antiguos.
- (6) Fibra de origen vegetal que sirve de amarre.
- (7) Caña delgada de la familia del Bambú.
- (8) Fibra vegetal que se obtiene en los lagos. Se teje formando cordones y trenzas con los que se amarra.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración de las siguientes unidades académicas:

- Vicerrectoría Académica de la Pontificia Universidad Javeriana por la financiación del proyecto "Análisis de bóvedas hechas en madera en templos coloniales bogotanos"
- Laboratorio de Pruebas y Ensayos del Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana.

AUTORES

Cecilia López Pérez. Arquitecta restauradora (PUJ 2000), Docente del Departamento de Arquitectura, Investigadora principal del grupo GRIME- Grupo de investigación y materiales- de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá.

Daniel Ruíz. Ingeniero civil y M.Sc., Jefe del laboratorio de pruebas y ensayos. Profesor asociado e investigador del grupo de Estructuras del Departamento de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana- Bogotá



DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE COMPACTAÇÃO PARA SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Maxiliano Perdigão dos Santos¹, Maria Teresa Paulino Aguilar², Sílvio Martins Almeida³

Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, UFMG, Rua Espírito Santo, 35 – Centro, Belo Horizonte, MG
CEP: 30160-030, (31) 3409-1852,

(1) maxperdigao@gmail.com; (2) teresa@ufmg.br; (3) simaal@gmail.com

Palavras-chave: Resíduos, madeira, construção civil, solo-cimento, compactação

Resumo

Levando em consideração o conceito de aproveitamento dos resíduos provenientes dos meios de produção em sua fonte de origem, esse trabalho tem como objetivo analisar, do ponto de vista da compactação do solo, a influência da adição do resíduo de madeira proveniente da construção civil (RMCC) à mistura de solo-cimento. Para realização do trabalho foi utilizado solo proveniente do campus Pampulha da UFMG e resíduos de madeira de construção provenientes de uma estação de transbordo e triagem de resíduos de construção civil. Após a caracterização do solo e do RMCC, foram realizados dois tipos de ensaios de compactação para o solo-cimento. Um pelo método Proctor Normal (PN) e outro utilizando uma máquina universal de ensaios (MUE), Instron 5582, com molde de dimensões: 100x50mm. Os resultados obtidos no ensaio PN foram utilizados para calibrar a MUE para realização dos ensaios de compactação do solo-cimento-RMCC com teores de resíduo de 1,5%, 3%, 5% e 6,5% em relação à massa aparente seca do solo. Os ensaios pelo método PN e com a MUE para o solo-cimento apresentaram resultados semelhantes, para o teor de umidade ótimo e massa específica aparente seca máxima. O acréscimo de RMCC ao solo-cimento resultou na queda gradativa da massa específica aparente seca máxima, algo esperado devido a densidade mais baixa da madeira em relação ao solo. Com relação ao teor de umidade ótimo, houve uma tendência de aumento na medida em que se acrescenta o RMCC à mistura, pois a madeira torna a mistura mais plástica. Os resultados obtidos mostraram a importância do estabelecimento dos parâmetros de compactação para cada teor de RMCC acrescentado ao solo-cimento e confirmam que não é possível usar os dados obtidos da curva de compactação do solo-cimento quando são adicionados novos materiais à mistura.

1. INTRODUÇÃO

A atual preocupação com o meio ambiente tem levado as pessoas a questionar seu modo de vida e um dos reflexos dessa preocupação pode ser visto no desenvolvimento de novas tecnologias e materiais. Nesse contexto, o solo, usado a milhares de anos pelo homem como material de construção, vem retomando sua vocação construtiva e demonstrado seu potencial para associação a materiais provenientes de novas fontes como os resíduos.

A associação do solo-cimento ao resíduo de madeira é algo incipiente, principalmente quando se trata do resíduo especificamente proveniente da construção civil. Silva (2005) desenvolveu tijolos de solo-cimento com a adição de serragem de madeira. O resíduo de madeira utilizado foi extraído de peças de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*, utilizados nas proporções de 0,5%, 1%, 2% e 3% da massa total de solo-cimento. Os procedimentos apresentados pela autora seguiram os adotados na confecção de materiais a base de solo-cimento. Além dos materiais citados, Silva (2005) utilizou o cimento Portland de alto forno tipo CPIII-32-RS e água destilada para os ensaios de laboratório. A caracterização do resíduo de madeira foi feita através do peneiramento da serragem, utilizando-se o resíduo retido entre as peneiras # 4 (4,75 mm) e # 10 (2,0 mm).

Silva (2005) utilizou para confecção dos corpos-de-prova (CPs), molde com dimensões de 50x100 mm. Segundo a autora, foram feitos testes com moldes com dimensões de 35 mm x

87,5 mm, segundo a norma americana ASTM D 2166-91, e com as dimensões 100 mm x 127 mm, segundo a NBR 12024-92. A autora relata que a relação de dimensões do molde de 100 mm x 127 mm era diferente das dimensões dos outros dois moldes utilizados, não sendo possível estabelecer uma relação comparativa entre os moldes. Dessa forma, em uma segunda análise, a comparação entre os corpos-de-prova com dimensões de 50 mm x 100 mm e 35 mm x 87,5 mm, através dos ensaios de compressão realizados, mostraram-se compatíveis, optando-se então pelos moldes de 50 mm x 100 mm.

Segundo Silva (2005), a quantidade de água acrescentada à mistura solo-cimento-resíduos foi a obtida no ensaio de compactação Proctor normal para mistura solo-cimento, onde o teor de umidade ótimo foi o parâmetro de dosagem para as demais misturas, às quais foram acrescentado o resíduo de madeira. A percentagem de cimento utilizada foi 10% em relação à massa de solo seco para o solo-cimento, e em relação à soma do solo seco e da massa de resíduo para o solo-cimento-resíduo de madeira. A percentagem de resíduo foi determinada em relação à massa de solo seco.

Os corpos-de-prova foram moldados seguindo os parâmetros obtidos na compactação Proctor normal para solo-cimento, massa específica aparente seca e teor de umidade ótimo, mantendo-se as dosagens definidas e alterando apenas a quantidade de solo que reduziu proporcionalmente ao acréscimo de resíduo de madeira. Segundo Silva (2005), esse procedimento garante que a relação em massa entre o cimento e o solo mais resíduos seja sempre a mesma para uma dada porcentagem de cimento.

Para moldagem dos corpos-de-prova de 50 mm x 100 mm, Silva (2005) utilizou um moldador instrumentado com célula de carga e transdutor de deslocamentos, aplicando uma pressão de 2 MPa que, segundo a autora, é a pressão normalmente utilizada em máquinas para prensagem de solo-cimento disponíveis no mercado e, com a qual, foi possível obter a densidade desejada durante a moldagem dos CPs.

Partindo do entendimento de que o resíduo de madeira é uma fibra vegetal, nesse trabalho será apresentado os parâmetros de compactação utilizados para confecção de corpos-de-prova de solo-cimento com adição de resíduo de madeira proveniente da construção civil (RMCC). Os dados coletados são parte de uma dissertação de mestrado (Santos, 2009) cuja proposta foi investigar o solo-cimento-RMCC.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados no trabalho foram o solo (denominado solo UFMG), o resíduo de madeira proveniente da construção civil (RMCC), o cimento e a água. O solo utilizado foi coletado durante a terraplenagem de uma obra do Parque Tecnológico da UFMG localizado em Belo Horizonte, MG. O RMCC foi coletado em uma unidade de transbordo, triagem, processamento e comercialização de resíduos da construção civil. Foi utilizado o cimento CII E 32, da marca Holcim, comumente encontrado em lojas de material de construção em Belo Horizonte e a água proveniente do sistema de abastecimento de Belo Horizonte. A caracterização do cimento e da água não foram objeto de estudo deste trabalho.

2.1 Caracterização dos materiais

Para caracterização do solo foram utilizados os seguintes ensaios: teor de umidade (DNER-MR 213/94), difratometria por raios-X, análise granulométrica (NBR 7181, 1984), limite de plasticidade (NBR 7180, 1984), limite de liquidez (NBR 6459, 1984), massa específica (NBR 6508, 1984) e ensaio de compactação (NBR 7182, 1986).

O resíduo de madeira proveniente da construção civil foi caracterizado quanto ao teor de umidade, análise dimensional e granulométrica. O teor de umidade do RMCC foi determinado adaptando-se o procedimento para solo descrito na norma DNER-ME 213/94. A análise dimensional foi realizada utilizando-se uma folha quadriculada com uma malha de 20 mm x 20 mm, onde o material foi espalhado para que se pudesse avaliar

qualitativamente o tamanho dos cavacos, pois o RMCC é um material bastante heterogêneo.

A classificação granulométrica do RMCC foi baseada em peneiramento, utilizando-se peneiras para ensaio padronizadas pela ABNT. Por falta de normas para peneiramento de cavacos de madeira, optou-se por seguir o processo utilizado por Teixeira (2005), que trabalhou com as seguintes malhas (em mm): 25,4; 19,10; 9,52; 4,76; 2,00; 0,84; 0,6. No entanto, para este trabalho, foram feitas algumas alterações referentes às dimensões da abertura da malha, assim foram utilizadas as aberturas (em mm): 12,7; 9,52; 4,76; 2,4; 1,2; 0,6.

2.2 Parâmetros de compactação

Foram realizados dois tipos de ensaio de compactação, o Proctor Normal e a reprodução desse último em uma máquina universal de ensaios. O ensaio Proctor Normal foi feito segundo a norma brasileira NBR 7182 (1986), pelo método normal e aplicado ao solo e ao solo-cimento. Para esse ensaio, foi utilizado um cilindro de Proctor, que compreende o molde cilíndrico com dimensões de 100 mm de diâmetro x 127mm de altura, o colarinho do cilindro e a base de fixação do cilindro. O ensaio foi realizado pelo método "A" da norma e sem a reutilização de material.

O segundo método adotado, que reproduziu o Proctor Normal, utilizou a máquina universal de ensaios (MUE) Instron 5582, que dispõe dos recursos de célula de carga, transdutor de deslocamento e permite, de forma automatizada, a interrupção da moldagem quando a carga desejada é atingida. O controle obtido com esse sistema garantiu que todos os CPs fossem confeccionados sob as mesmas condições de carga. Outro fator que motivou o uso da MUE foi a possibilidade de realizar no mesmo equipamento os ensaios de compactação, a moldagem dos Cps e os ensaios mecânicos nas mesmas condições. Esse método foi utilizado para se obter a curva de compactação para as misturas de solo-cimento e para cada uma das percentagens de resíduo estudadas na mistura de solo-cimento-RMCC. Os valores do teor de umidade ótimo e densidade aparente seca máxima, obtidos pelo método Proctor Normal para o solo-cimento, foram utilizados como referência nos testes de compactação em corpos-de-prova de solo-cimento com dimensões de 50 mm de diâmetro x 100 mm de altura, com a finalidade de se obter o mesmo resultado do ensaio Proctor Normal. Após a calibração da máquina, o processo foi aplicado nas misturas de solo-cimento-RMCC.

Para reprodução dos resultados obtidos no ensaio Proctor Normal, a MUE foi configurada para aplicar uma carga constante de 4,05 kN (equivalente a pressão de 2 MPa para as dimensões do molde utilizado), a uma velocidade de 5mm/minuto, de modo que o processo de compactação fosse interrompido ao atingir a carga estipulada. Da mesma forma que no ensaio Proctor Normal, os CPs foram moldados em 3 camadas e a superfície de cada camada foi escarificada antes da prensagem da camada posterior para garantir a melhor ligação entre elas. Os demais passos referentes à desmoldagem do CP, pesagem e separação do material para obtenção do teor de umidade da amostra, seguiram o mesmo procedimento para o ensaio de compactação Proctor Normal e foram repetidos para cada ponto das curvas de compactação.

O molde empregado, baseado no sistema para ensaio Proctor Normal, utiliza um tubo de PVC rígido de 60 mm, com diâmetro interno de 50,2 mm e espessura da parede de 5 mm, seccionado em partes com comprimento de 100 mm. O dispositivo de fixação do molde de PVC foi feito utilizando a base dos moldes para argamassa e concreto, onde foram soldadas duas barras rosqueadas. Para travar o molde, usou-se um tubo de aço galvanizado com diâmetro nominal de 60 mm no qual foram soldados dois suportes laterais que, com auxílio de duas porcas do tipo "borboleta", fazem o travamento do tubo de PVC ao conjunto (figura 1).



Figura 1. Dispositivo de moldagem do corpo-de-prova montado na máquina universal de ensaio

2.4 Dosagem das misturas e moldagem dos corpos-de-prova

Para moldagem dos CPs, após a pesagem de cada material utilizado, a homogeneização da mistura foi feita obedecendo a seqüência: solo, cimento e água. E, quando acrescido o resíduo: solo, cimento, RMCC e água.

A quantidade de cimento utilizada foi de 10% em relação à massa aparente seca do solo. E, quando acrescido o RMCC, a quantidade foi de 10% em relação à massa aparente seca do solo somada à massa de RMCC utilizada. O teor de cimento foi fixado em 10% por esse valor ser considerado em grande parte da bibliografia consultada como sendo o limite economicamente viável para se trabalhar com solo-cimento. Foram utilizados quatro teores de RMCC: 1,5%, 3%, 5% e 6,5%, medidos em relação à massa aparente seca do solo.

A homogeneização foi feita em três etapas. Inicialmente, apenas o solo e o cimento foram misturados em uma caixa plástica para confecção de argamassa, com o auxílio de uma colher de pedreiro e uma desempenadeira metálica com um dos lados ranhurado. Após a mistura desses dois materiais, foi acrescentado o RMCC (no caso dos CPs de solo-cimento-RMCC) e feita nova homogeneização, adicionando-se por último a água.

A terceira etapa do processo de mistura é realizada com o auxílio da aresta ranhurada da desempenadeira, pois ao proceder a mistura, os pedaços de madeira passam por entre as ranhuras. Isso facilita o trabalho e garante uma melhor homogeneização.

A pressão empregada na compactação dos materiais durante a confecção dos CPs foi de 2 MPa, a uma velocidade de 5 mm/minuto, mesmas condições do ensaio de compactação. Com a determinação da pressão de moldagem, a máquina foi configurada para interromper a prensagem do material ao atingir 2 MPa, pressão normalmente utilizada em máquinas para prensagem de solo-cimento disponíveis no mercado.

Os CPs foram moldados em 3 camadas. Para garantir a ligação entre elas, como no ensaio de compactação, cada camada compactada teve sua superfície previamente escarificada antes da prensagem da camada posterior.

Após a moldagem, os corpos-de-prova foram acondicionados em câmara úmida pelo período de sete dias. A desmoldagem dos CPs foi feita 24 horas após sua confecção (período em que já se encontravam na câmara úmida), utilizando um desmoldador de acionamento mecânico.

3. RESULTADOS

3.1 Caracterização dos materiais

O solo utilizado, de acordo com os critérios de CEPED-THABA (1984) e NBR 10832 (1989) para granulometria, é adequado para utilização em solo-cimento. Baseada na análise granulométrica conjunta, a amostra foi classificada como areia siltosa. Os dados obtidos na caracterização são os seguintes: análise granulométrica conjunta: 2% pedregulho, 46% areia, 31% silte e 21% argila; limite de plasticidade (LP) 24%; limite de liquidez (LL) 36%; índice de plasticidade 12%; massa específica 2,70 g/cm³. Na difratometria de raios-X foi observada a predominância de caulinita, maior que 50%, seguida pelo quartzo, menor que 20%. Em percentuais menores que 10%, microclina e moscovita e, menor que 3%, albita, gibbsita e goethita. O alto teor de caulinita no solo indica que o cimento é o estabilizante mais adequado para ser usado na mistura com o solo estudado (Minke, 1995 apud Eijk, 2005). O teor de umidade do solo após sua coleta foi determinado em 13,8% e após a armazenagem em sacos plásticos no laboratório, o teor se estabilizou em torno de 12,5%.

Com relação ao RMCC, observa-se que esse tipo de resíduo de madeira não se enquadra na NBR 10004 (2004), que diz que o resíduo de madeira precisa estar livre de materiais tóxicos para ser classificado como Classe II A – Não inertes. No caso do RMCC, devido à diversidade da origem do resíduo, pode ser observado nos cavacos a presença de cola e tintas. Além disso, pequenas quantidades do material podem conter substâncias tóxicas utilizadas na construção civil como o cupinicida ou algum outro material comumente utilizado no tratamento ou no acabamento da madeira.

O valor obtido para o teor de umidade médio do RMCC foi estimado em 14,3%. O resultado obtido está próximo ao encontrado para o solo, algo desejável, pois dessa forma é reduzida a possibilidade de perda de água do solo para o RMCC durante a confecção dos corpos de prova.

As dimensões e formas do RMCC são bem variadas. Observa-se uma grande presença peças laminares, muito delas provenientes de chapas do tipo aglomerado ou compensado. Os materiais com essa característica chegam a ter dimensão de até 100 mm de comprimento, largura média de 15 mm e espessura de 5 mm. Quando mais fragmentado, esse tipo de material se apresenta como blocos com dimensões que podem chegar a 40 x 40 mm. As madeiras maciças também são encontradas em formas alongadas, com comprimento que chegam próximos dos 100 mm, mas com espessura e largura um pouco maiores que as chapas, chegando 25 mm de largura e espessura de aproximadamente 20 mm.

Na avaliação qualitativa da granulometria do RMCC observa-se que 57% do material apresentam dimensão igual ou superior a 12,7 mm. No entanto, em função da dimensão dos corpos-de-prova, optou-se por utilizar no trabalho apenas os resíduos passados na peneira de 12,7 mm. Abaixo dessa peneira, a maior fração do material ficou retida entre as peneiras de 9,52 mm e 4,76mm, com percentual de 20%.

A classificação do resíduo segundo a escala granulométrica, baseada em Teixeira (2005), é apresentada na tabela 1. As amostras foram divididas em 4 níveis: reprocessável, grosso, médio e fino. Como 57% do resíduo ficaram retidos pela peneira de 12,7 mm, essa fração pode ser aproveitada no processo desde que seja previamente triturada, dessa forma ela foi classificada como reprocessável. O restante do material, composto pelas frações grossa (33,3%), média (8,2%) e fina (1,1%), pode ser utilizado diretamente.

3.2 Compactação e moldagem dos corpos-de-prova

As curvas resultantes do ensaio de compactação pelo método Proctor Normal realizado para o solo (denominada solo UFMG) e sua mistura com cimento (denominada solo-cimento) são apresentadas na figura 2. O teor de umidade ótimo máximo obtido para o solo UFMG foi de 16,4% e a massa específica aparente seca máxima foi de 1,750 g/cm³. Para o solo-cimento os valores obtidos foram respectivamente: 16,5% e 1,755 g/cm³.

O formato achatado das curvas de compactação (figura 2) permite inferir que valores de massa específica aparente seca variando entre $1,750 \text{ g/cm}^3$ e $1,755 \text{ g/cm}^3$ podem ser obtidos com uma faixa de valores de umidade que varia de 14,5% e 16,5% para o solo UFMG. Para o solo-cimento, essa faixa está compreendida entre 14,5% e 17,5%. Essa característica indica uma baixa sensibilidade da curva de compactação nas proximidades do ponto ótimo, com relação ao teor de umidade. O mesmo não ocorre com solos mais arenosos, cuja curva de compactação é mais pontiaguda, e pequenas diferenças no teor de umidade resultam em uma maior variação na massa específica seca do material.

Tabela 1. Classificação granulométrica do RMCC

Classificação	Peneira (mm)	% (em massa)	% Total
Reprocessável	> 12,7	57,3	57,3
Grosso	9,52	12,7	33,3
	4,76	20,6	
Médio	2,4	6,4	8,2
	1,2	1,8	
Fino	0,6	0,6	1,1
	<0,6 (fundo)	0,5	

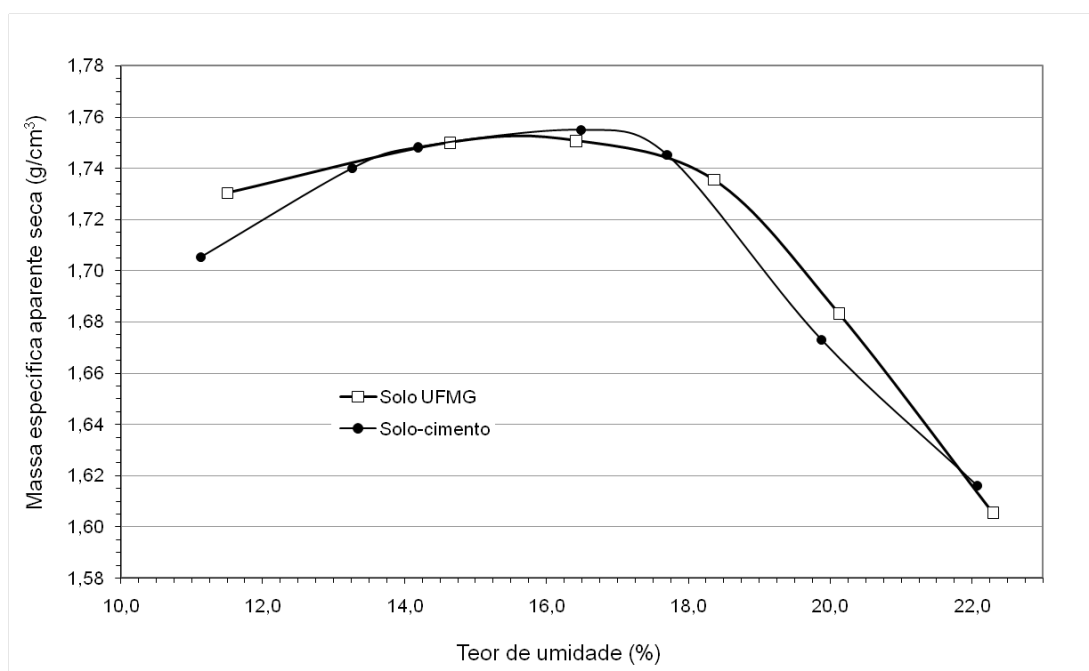


Figura 2. Curvas de compactação do solo UFMG e do solo-cimento realizadas pelo método Proctor normal

Os resultados dos ensaios de compactação para mistura solo-cimento realizados pelo método Proctor Normal e na máquina universal de ensaios (MUE) são respectivamente: 16,5% - teor de umidade ótimo e $1,76 \text{ g/cm}^3$ – massa específica aparente seca máxima para o método Proctor Normal e 17,1% e $1,75 \text{ g/cm}^3$ para reprodução na MUE. Os valores obtidos referentes ao teor de umidade ótimo e massa específica aparente seca máxima são semelhantes, tendo sido observado um pequeno acréscimo no teor de umidade no ensaio realizado na máquina universal de ensaios. Naturalmente, a baixa sensibilidade da curva de compactação verificada para esse material em torno do ponto ótimo da curva permite dizer que os resultados são equivalentes.

As diferenças observadas no formato das curvas de compactação (figura 3) podem estar relacionadas à diferença nos métodos de compactação utilizados. Enquanto a compactação no método Proctor Normal é feita de forma dinâmica – onde são aplicados golpes no

material para que ele seja compactado, na máquina universal de ensaios a compactação é realizada de forma estática – o material é compactado por compressão através de carga contínua.

Dada a semelhança obtida nos pontos máximos para o teor de umidade e massa específica aparente seca do material, optou-se por confeccionar os corpos-de-prova na Instron 5582. A escolha foi feita pelo fato do equipamento oferecer controle preciso na aplicação de carga durante a moldagem dos CPs, pela praticidade oferecida pelo equipamento e também pelo fato dos ensaios mecânicos serem realizados na mesma máquina.

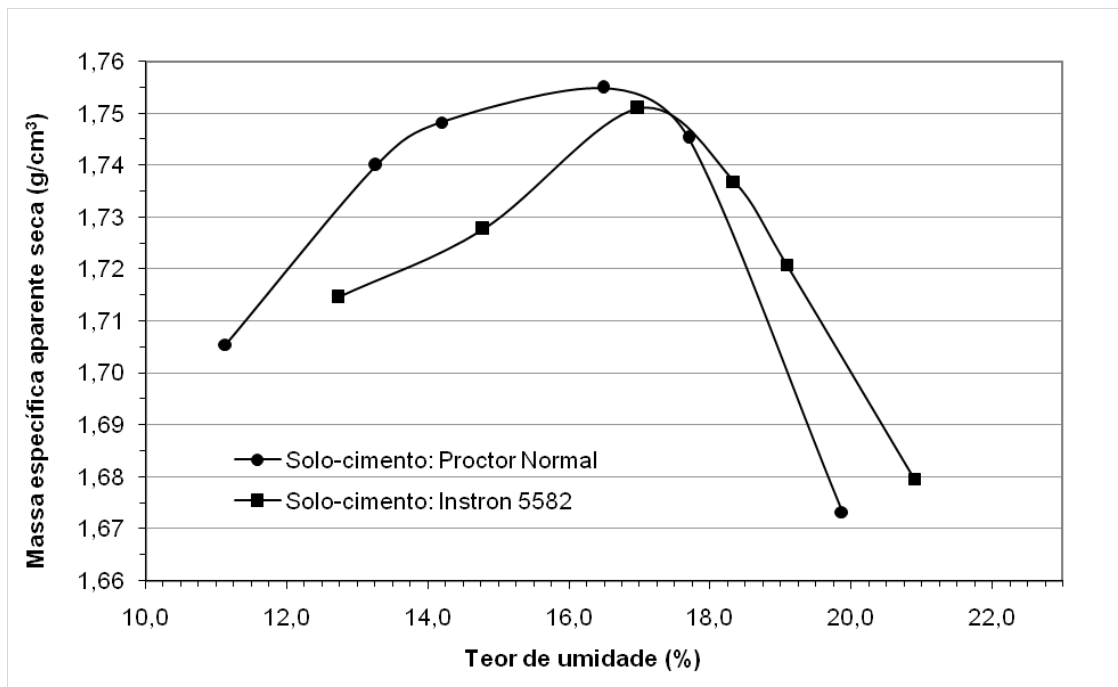


Figura 3. Curvas de compactação para solo-cimento, obtidas pelo método Proctor Normal e na máquina universal de ensaios mecânicos Instron 5582

Na tabela 2 são apresentados os dados dos ensaios de compactação realizados na MUE para o solo-cimento e para o solo-cimento com adição de RMCC nos teores de 1,5%, 3,0%, 5,0% e 6,5%. As curvas de compactação para as misturas de solo-cimento e solo-cimento-RMCC (figura 4) produziram resultados diversos, algo já esperado devido à heterogeneidade e menor densidade do material acrescentado. Os valores obtidos para o teor de umidade nos revelam que nas amostras onde foram adicionados 3% e 6,5% de RMCC, os teores de umidade ótimos foram os que mais se aproximaram ao da mistura solo-cimento (SC). A mistura com 1,5% de RMCC se apresentou com o menor valor em relação à de SC e a mistura com 5% de RMCC, como sendo a que atingiu o maior teor de umidade ótimo.

Com relação à massa específica aparente seca máxima, os resultados apresentaram o padrão esperado. Na medida em que se aumentou o teor de RMCC na mistura, a densidade diminuiu gradativamente em razão do acréscimo da madeira, material mais leve que o solo. Dessa forma, a mistura SC atingiu a maior densidade de compactação e a mistura com 6,5% de RMCC a densidade mais baixa.

As curvas de compactação (figura 4) não mostram uma tendência de comportamento quando se relaciona o teor de umidade ótimo com a massa específica aparente seca máxima. Comparadas à mistura SC, as curvas com RMCC apresentaram comportamentos diversos. As misturas com 6,5% de resíduo destoaram das demais por terem apresentado o teor de umidade mais retraído, enquanto as curvas de 3% e 5% tiveram a tendência de aumento no teor de umidade.

Tabela 2. Valores máximos obtidos nos ensaios de compactação para o solo-cimento e solo-cimento-RMCC

Mistura	SC	RMCC 1,5%	RMCC 3,0%	RMCC 5,0%	RMCC 6,5%
Teor de umidade ótimo (%)	17,0	15,5	17,1	18,7	16,8
Massa específica aparente seca máxima (g/cm ³)	1,75	1,71	1,68	1,62	1,58

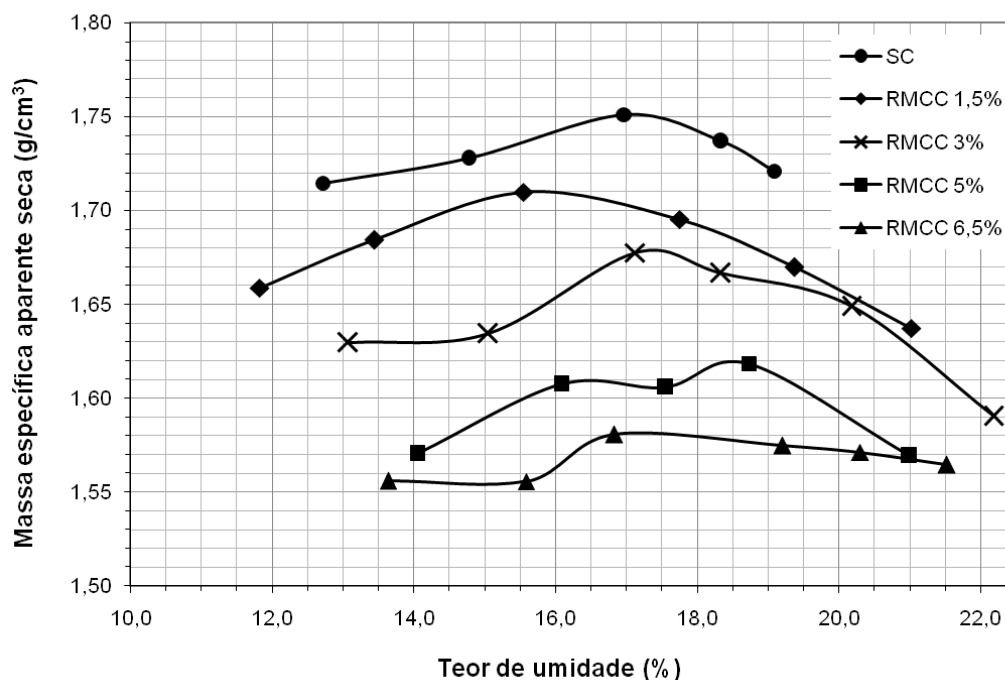


Figura 4. Curvas de compactação para solo-cimento (SC) e solo-cimento-RMCC entre 1,5% e 6,5% de RMCC

Analisando apenas as curvas das misturas com RMCC, vislumbra-se uma relação onde, na medida em que se aumenta o teor de RMCC, a densidade diminui e o teor de umidade aumenta. Essa tendência era esperada, pois a adição de madeira ao solo-cimento aumenta a plasticidade do material, sendo equivalente ao uso de um solo mais argiloso. No entanto, o resultado obtido com a mistura de 6,5% não segue a tendência, pois se nota uma redução no teor de umidade máximo, podendo ser resultado da variabilidade esperada por se utilizar um material heterogêneo como o RMCC.

4. CONCLUSÃO

A utilização da máquina universal de ensaio para fazer os ensaios de compactação apresentou resultados satisfatórios. Mesmo com a redução da dimensão do molde foi possível atingir os mesmos valores para curva de compactação obtidas no ensaio Proctor Normal para o solo-cimento. Com a redução do molde, o processo do ensaio de compactação torna-se mais rápido, assim como o processo de confecção dos corpos-de-prova. Outro ganho em relação à redução do molde é a economia no uso de material, algo que reflete principalmente na redução de espaço para armazenamento de amostras e corpos-de-prova. Pode-se destacar também que com a utilização da MUE é possível executar três etapas do trabalho: ensaio de compactação, moldagem dos Cps e ensaios mecânicos – mantendo-se o mesmo padrão de qualidade, o que torna todo o processo mais controlado. O uso do tubo de PVC como molde é eficaz e prático. Seu acabamento liso facilita a remoção do CP do molde, é um material de construção facilmente encontrado no

mercado, pode ser seccionado sem ferramentas especiais, não oxida e é bem mais barato que os tubos galvanizados.

Os resultados indicam que a adição de novos materiais à mistura de solo-cimento, no caso o RMCC, altera o comportamento do composto. Dessa forma fica evidente a importância do estabelecimento dos parâmetros de compactação para cada teor de RMCC acrescentado ao solo-cimento e confirmam que não é possível utilizar os dados da curva de compactação do solo-cimento para serem aplicados diretamente ao solo-cimento-RMCC.

Os resíduos de madeira da construção civil, da maneira que foram utilizados nesse trabalho, se mostraram compatíveis com a mistura solo-cimento e permitem concluir que o material solo-cimento-RMCC possui indicativos que qualificam seu uso na construção. Como todo objeto de pesquisa, os processos experimentados nesse trabalho precisam ser aprofundados afim de que seu valor seja consolidado. Os resultados obtidos até o momento encoraja novas investigações acerca do uso do RMCC como fibra vegetal em construções à base de terra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 6508: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 7182: Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. NBR 10832: Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. NBR 12024: Solo-cimento - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASTM – American Society for Testing and Materials. ASTM D 2166-91: Standard test method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil. Annual Book of ASTM Standards, v. 04.08. Philadelphia: ASTM, 1991.

CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, THABA – Programa Tecnologias da Habitação (1984). Manual de construção com solo-cimento. São Paulo: ABCP.

Eijk, D. V. (2005). Restauo de taipa de pilão – Aspectos de materiais, técnicas construtivas, patologias e restauração. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Niterói: Faculdade de Engenharia Civil - Universidade Federal Fluminense.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER-ME 213/94: Solos – Determinação do teor de umidade. DNER, 1994.

Minke, G. (1995). *Lehmbau – Handbuch, Der baustoff Lehm und seine Anwendung*. Okobuch Verlag, Staufen bei Freiburg.

Santos, M. P. (2009). Fabricação de Solo-cimento com Adição de Resíduos de Madeira Provenientes da Construção Civil. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Belo Horizonte: Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais.

Silva, S. R. (2005). Tijolos de Solo-cimento Reforçado com Serragem de Madeira. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Belo Horizonte: Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais.

Teixeira, M. G. (2005). Aplicação dos Conceitos da Ecologia Industrial para a Produção de Materiais Ecológicos: O Exemplo do Resíduo de Madeira. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo). Salvador: Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia.

AUTORES

Maxiliano Perdigão dos Santos. Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2004), especialista em Construção Civil (2006) e mestre em Construção Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (2009). Temas de pesquisa em que esteve envolvido: tecnologia das construções e resíduos como material de construção civil. Atualmente atua como profissional autônomo na área de projetos de arquitetura.

Maria Teresa Paulino Aguiar. Graduada em Engenharia e tem doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais (1995). Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal de Minas Gerais. Tem trabalhos de pesquisa em Estrutura e Comportamento Mecânico dos Materiais Cimentícios e Metálicos, e Sustentabilidade das Edificações. Coordena o Grupo NOC - Novos Olhares sobre a Construção.

Sílvio Martins Almeida. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (2008), mestrando em Construção Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais.



DETERMINACIÓN DE FRAGUADO DE MORTEROS DE CAL MEDIANTE FENOLFTALEINA

Cecilia López Pérez¹; Crispín Celis²; Luis Gonzalo Sequeda³

Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Arquitectura y Diseño, y Facultad de Ciencias, Cra. 7 No. 40-62, Edificio 18. Bogotá – Colombia Tel: (+571) 3208320, Ext: 2423, Fax (+571) 3208320, Ext:2421

E-mail: (1) lopez.c@javeriana.edu.co; (2) crispin.celis@javeriana.edu.co; (3) lsequeda@javeriana.edu.co

Palabras-clave: Morteros, transferencia tecnológica, pruebas químicas

Resumen

Tradicionalmente, los pañetes son recubrimientos del muro cuya función principal es la de protegerlo contra los efectos del clima u otros elementos externos que pueden ocasionar el deterioro. Estos revestimientos han tenido una variada aplicación en arquitectura. Se han empleado tanto en interiores como exteriores, en mamposterías expuestas al aire seco como en construcciones cercanas a agua salada, en desarrollos de arquitectura prehispánica como arquitectura actual y en tipologías de vivienda como arquitectura militar, dando así una gran muestra de su utilidad y versatilidad.

Para la conservación y rehabilitación de morteros usados en construcciones patrimoniales instituciones internacionales recomiendan (Conferencia Internacional de Cracovia, 2000; Instituto del patrimonio histórico español-IPHE) monitorear, dar mantenimiento continuo, tratamientos reversibles y utilizar materiales compatibles. Estos trabajos requieren el empleo de profesionales y equipos especializados que pueden subir los costos de los estudios previos.

Es por esta razón, que se buscan alternativas de estudio para efectuar pruebas en sitio, contribuyendo a racionalizar los costos. Uno de estos estudios es el de carbonatación o fraguado de los pañetes de cal mediante el uso de la prueba de Fenolftaleina. El presente artículo desarrolla su empleo en edificaciones patrimoniales y las pruebas de comprobación que permitan establecer el nivel de fraguado de un pañete y descartar esta característica como una patología intrínseca del mortero.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a los estudios realizados por la Dirección de Patrimonio del Ministerio de Cultura Colombiano existen cerca de 1118 monumentos declarados de los cuales el 90 % está hecho en tierra. Los revestimientos usados en estas edificaciones se hacían con cal apagada, ya que en el territorio se encontraban explotaciones en la costa norte y en la actual zona andina; por lo cual, era un material de amplio uso.

Los morteros de cal hasta mediados del siglo XIX en Colombia, eran una mezcla de cal y tierra, a la cual se le añadían diferentes productos como jugos vegetales, gomas, miel, cera de abejas, y fibras naturales. Empleando como pintura de recubrimiento una mezcla de cal con pigmentos naturales o almagres (tierras de colores).

Como lo indican los manuales de albañilería (Bartueso y Balarga, 1873) los pañetes hechos con cal, tienen como inconveniente que son de fraguado lento especialmente si son aplicados en tiempo lluvioso. La desecación rápida, que se da especialmente en clima cálido, endurece la capa superficial dejando fresca la interior y no hay homogeneidad en la masa; por tanto, se agrita la superficie y al secarse la capa interna se desmorona. (Avallone; Baumeister, 1995)

Este mismo comportamiento se observa si las capas de mortero son aplicadas más gruesas de lo recomendado. Al respecto PROTERRA (2003) recomienda espesores entre 0,5 cm y 1 cm para morteros de tierra aplicados a muros de soporte en el mismo material. El manual de construcciones sismo resistentes en adobe (Pontificia Universidad Católica del Perú, 2001) recomiendan un espesor de 2 cm.

Por otra parte, los deterioros de morteros se clasifican en dos clases: uno por causas extrínsecas y otro por causas intrínsecas. Los primeros por características propias de localización, características del terreno, defectos de construcción y composición del elemento de soporte. En el segundo, se encuentran los factores físico-mecánicos, biológicos y químicos. (Tratado Broto de la Construcción, 2006)

El desarrollo de los segundos incrementa los costos de estudios previos para el restaurador, por lo cual busca técnicas sencillas de campo, que permitan descartar variables sobre el comportamiento de la edificación y emplear los recursos disponibles de una manera racional.

Por esta razón, el Grupo de Investigaciones en Materiales y Estructuras (GRIME) de la Universidad Javeriana propuso el empleo de la fenolftaleína para el análisis de fraguado de los morteros de cal en obras de restauración. El objetivo propuesto era establecer si el uso de la fenolftaleína podía ser aplicado en morteros de cal antiguos, para determinar el nivel de fraguado y carbonatación.

Para lograr el objetivo, se contó con el apoyo de los alumnos de tercer semestre de la Maestría en Patrimonio Cultural y Territorio de la Pontificia Universidad Javeriana en el año 2008; con quienes se construyeron las probetas, se verificaron los resultados y adicionalmente se propuso una metodología y protocolo de análisis que se implementará en los proyectos de investigación que actualmente realiza el Grupo de Investigación.

2. LOS MORTEROS

La palabra mortero se deriva de la expresión latina “mortarius”, con que se designa el caldero que se usa para cocer la cal. El mortero es un material plástico para cerrar juntas, de asiento y verticales. Sirven igualmente para alisar superficies de paredes y para proteger fachadas con poca resistencia a la intemperie (Adam, 1996).

Los morteros empleados en edificaciones patrimoniales, poseen diferentes mezclas que se clasifican en (Garate Rojas, 2002):

- Morteros de cal: mezcla de cal, arena y agua para el amasado. Sirve como mortero de albañilería, revoques y enlucidos con resistencia normal.
- Mortero de cal y fibra: es un mortero de cal al que se le ha agregado fibras de origen animal como pelo de cabra, vaca, conejo, o vegetal como fique, filamentos de coco, heno o tamo de leguminosas. Se emplea donde existen posibilidades de grietas, entre los marcos de las ventanas, en los puntos de unión de chimeneas con revestimiento interior de la cubierta y tejado.
- Mortero de barro: mezcla de tierra arcillosa y agua. Se endurece por desecación. La adición de pelo animal, paja o estiércol, disminuye el peligro de agrietamiento por contracción. El mortero de barro se emplea en juntas, paredes de adobes, ladrillos o mampuestos de piedra esponjosa (pómez o toba) para enlucir por ambas caras las cercas o vallas de mimbre entretejidos, como las empleadas en construcciones de bahareque. Para la construcción de hornos, hogares, calderas y para otros trabajos de albañilería se le adiciona miel o extractos de caña de azúcar.
- Mortero de yeso y cal: mezcla de cal y arena a la que se añade la pasta de yeso previamente mezclada.

En Colombia, en edificaciones antiguas se usan las mismas mezclas de mortero, documentadas por Garate (2002), dándoles tres formas de aplicación:

- Lechada o lechazo: Es el mortero en un estado cremoso, casi líquido de cal y tierra ó cal pura, que se emplea como pega de cimientos.
- Pañetes: Mortero de acabado final aplicado en paredes y techos
- Estucos: Son morteros de cal y yeso de uso interno, que poseen como característica ser especialmente brillantes y pulidos.

El estudio realizado en iglesias del centro histórico de Bogotá (López; Ruíz, 2009) muestra que las patologías más frecuentes son las fisuras, resquebramientos, erosiones, falta de adherencia y los desprendimientos generalmente producidos por humedad y deformaciones del soporte, corroborando lo expuesto por Corradine Angulo (1998) para construcciones patrimoniales.

Adicionalmente, la investigación mostró que los muros poseen varias capas de pañetes y que las capas que presentan mayores patologías son las hechas en los últimos años. En donde, con el objeto de nivelar la superficie, se hallan espesores mayores a 5 cm. Incluso capas internas, especialmente cercanas al muro no se encuentran adecuadamente fraguadas; generando desprendimientos y pérdida de superficie de protección del muro de soporte.

Para los análisis fue necesario sacar fragmentos de pañetes que permitieran realizar los estudios en laboratorio, pero en algunos casos durante el traslado se desintegraron. Razón por la cual, se buscó una forma de elaborar el análisis de fraguado en sitio, de manera sencilla, buscando descartar esta condición como una de las posibles patologías que pudiera estar afectando los muros de las edificaciones.

3. FRAGUADO DE UN MORTERO

Se entiende por fraguado de un mortero el proceso de solidificación, endurecimiento y pérdida de plasticidad inicial por la desecación y cristalización de sus componentes (Pérez, Calvo, 1979). En la construcción de pañetes puede definirse como el conjunto de acciones que provee las condiciones adecuadas para que se hidrate el material aglutinante.

En climas cálidos con alto porcentaje de asoleación y poca humedad ambiental, como es el caso colombiano, se induce a un secado prematuro de los morteros, a partir del momento en que se aplica a la superficie de soporte. Esta forma de fraguado defectuoso compromete la calidad del mortero cambiando sus características de comportamiento, reduciendo su resistencia al desgaste, permeabilidad, resistencia a la abrasión, estabilidad de volumen y durabilidad.

Asimismo, el fraguado prematuro, interrumpe la reacción de hidratación produciendo poros de mayor tamaño y penetrabilidad. Teniendo en cuenta, que una de las mayores causas de daño en una construcción en tierra es la humedad, la condición de un mal fraguado en los morteros de protección, sería un factor de deterioro para el muro de soporte ya que se perdería la condición de barrera y recubrimiento en las edificaciones realizadas con este material.

La norma Sismo Resistente Colombiana vigente NSR-98, establece la resistencia a la compresión como indicador de la eficacia de fraguado de un mortero y recomienda los tiempos mínimos de curado, pero no se recomienda ningún tipo de verificación de fraguado de la mezcla una vez aplicada. Este mismo caso se repite en los morteros empleados en edificaciones patrimoniales.

En cuanto a los métodos de análisis, para determinar la consistencia de fraguado de un mortero existen métodos destructivos, levemente destructivos o no destructivos. Los ideales

para emplear en construcciones patrimoniales, son los últimos, que se dividen en análisis físicos y químicos.

Como pruebas físicas, se emplean diferentes métodos como: la aguja de Vicat (consistencia del mortero de acuerdo a la cantidad de agua); la aguja de Gilmore (dispositivo de que mide la relación entre la penetración inicial y la final); el método por temperatura (variación); y el método de resistividad eléctrica (Fernández Luco, 2010).

Estas pruebas físicas, exigen la construcción de probetas ó equipos especiales. Las probetas deben tener proporciones y materiales iguales a los empleados en el pañete; lo cual para un restaurador implica costos adicionales, ya que debe emplear técnicas de espectrometría que le permitan establecer la composición del material de recubrimiento, para reproducirlo y analizarlo. Y cuando se hacen con el apoyo de equipos, estos generalmente son importados, de alto costo, requiriendo técnicos especializados para realizar estas pruebas y su interpretación.

A nivel químico, como método de análisis se usa la prueba de Fenolftaleína. Este es un compuesto químico que se obtiene por reacción del fenol (C_6H_5OH) y el anhídrido ftálico ($C_8H_4O_3$), en presencia de ácido sulfúrico. Es un sólido blanco o blanco amarillento e inodoro; sus cristales son incoloros. No es soluble en agua, por lo que normalmente se disuelve en alcohol para su uso en experimentos (Gamrath, 1950; Wikipedia, 2010).

Asimismo, es un indicador de pH, indicando el cambio de pH que contiene una solución mediante la variación de color. La fenolftaleína presenta los siguientes colores en los siguientes intervalos de pH: entre 0,0 y 8,0 (incolora); entre 8,0 y 9,8 (rosada) y, entre 9,8 y 14 (magenta). En química se utiliza en análisis de laboratorio, investigación y química fina. En investigaciones forenses, sirve para detectar manchas de sangre.

En ingeniería civil se ha empleado la fenolftaleína, para determinar el nivel de carbonatación del concreto por efecto del medio ambiente, para ello se emplea disuelta en alcohol. En los morteros de cal que han tenido un secado prematuro, éste indicador mostrará mayores espesores carbonatados cambiando de ser incoloro a magenta. Esta característica es útil para establecer si un mortero, aunque lleve varios años de aplicado, se encuentra en las condiciones de fraguado óptimas que le permite ser un soporte y protección adecuada de un muro (Peroni et al., 1981).

Con fines prácticos este método resulta de mucha utilidad para determinar el fraguado en obras de restauración ya que el indicador es de fácil adquisición por ser uno de los componentes principales de los laxantes (Cox, 1991; Villegas et al., 2005); razón por la cual, se puede adquirir en cualquier farmacia. Adicionalmente, es de fácil transporte, manipulación, de resultados inmediatos y no se requiere la presencia de un profesional especializado para interpretar los resultados.

4. PRUEBAS CON FENOLFTALEÍNA PARA MORTEROS DE CAL

Sobre el uso de la fenolftaleína en construcciones patrimoniales, es poca la literatura encontrada. En el libro de artes de la cal, Garate (2002) autor menciona como un tema de investigación insuficientemente explorado, el de la cinética de la carbonatación, pero no da mayores detalles sobre la forma en que considera se deben efectuar estos estudios.

Por otra parte la Unificación de Normas Españolas 41.067 y 41.068, que reglamenta el uso de cales aéreas e hidráulicas, establece que si el pliego de condiciones de contratación lo impone, se deben realizar los ensayos de comprobación de las calidades de los materiales, lo que incluye el fraguado de los morteros. Sin embargo, el número de pruebas y las condiciones en que se deben efectuar no quedan reglamentados en estas normas.

A nivel latinoamericano, se encontró propuesto el uso de fenolftaleína en la restauración de las fortificaciones brasileñas del periodo colonial (Kanan, 2006). Las fortificaciones eran edificadas inicialmente en tapia pisada y posteriormente en piedra, ladrillo y argamasa de

cal. La autora del documento, propone desarrollar sistemas que puedan monitorear y evaluar los tratamientos que se aplican para la conservación de edificaciones, especialmente el comportamiento de las argamasas de restauración a base de cal, mediante una “metodología de análisis, diagnóstico, proyecto, organización y planeamiento de las obras de intervención con cal que se basa en criterios de intervención aplicables a cualquier bien edificado”.

Esta metodología de análisis contempla dos fases de trabajo. Una primera, de estudios previos y levantamientos en sitio y una segunda de análisis en laboratorio. En la primera fase, entre otros, se propone identificar la calidad de la cal empleada mediante reactivos químicos como la fenolftaleína para indicar la profundidad de carbonatación de la argamasa.

En Colombia, Useche (1993) realizó un estudio sobre los morteros de cal empleados en edificaciones patrimoniales proponiendo una metodología de estudio que incluye análisis físicos y químicos. Para estos últimos recomienda el empleo de equipos de espectrometría y difracción de rayos X, pero no documenta el uso de este indicador para establecer el fraguado de morteros de cal. Por otra parte, no se solicita dentro de las condiciones de contratación para estudios de obras de intervención este tipo de estudios; a pesar, de que como se mencionó la superposición de capas y mal fraguado es usual en las construcciones patrimoniales.

5. PRUEBAS DE MORTEROS DE CAL EN LABORATORIO

El estudio de fraguado de los morteros con el método de la fenolftaleína es de carácter experimental desarrollado en tres fases. En la primera, se corroboraron las características de los materiales aplicando 4 pruebas. En la segunda, se construyeron probetas de morteros con diferentes mezclas y formas de secado con el objeto de determinar la efectividad del método en varias mezclas. Y en la tercera, se aplicó el método de la fenolftaleína para obtener el nivel de pH que permite establecer el fraguado del mortero.

Como materiales para la construcción de las probetas se uso: suelo tipo ML (limos inorgánicos), arena de peña, cal aérea apagada, yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y como fibra se uso el fique. Previo al desarrollo de la prueba la tierra se tamizo en una malla nº 200 (0,08 mm) con el objeto de que no tuviera ningún tipo de grumo o materia orgánica. El fique se corto con una longitud aproximadamente de 3 cm.

Como herramientas y equipos para el desarrollo de la prueba se emplearon: vaso de vidrio, embudo, filtros de papel, agua destilada, erlenmeyer, espátula, tubos de ensayo, pipeta, capsula de porcelana, pesa, crisol, horno. Como reactivos químicos fueron usados ácido clorhídrico (HCl al 10%, m/v), cloruro de bario (BaCl_2 al 10%, m/v), nitrato de plata (AgNO_3 al 1.7%, m/v) y ácido nítrico (HNO_3 , [1:1]). Los materiales se mezclaron en forma manual, en cubetas plásticas, revolviendo los elementos durante cerca de 15 minutos hasta obtener una argamasa homogénea. El llenado y compactación igualmente, se realizó en forma manual.

5.1 Fase I. Comprobación de las características de los materiales

Preparación de muestras

Antes de la construcción de las probetas se le realizó a la arena de peña, una prueba para descartar la presencia de carbonatos, sulfatos y cloruros que pudiera afectar la mezcla de morteros de tierra. Para ello se sometió la arena primero a una prueba con ácido clorhídrico (HCl al 10%), luego con cloruro de bario (BaCl_2 al 10%) y, finalmente con ácido nítrico (HNO_3 [1:1]) y nitrato de plata (AgNO_3 al 1.7%).

Prueba A: Presencia de carbonatos en la arena.

Para realizar esta prueba se agregó arena a un filtro de papel y se colocó el embudo con el filtro sobre el erlenmeyer, seguidamente se procedió a lavar la arena con agua destilada. El agua de lavado se dividió en tres tubos de ensayo, a los que se les adicionó 3 gotas de

(HCl). Las muestras no presentaron efervescencia (burbujas) ni cambio de color que podrían indicar presencia de carbonatos. (figura 1 y tabla 1).

Tabla 1. Determinación de presencia de carbonatos en la muestra de arena

Muestra	Reacciona con HCl	Resultado
Tubo 1	No	No hay
Tubo 2	No	No hay
Tubo 3	No	No hay



(a)



(b)

Figura. 1. Prueba de comprobación de carbonatos en la arena. (a) lavado de la arena con agua destilada; (b) Color del agua después de aplicados los reactivos. Fuente: Alumnos MPT y C

De acuerdo a los resultados obtenidos se establece que la arena es apta para la realización de las probetas porque no hay presencia de carbonatos. La presencia de carbonatos en la arena para construcción en tierra no es conveniente porque causa el desmoronamiento y cambio de color de la estructura.

Prueba B: Determinación de presencia de sulfatos en la arena

Para establecer la presencia de sulfatos en la arena de cantera se usó ácido clorhídrico (HCl) y cloruro de bario ($BaCl_2$). A uno de los tubos de ensayo de la prueba A se le adicionaron 6 gotas de cloruro de bario ($BaCl_2$) sin obtener ningún tipo de reacción.

Después de realizar el procedimiento y observar que el agua no se tornó turbia y de color blanco, se estableció que la arena es apropiada para la mezcla con tierra debido a la ausencia de sulfatos.

Prueba C: Presencia de cloruros en la tierra

Para determinar la presencia de cloruros en la tierra se usó ácido nítrico (HNO_3) y nitrato de plata ($AgNO_3$). Para lo cual se usó el tubo de ensayo nº 2 y 3 de la prueba A se le aplican primero 6 gotas de ácido nítrico (HNO_3). Luego a los mismos tubos se les agrega 4 gotas de nitrato de plata ($AgNO_3$), obteniendo los siguientes resultados (tabla 2):

Tabla 2. Determinación de la presencia cloruros en tierra

Muestra	Reacción HCl + HNO_3 + $AgNO_3$	Resultado
Tubo 2	Coloración Turbia	Si hay
Tubo 3	Coloración Turbia	Si hay

Después de agitar la pipeta, la muestra se pone turbia, lo que indica presencia de cloruros. Esta condición determina que la tierra debe sufrir un proceso de lavado antes de su uso ya que los cloruros presentan una alta propiedad de migración por su capacidad de solubilidad en agua ocasionando alteraciones en el comportamiento de los morteros.

PRUEBA D: Implementación del control positivo de la prueba de carbonatos

Para la comprobación de la prueba se realizan dos ensayos colocando en un crisol 15 g de arena y en otro 15 g de cal (control positivo). A ambos recipientes se les añade 5 gotas de ácido clorhídrico obteniendo los siguientes resultados (tabla 3):

Tabla 4. Verificación del control positivo

Muestra	Reacción HCl	Resultados
Arena	No hay reacción	No hay carbonatos
Cal	Presencia de burbujas	Si hay carbonatos

De los resultados obtenidos, se observa que el reactivo reacciona bien ante la presencia de carbonatos porque produce burbujas, lo que indica que es apto para la realización de la prueba.

5.2 Fase II. Construcción de probetas de morteros

Para el análisis de fraguado se elaboraron probetas de morteros con las mezclas indicadas en la tabla 4 y en diferentes condiciones de secado.

Tabla 4. Tipo de mezclas

Material Mezcla	Arena de Peña	Cal aérea apagada	Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	Fibra (fique)
1	4	1		
2	3		4	1/2
3	4	1 1/2		
4			4	1/4
5	1		2	

Para la construcción de las probetas se emplearon vasos de polipropileno expandido de 6 onzas (177 cm^3), dentro de ellos se vertieron las diferentes mezclas, realizando tres probetas por cada muestra. Las muestras se depositan en una base que tiene filtro de papel que ayuda a absorber la humedad sobrante. En total se realizaron 15 probetas.

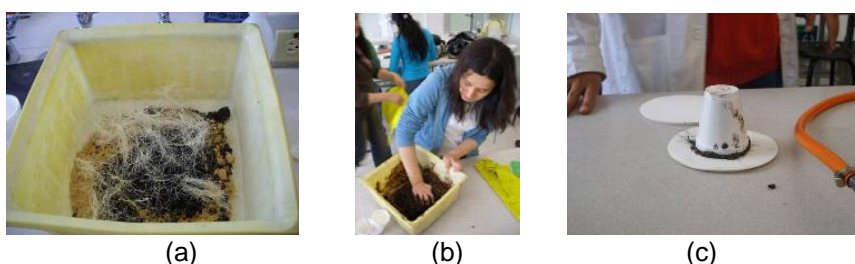


Figura 2. Preparación de las mezclas. (a) Arena, tierra y fique (b) Amasado manual de la mezcla (c) Desmolde de muestra sobre filtro de papel. Fuente: Alumnos MPT y C

Condiciones de fraguado de las probetas de morteros

Las probetas se dejaron en tres condiciones de fraguado (figura 3):

- Condiciones ambientales externas en Bogotá (Temperatura media anual: 14°C y humedad relativa media anual: 72%) (Universidad Francisco José de Caldas);
- Condiciones de humedad: 70% y 100% en higrómetro;
- Condiciones artificiales de calor: 100°C y 800°C .

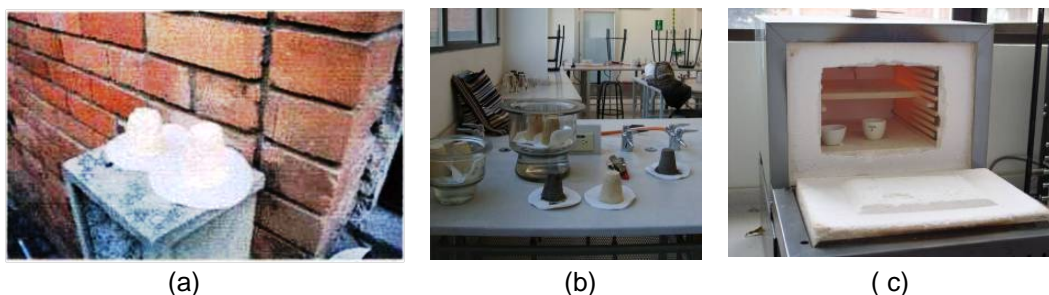


Figura 3. Condiciones de fraguado: (a) ambientales externas de Bogotá; (b) humedad; (c) calor.

Fuente: Alumnos MPT y C

Las probetas sometidas a condiciones artificiales de calor, se dejaron en el horno por 48 horas luego de las cuales, se dejaron en condiciones ambientales internas (Temperatura media anual: 16 °C y humedad relativa media anual: 70 %)

Las probetas se dejaron en las tres condiciones descritas por 30 días, luego de los cuales se les realizó la prueba de Fenolftaleína.

Pruebas de medición relativa y orgánica

En forma simultánea a las anteriores pruebas, se realizó la de humedad relativa y orgánica de la tierra y la arena, que buscaba establecer la humedad contenida en el material y determinar qué cantidad de materia orgánica tenía el material.

Inicialmente, se tomó el peso del crisol vacío, luego se pesó nuevamente el crisol más el material. Posteriormente, se llevó la tierra al horno a dos temperaturas de 100 °C y 800 °C en él se dejaron las muestras por 48 horas. Nuevamente se pesaron con los resultados establecidos en la tabla 5 y 6.

Los resultados obtenidos para la tierra y la arena a una temperatura de 100 °C son:

Tabla 5. Tierra y arena a una temperatura de 100 °C

Material	Peso crisol (g)	Crisol + material (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Humedad relativa (%)
Tierra	39,0311	43,3773	4,3462	4,1498	4,51
Arena	31,5369	36,2271	4,6902	4,5429	3,14

Los resultados arrojados para la tierra y la arena sometida a una temperatura de 800°C son presentados en la tabla 6.

Tabla 6. Tierra y arena a una temperatura de 800 °C

Material	Peso crisol (g)	Crisol + material (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Contenido materia orgánica
Tierra	19,2063	21,5038	2,2975	2,1724	5,31
Arena	16,0443	18,1925	2,1482	2,0645	3,8125

5.3 Fase III. Pruebas con el método de la fenolftaleína

Para el desarrollo de esta fase de análisis, se tomaron las probetas ya fraguadas a las que se les realizó un corte transversal; luego se aplicó la fenolftaleína disuelta al 1% en alcohol en donde se mira el frente de carbonatación el cual va en función del valor del pH. Inicialmente el valor de pH es alto debido a la cal (hidróxido de calcio), pero a medida que avanza el tiempo y entra en contacto con factores ambientales comienza el proceso de carbonatación; éste, como se mencionó, mide en función del pH de forma cualitativa –por color- valores inferiores a 8,3 en pH la solución se torna blanca o no hay color. En el caso de fraguado indica si el motero a secado completamente o no, o hasta donde ha secado, es decir si hay color indica que todavía presenta humedad en la muestra de ensayo.

Se tomaron como base cuatro variables de humedad: ambiental externa e interna en Bogotá y un 70% y 100% mediante el uso de un higrómetro. Se tomaron estos dos últimos porcentajes de humedad porque Bogotá, generalmente oscila entre ese intervalo de humedad relativa. Hay que tener en cuenta la humedad del ambiente cuando se realizan las pruebas y ver si la humedad del medio afecta los resultados en relación al fraguado, igualmente se correlaciona con que tan grueso (espesor) es el mortero (tabla 7).

Tabla 7. Comportamiento de las muestras

Tipo de muestra	Local	Condiciones			
		Ambientales exteriores	Humedad		
			100%	70%	Ambientales e interiores
15	Superficie	Blanca	Fucsia	Blanca	Fucsia
	Centro	Fucsia	Fucsia	Fucsia	Fucsia

De acuerdo a los resultados de la tabla 7, los morteros expuestos a ambientes exteriores y humedad de 70% presentan fraguado prematuro. Mientras los morteros con 100% de humedad y ambientes interiores no logran fraguarse.

Es importante destacar que el recipiente empleado para la construcción de probetas da un radio de aproximadamente 3 cm, que para el caso de estudio sería equivalente al espesor de la capa del mortero (figura 4).



Figura 4. Análisis con el método de la fenolftaleína (a) Corte superior a la probeta (b) aplicación de la fenolftaleína. Fuente: Alumnos MPT y C

Basados en este sistema de análisis se propuso un protocolo de estudios de morteros de cal en obras de restauración; donde en sitio se desarrollen pruebas de fenolftaleína y luego con las muestras tomadas de la edificación, se realizan en laboratorio las pruebas de componentes del mortero, análisis de carbonatos, sulfatos y cloruros como fueron descritos en el presente artículo. Todo ello con el objeto de identificar de la manera más acertada las patologías que pueden estar afectando los morteros en una edificación patrimonial.

6. CONCLUSIONES

Como resultado de estos desarrollos se pudo determinar qué:

- El método de la fenolftaleína resulta de utilidad para establecer en obras de restauración el nivel de fraguado de un mortero de cal, y descartar in situ este factor como patología del mismo.
- Los resultados de las probetas hechas con el indicador de fenolftaleína muestran que no se deben elaborar morteros muy gruesos y en condiciones de humedad alta ya que en ellos se presenta el fraguado prematuro. Asimismo, en condiciones ambientales internas el mortero de cal, requiere un mayor tiempo de fraguado que las expuestas a ambientes externos.

- Los estudios de morteros de cal indican que el fraguado de estos se hace de manera más lenta que otros elaborados con arenas y cemento, pero se recomienda realizar pruebas de comprobación, ya que las condiciones de humedad y temperatura pueden cambiar las características de carbonatación y fraguado de los mismos.

Proyectos futuros

A partir del desarrollo de este estudio como patrón, se están realizando un análisis en otras regiones colombianas que permita determinar en otros climas con diferentes temperaturas y niveles de humedad el fraguado de morteros en edificaciones patrimoniales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, Jean-Pierre (1996). La construcción romana materiales y técnicas. León: Ed. Centro de los oficios.
- Avallone, Eugene; Baumeister, Theodore (1995). Manual del Ingeniero mecánico. Méjico: Ed. MacGraw Hill, p. 6-199
- Bartueso y Balarga, Fulgencio (1873). Manual de Albañilería. Paris: Librería de A Bouret e Hijo.
- Corradine Angulo, Alberto (1998). Introducción a la patología de edificios. Ed. Icomos de Colombia.
- Cox, M. (1991). A study of the sensitive and specificity of four presumptive tests for blood. J Forensic Sci.; 36(5): 1503-1511
- Fernández Luco, Luis (2010). Propuesta de indicadores de la eficacia del curado en obra. Buenos Aires: Revista Concreto y cemento. Enero a Junio, p.18
- Gamrath, Harry R. 1950. Process for the production of phenolphthalein. United States. Monsanto, Chemicals Patent 2522939.
- Gárate Rojas, Ignacio (2002). Artes de la cal. Madrid: Ed. Munilla-Leira.
- Kanan, María Isabel (2006). Argamasas de cal en la restauración de fortificaciones. Bogotá: Revista Apuntes vol. 19, núm. 1, p.8-21
- López Pérez, Cecilia; Ruíz Valencia, Daniel (2009). Rehabilitación de arquitectura en tierra en el área andina en Patrimonio y arquitectura en tierra, Avances de Investigación. Bogotá: Ed. Javeriana, 2009.
- Pérez Calvo, Carlos (1979). Diccionario ilustrado de arquitectura. Bogotá: Ed. Plazas. Diccionario de arquitectura y construcción en <http://www.parro.com/>. Consultado Junio 2009.
- Peroni, S.; Tersigni, C.; Torraca, G. (1981). Lime based mortars for the repair of ancient masonry and possible substitutes. In: Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings. Rome: ICCROM. p. 63-101.
- Pontificia Universidad Católica del Perú (2001). Manual de construcciones sismo resistentes en adobe. Lima: Ed. Copasa.
- Proterra (2003). Técnicas mixtas de construcción con tierra. Salvador: PROTERRA/HABYTED/CYTED.
- Tratado Broto de la Construcción (2006). Patologías de los materiales. Barcelona: Ed: linksbooks
- Useche, Luz Ángela (1993). Contribución al estudio de morteros y pañetes colombianos Bogotá: Colcultura.
- Villegas, M. R.; Acevedo, M. L.; Miranda, J.; Pinto, E. A. (2005). Validación de técnicas para detección de sangre, sangre humana y grupo sanguíneo ABO en diferentes soportes y condiciones con fines forenses. Cuadernos medicina Forense n.42 Sevilla oct. 2005.
- Wikipedia.(2010) The Free Encyclopedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Phenolphthalein> Consultado en Marzo de 2010.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración de las siguientes unidades académicas:

- Vicerrectoría Académica de la Pontificia Universidad Javeriana por la financiación del proyecto “Análisis de bóvedas hechas en madera en templos coloniales bogotanos”
- Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias básicas de la Pontificia Universidad Javeriana.

AUTORES

Cecilia López Pérez, Arquitecta con magister en Restauración de Monumentos arquitectónicos. Docente de pregrado del Departamento de Arquitectura y posgrado en la Maestría en Patrimonio Cultural y territorio. Directora de tesis de Maestría e investigadora principal del grupo GRIME- Grupo de investigación y materiales- de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá.

Crispín Celís, Químico con Magíster en Ciencias de la Universidad Industrial de Santander- Colombia. Especialista en el análisis de deterioro ambiental de bienes inmuebles del Centro Nacional de Restauración y Museología de la Habana, Cuba. Actualmente cursa estudios de doctorado en la Facultad de Tecnología y Química Ambiental del Instituto de Química de Praga, República Checa. Profesor de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá.

Luis Gonzalo Sequeda Castañeda, Químico de la Universidad Industrial de Santander con Magíster en Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). Docente del Departamento de Química y Posgrado en Ciencias de la PUJ. Ha trabajado en el campo de la Química Analítica en las áreas Ambiental, Petroquímica, Higiene y Salud Ocupacional, Farmacéutica, Alimentos y Bebidas.



ESTUDO DE ARGAMASSAS PARA ASSENTAMENTO DE BLOCOS DE TERRA COMPRIMIDA

Ana Paula da Silva Milani¹; Sandra Regina Bertocini²; Alex Meneses Silva³

DEC, CCET, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

(1) anamilani@dec.ufms.br; (2) bertocini@nin.ufms.br; (3) alexufms@hotmail.com

Palavras-chave: BTC, solo-cimento, argamassa de assentamento, trabalhabilidade, resistência mecânica.

Resumo

O crescente interesse pelo uso de alvenaria com blocos de terra comprimida (BTC) tem intensificado o emprego de novos materiais durante o assentamento, porém poucos dados técnico-científicos são encontrados sobre estas argamassas alternativas. Dentro destas premissas, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar as características físico-mecânicas das argamassas não-convencionais compostas de cimento como aglomerante principal; cola PVA ou cal como aglomerante secundário; e, solo e areia como agregado miúdo; bem como verificar o comportamento físico-mecânico de BTCs estabilizados com cimento e assentados com as argamassas alternativas. Para tal foram utilizados traços de argamassas com fluidez em torno de 280 mm (teste *flow table*), sendo realizados ensaios de resistência a compressão simples e flexão, de capacidade de absorção de água por imersão e por capilaridade. Para análise do comportamento do sistema de alvenaria foram rompidos mini-painéis de BTC com cimento assentados com as argamassas não-convencionais. Os resultados mostraram bom comportamento físico-mecânico das argamassas compostas com cimento+cola PVA+solo e cimento+cal+solo, sendo destacada a argamassa alternativa incorporada com cola PVA devido a melhor trabalhabilidade da mesma durante o assentamento dos BTCs com cimento.

1. INTRODUÇÃO

O solo tem sido usado como material de construção desde os primórdios da humanidade, essa cultura se estende a partir dos tempos da Mesopotâmia segundo relatos históricos. Sabendo disso, a indústria da construção civil atual retorna a essa cultura devido à escassez de matérias-primas para os materiais construtivos tradicionais como areia, argila, calcário, dentre outros.

A utilização do solo como material de construção implica na necessidade de promover a estabilização do mesmo ao longo do tempo com adição de cimento na grande maioria dos casos. Porém, o uso do solo-cimento em blocos de terra comprimida (BTC) para alvenaria ainda está relacionado à cultura da fabricação em prensa manual e com objetivo de construção de baixo custo, casa popular, sem a necessidade de mão-de-obra especializada e sem controle de qualidade e produção, resultando em baixa produtividade, desperdício de material, baixa resistência e popularização do bloco com cimento como produto de baixa qualidade.

Apesar do crescimento, não há especificação técnica suficiente para estabelecer parâmetros de consumo do produto a níveis de mercado, no que se trata de dimensões, composição ou para as diversas formas de aplicação (alvenaria estrutural ou de vedação) e muito menos com relação às argamassas a serem aplicadas. Além da falta de especificação e normatização, há poucos estudos técnico-científicos publicados com relação ao emprego das argamassas para alvenaria de BTC, sendo que dos trabalhos revisados apresentam-se apenas resultados em relação à resistência, custo e durabilidade dos BTCs com cimento, mas pouco sobre a argamassa a ser utilizada e a aplicação do método construtivo em obra.

Grande (2003), em seu estudo sobre comportamento físico-mecânico de tijolos de solo-cimento, afirmou que a presença de filetes de argamassa de assentamento na alvenaria de tijolos modulares exerce significativa influência na resistência à compressão de paredes e prismas, pois foi constatado que prismas assentados com argamassa adquirem maior resistência quando comparadas à resistência de primas de tijolo apenas encaixados. Entretanto, o referido autor destaca a necessidade de mais experimentações sobre as composições das argamassas devido a possibilidade das argamassas mais flexíveis absorverem melhor as tensões do carregamento, e, assim sendo, apresentar melhores resultados em ensaios de prismas e paredes.

O trabalho de Reddy e Gupta (2008) apresentou um estudo realizado com BTCs com cimento compostos de solo argiloso vermelho, areia e cimento com 12% de cimento em massa. Segundo os autores, existe pouca literatura sobre os efeitos das areias com diferentes graduações nas características das argamassas e das alvenarias de solo-cimento, sendo assim, durante a pesquisa, as argamassas foram divididas em dois grupos diferentes, argamassas de cimento:areia e argamassas de cimento:cal:cimento nas relações 1:6 e 1:1:6, com diferentes três tipos de areia: natural, média e fina. Foram moldados prismas com quatro BTCs cada, com juntas horizontais de 12 mm, para serem rompidos aos 28 dias. Dentre os prismas moldados, aqueles assentados com argamassas de cimento:cal:areia apresentaram diminuição dos valores das resistências à compressão de 13% quando comparados com prismas utilizando argamassas com areia grossa para fina. Já os prismas assentados com argamassas de cimento:areia apresentaram menor variação quando utilizadas areias com variação grossa para fina.

Portanto, destaca-se a importância do estudo técnico-científico dos elementos que compõe a alvenaria de BTC, seja para os tijolos e blocos como para as argamassas de assentamento, para posterior adequação e especificação dos materiais apropriados a serem utilizados na composição dessas paredes.

2. MATERIAIS E METODOLOGIA

2.1 Solo

Oriundo de uma jazida da Cidade de Campo Grande-MS, com características predominantes de solo arenoso, seco ao ar, destorroado e peneirado na malha 4,8 mm. Para a caracterização do solo foram realizados os seguintes ensaios:

- Ensaio de análise granulométrica (NBR 7181/1984);
- Ensaio de índice de plasticidade (NBR 7180/1984);
- Ensaio de massa específica dos sólidos (NBR 6508/1984).

2.2 Aglomerantes

O cimento Portland utilizado neste trabalho foi o CP II F 32, da marca Cauê. A cal hidratada foi a CH-III, da marca Fricol. Quanto a adesivo acrílico, adotou-se cola PVA, da marca Cascorez.

2.3 Areia

A areia foi retirada de jazida localizada na cidade de Campo Grande - MS, similar à que é utilizada na construção civil local, de composição granulométrica fina. Este material foi armazenado em laboratório e com ele foram realizados os seguintes ensaios de caracterização:

- Análise granulométrica da areia (NBR NM 248/2003);
- Teor de materiais pulverulentos (NBR NM 46/2003);
- Impurezas orgânicas (NBR NM 49/2001);
- Limites da composição granulométrica do agregado graúdo (NBR 7211/2005);
- Massa unitária (NBR 7251/1982).

2.4 BTC vazados com cimento

A confecção dos BTCs vazados com cimento foi realizada em prensa hidráulica na Indústria Eco Máquinas, localizada em Campo Grande- MS. Foram fabricados vários BTCs nas dimensões 125 mm x 250 mm x 75 mm de altura.

O traço de solo-cimento utilizado foi 1:10 (cimento:solo), em volume, com o intuito dos referidos blocos apresentarem resistência à compressão simples mínima de 1,7 MPa, aos 7 dias de cura. Os BTCs produzidos foram estocados sobre peças de madeira longe do vento e sol, com cura ao ar e molhados durante 7 dias. Tanto o cimento, quanto o solo para a confecção dos blocos foram os mesmos utilizados nas misturas de argamassas.

Foi aplicado o ensaio de compressão axial nos BTCs com cimento, conforme prescrições da NBR 10386 (1994), sendo tal teste realizado nas idades 7 e 28 dias para confirmação da resistência mínima adotada.

2.5 Argamassa

Os traços de argamassas (em massa) foram classificados em duas misturas: rica e pobre, ou seja, de acordo com a maior (rica) ou menor (pobre) relação cimento/agregado.

Os traços de argamassa compostas de cimento:cola PVA:solo (CPS) foram experimentados segundo recomendações de Grande (2003), sendo admitido o traço 1:0,5:6 como a mistura pobre e o traço 1:0,25:3 como a mistura rica.

Os traços de argamassa compostas de cimento:cal:areia (CCA) foram baseados na argamassa tradicional para alvenaria de vedação de bloco cerâmico usada em Campo Grande-MS, correspondendo aos traços 1:0,35:6,5 e 1:0,7:9,5 de mistura rica e pobre, respectivamente.

Para formulação dos traços a base de cimento:cal:solo (CCS) alterou-se apenas o agregado de areia para solo e foram mantidas as quantidades dos demais elementos de cada traço, baseados nos traços tradicionais anteriores.

Em relação a quantidade de água, foi determinada para cada mistura tendo-se como critério o ensaio de índice de consistência - *flow table* – recomendado pela norma brasileira NBR NM 43 (ABNT, 2003), no valor de 280 ± 10 mm, pois segundo Grande (2003) tal valor encontra-se com fluidez e trabalhabilidade adequada para aplicação da mistura com binaça ou colher de pedreiro durante o assentamento. Para caracterização física das argamassas, no estado fresco determinou-se o índice de consistência normal conforme procedimentos da NBR 7215/1995, e foram moldados e curados em câmara úmida por 7 dias corpos-de-prova cilíndricos (\varnothing 5 cm x 10 cm altura) e realizados os ensaios para a determinação de capacidade de absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica, segundo a norma brasileira NBR 9778 (ABNT, 2005). Já para determinação da resistência à tração à flexão e à compressão simples, NBR 13279 (ABNT, 2005), foram moldados e curados corpos-de-prova prismáticos (4 cm x 4 cm x 16 cm) e realizados os ensaios aos 7 e 28 dias de idade.

2.6 Mini-Painéis

Foram confeccionados mini-painéis de BTCs com cimento assentados com as argamassas em estudo, sendo a cura realizada em câmara úmida da mesma forma que as argamassas. Os mini-painéis constituíram de três blocos assentados um sobre o outro de forma que os blocos superiores e inferiores foram capeados com antecedência para permitir o transporte das peças sem interferir nas juntas até o rompimento (figura 1). Os mini-painéis foram rompidos em prensa hidráulica nas idades de 7 e 28 dias a partir da data de aplicação da argamassa seguindo as prescrições da norma NBR 8215 (ABNT, 1983).

Para a aplicação das argamassas foi utilizado um tubo plástico de aplicação silicone em pistola, usado na construção civil para melhor aplicação das argamassas no assentamento dos blocos (figura 2), porém foi necessário aplicar as argamassas feitas de cimento, cal e

areia (CCA) com saco plástico pequeno, pois essas argamassas apresentaram grande dificuldade de aplicação com a pistola, ao ponto de inviabilizar a aplicação com o equipamento.



Figura 1. Mini-painel de BTCs



Figura 2. Aplicação de argamassas sobre BTC

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos ensaios de caracterização dos materiais estão dispostos na tabela 1 para solo não plástico (NP), tabela 2 para caracterização da areia e tabela 3 para compressão dos blocos de BTCs com cimento nas idades de 7 e 28 dias.

Tabela 1. Caracterização física do solo

Características físicas		Resultados
Massa específica dos sólidos (g/cm ³)		2,84
Limite de Liquidez (%)		NP
Limite de Plasticidade (%)		NP
Material que passa #4,8 mm (%)		100
Material que passa #0,075 mm (%)		20
Classificação:		A₂₋₄ – solo arenoso
Distribuição Granulométrica do Solo		
Argila: 20 %	Silte: 3 %	Fina: 76% Média: 1 % Grossa: 0 % Pedregulho: 0 % Areia: 77 %

Tabela 2. Composição granulométrica, ensaios especiais e substâncias nocivas da areia 1

Determinações - segundo a NBR NM 248/2003		
Abertura das malhas (mm)	Porcentagem de massa retida (%)	
	Média individual areia 1	Acumulada areia 1
0,30	16,00	16,00
0,15	74,00	90,00
Dimensão máxima (mm)		0,60
Módulo de finura		1,06
Massa específica do agregado NBR 9775/87 (Frasco de Chapman)		2,66 kg/dm ³
Massa unitária (NBR 7251/1982) (kg/dm ³)		1,49 kg/dm ³
Teor de materiais pulverulentos (NBR NM 46/2003)		0,8% ⁽¹⁾
Impurezas orgânicas (NBR NM 49/2001)		Mais clara ⁽²⁾

Limites máximos – segundo a NBR 7211/2005

⁽¹⁾ concreto submetido a desgastes superficial $\leq 3,0\%$ e protegidos ao desgastes $\leq 5,0\%$;

⁽²⁾ a solução obtida no ensaio deve ser mais clara que a cor padrão.

Apesar dos resultados do ensaio de compressão simples dos BTCs com cimento não alcançarem valores de resistência (tabela 3), exigidos na norma NBR 8491 (ABNT,1994), a

qual estabelece a média da resistência à compressão superior ou igual a 2,0 MPa e 1,7 MPa como o valor mínimo individual, os mesmos apresentam potencialidade de aplicação como alvenaria de vedação a partir da utilização de outros agentes estabilizadores ou mesmo melhoramento no processo de fabricação.

Tabela 3. Resultados médios do ensaio de compressão simples dos BTCs com cimento nas idades de 7 e 28 dias

Idade (dias)	Média das resistências (MPa)	D.P.	C.V. (%)
7	1,60	0,18	9,89
28	1,82	0,10	9,38

D.V. Desvio Padrão; C.V. Coeficiente de Variação

Ao se analisar os traços de CCS e CCA (tabela 4) percebe-se que estes apresentam relações água/cimento muito próximas aos seus respectivos resultados *flow table*, se comparados com os traços com cimento, cola e solo (CPS), demonstrando o efeito de estabilização da cal hidratada na trabalhabilidade da mistura.

A trabalhabilidade de cada argamassa no momento da aplicação sobre o BTC com cimento foi diferente para cada traço, o que indica que apenas o teste de *flow table* não representa fielmente o requisito de trabalhabilidade de uma argamassa para o assentamento com bisnaga. Contudo, as argamassas com solo se mostraram muito mais plásticas do que as com areia, sobretudo os traços CPS devido esta não apresentar a mesma aderência ao bico da pistola como os traços CCS.

Tabela 4. Resultados médios do ensaio de índice de consistência das argamassas - NBR NM 43/2003

Traço	Quantidade (g)					<i>Flow Table</i> (mm)	UR (%)	T (°C)
	Cimento	Cola	Solo	Água	A/C			
CPSrico	250	62,5	750	197,5	0,79	279	58	20
CPSpobre	150	75	900	210	1,40	286	61	21
	Cimento	Cal	Solo	Água				
CCSrico	200	50	1300	338	1,69	283	50	21
CCSpobre	100	70	950	245	2,45	273	55	24
	Cimento	Cal	Areia	Água				
CCArico	150	52,5	975	228	1,52	282	55	24
CCApobre	100	70	950	225	2,25	277	63	23

Cimento:Cola:Solo: (1:0,25:3,0) CPSrico e (1:0,5:6,0) CPSpobre
 Cimento:Cal:Solo: (1:0,35:6,5) CCSrico e (1:0,7:9,5) CCSpobre
 Cimento:Cal:Areia: (1:0,35:6,5) CCArico e (1:0,7:9,5) CCApobre

Os traços constituídos de cimento, cola e solo apresentam relação água/cimento discrepantes quando comparados com seus respectivos traços de cimento, cal, solo e cimento, cal, areia; fato este devido a presença do componente líquido em sua mistura, com quantidade significativa de água em sua composição, a cola PVA, o que explica a sua relação água/cimento menor que as demais misturas.

Analisando as figuras 3 e 4, houve o ganho de resistência entre as idades de 7 e 28 dias independente do tipo da composição do traço e da relação agregado/cimento. Entretanto, as misturas compostas por cal apresentam ganho de resistência maior do que as outras, dentre essas, aquelas com solo como agregado, apresentam ganho mais significativo do que aquelas com areia. Esse ganho de resistência pode ser explicado devido à reação da cal com as partículas de argilominerais do solo que produzem compostos cimentantes, os quais promovem aumento da resistência. Já a composição com areia não apresenta reações cimentantes pela areia ser um material inerte.

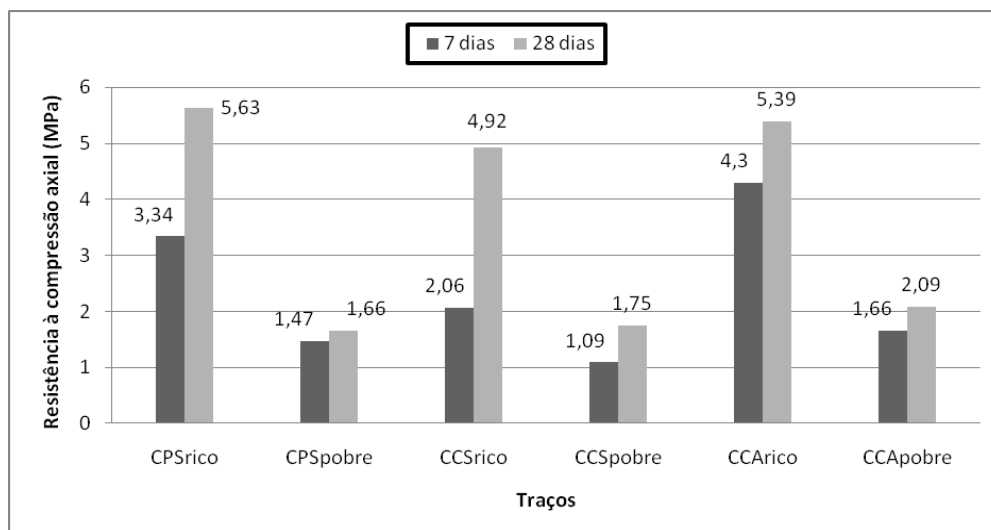


Figura 3. Resistência à tração na flexão das argamassas

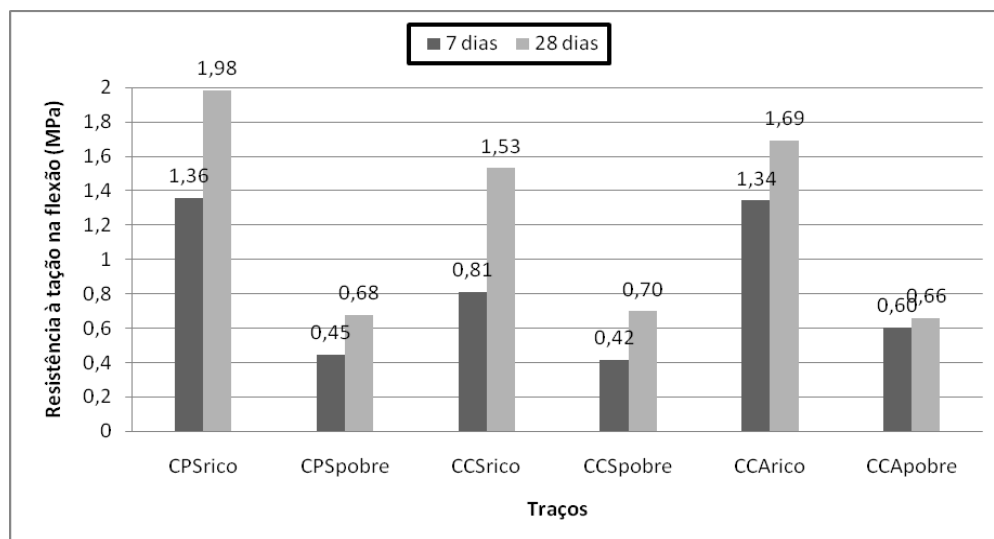


Figura 4. Resistência à compressão simples das argamassas

Dentre todos os traços de argamassas analisados, todos apresentaram maior índice de vazios aos 7 dias do que aos 28 dias, devido ao longo do tempo ocorrerem as reações pozolânicas, aumentando as resistências (figura 5). Pode-se afirmar que as argamassas pobres apresentam valores de absorção de água maiores que seus respectivos traços ricos, como já esperados, devido a maior relação de agregado/cimento em relação aos traços ricos. Percebe-se, também, que o traço CCArico – argamassa tradicional – foi aquele com menor absorção de água e menor índice de vazios dentre os demais, sendo assim o que apresenta maior durabilidade, por causa da baixa superfície específica que a areia confere a mistura.

Durante os processos de confecção dos mini-painéis, foi relatado pelo executor do serviço, o pedreiro, que as argamassas CPS são excelentes para assentamento de BTCs com cimento com a pistola, pois a mistura não possui gomos ou flocos, e também as argamassas de CCS são mais rústicas do que as argamassas com cola.

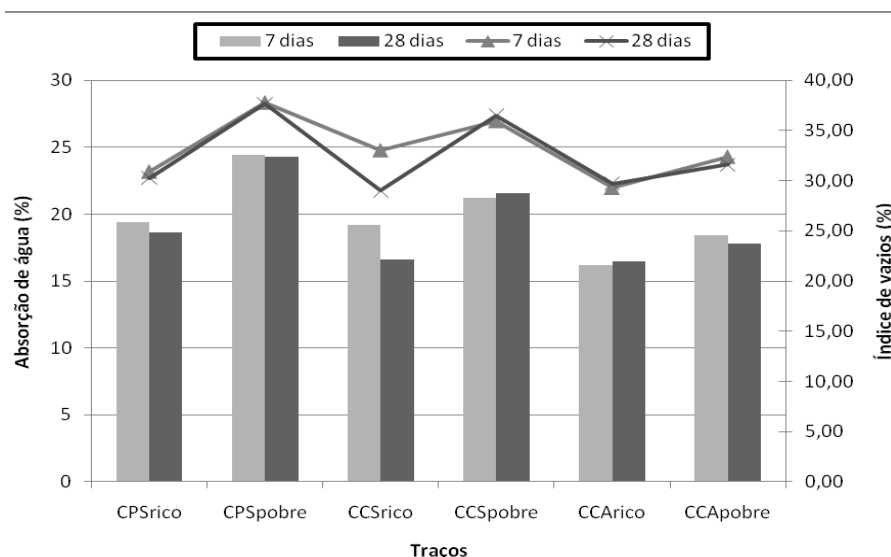


Figura 5. Capacidade de absorção de água e índice de vazios das argamassas

Ao analisar os resultados de ruptura de mini-painéis (figura 6) percebeu-se o aumento significativo de resistência ao longo de 28 dias para os painéis assentados com argamassas adicionadas de cola PVA, sendo que os demais painéis sofreram reduções não-significativas das suas resistências. Apesar das argamassas tradicionais (CCA) apresentarem melhor desempenho físico-mecânico que as misturas com solo e cola PVA, quando aplicadas nos mini-painéis, as mesmas não resultaram no melhor desempenho mecânico do painel, ou seja, demonstrou que uma alvenaria necessita de argamassas as quais absorvam a energia aplicada ao conjunto, o que corrobora que para assentamentos de blocos e tijolos de vedação não é recomendado argamassas rígidas. Destacam-se os mini-painéis assentados com argamassas de cimento: cal: solo (CCS), aos quais apresentaram maiores resistências, o que pode afirmar a compatibilidade entre os materiais, já que tanto os blocos como as argamassas foram compostos pela matéria-prima principal a terra (solo arenoso), além das reações de pozolanicidade da argamassa entre o solo e a cal.

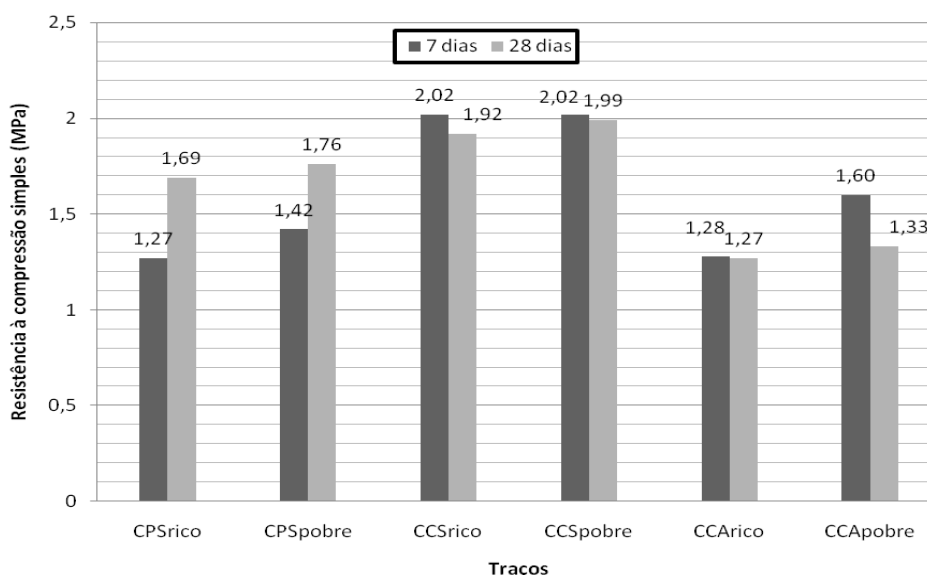


Figura 6. Resistência à compressão simples dos mini-painéis.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quantidade de água necessária para promover o perfeito assentamento de tijolos modulares de solo-cimento foi definida pelo índice de consistência - *flow table* -, porém,

apesar de todas as argamassas estudadas terem o mesmo critério de aceitação, as argamassas compostas por cimento:cola:solo apresentaram a melhor trabalhabilidade no momento de aplicação. Por outro lado, o desempenho físico-mecânico e durabilidade das argamassas tradicionais (cimento: cal: areia) foram melhores que as argamassas que foram adicionadas de solo e cola PVA. O melhor comportamento das argamassas aplicadas no assentamento dos BTCs com cimento foi apresentado pelas misturas de cimento:cola PVA:solo e de cimento:cal:solo, pois além de apresentarem maiores resistências para o conjunto mini-painel, também apresentaram boa trabalhabilidade para aplicação com pistola. Com isso, pode-se recomendar para o assentamento de blocos e tijolos modulares de solo-cimento a argamassa composta por cimento, cola PVA e solo com traço pobre na proporção em massa de 1: 6,5: 9,5 e com relação água/cimento 1,4.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 7211: Agregados para concreto. Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. NBR 7251: Agregados em estado solto – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.

_____. NBR 8215: Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Preparo e ensaio à compressão. Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

_____. NBR 8491: Tijolo maciço de solo-cimento. Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 9775. Determinação da umidade superficial em agregados miúdos por meio do frasco de Champman. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. NBR 10836: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. NBR 13279: Argamassa para assentamento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. NBR NM 248: Análise granulométrica da areia. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. NBR NM 43: Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. NBR NM 46: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. NBR NM 49: Impurezas orgânicas. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

GRANDE, F. M. (2003). *Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa*. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. p.75-99.

REDDY, B. V.; GUPTA, A.(2008). *Influence of sand grading on the characteristics of mortars and soil-cement block masonry*. Elsevier. *Construction and Building Materials*, v.22, p.1614-1623.

AUTORES

Ana Paula da Silva Milani, doutora em construções rurais e ambiência, professora adjunta da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, membro do PROTERRA e da Rede TerraBrasil.

Sandra Regina Bertocini, mestre em construção civil, tecnóloga da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS e coordenadora do Laboratório de Materiais de Construção da UFMS.

Alex Meneses da Silva, engenheiro civil, autor do trabalho de conclusão de curso a qual originou este artigo científico.



ESTUDO PRELIMINAR DO USO DE CIMENTO E ADITIVO DS328® COMO ESTABILIZANTES DE SOLO DA REGIÃO DO PANTANAL SUL MATO-GROSSENSE

Ana Paula da Silva Milani¹, Sandra Regina Bertocini²,
Wagner Augusto Andreasi³, Andressa Berti Pedrosa⁴;

DEC, CCET, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

(1) anamilani@dec.ufms.br; (2) bertocini@nin.ufms.br; (3) andreasi@dec.ufms.br; (4) andressa_berti@hotmail.com

Palavras-chave: baba de cupim, resistência mecânica, solo-cimento

Resumo

Para a melhoria das propriedades físico-mecânicas do solo na aplicação como material de construção, o presente trabalho tem como objetivo utilizar cimento e o aditivo químico DS328® (aditivo sintetizado, comercialmente identificado como baba de cupim sintetizada) para estabilização de solo da região do pantanal sul mato-grossense, nas proximidades da cidade de Ladário – MS (intitulado solo pantaneiro). Para tanto, foram realizadas coleta e caracterização física do solo pantaneiro. Quanto ao DS328®, para melhorar a trabalhabilidade foi necessária a diluição em água na proporção de 5%, ou seja, 50 ml de solução para 1000ml de água. Foi realizado o estudo de dosagem das misturas de solo-cimento-DS328® com traços de 10%, 8% e 6%, de cimento em relação ao solo, e traços de 1/1000 e 1/2000, de DS328® em relação a mistura de solo-cimento, moldagem de corpos-de-prova e realizados ensaios físico-mecânico: compressão simples e absorção de água. Ao final da pesquisa, obteve-se o solo pantaneiro mais estável, com potencialidade para produção de componentes construtivos, porém o aditivo DS328® não apresentou influência significativa no desempenho físico-mecânico do solo-cimento compactado.

1. INTRODUÇÃO

Apesar dos atuais avanços tecnológicos apresentados no mundo, a construção civil se manteve com seus tradicionalismos, o que é para o meio ambiente, danoso. Com isso, hoje, existe uma freqüente preocupação com o meio ambiente e métodos alternativos surgem com o intuito de reduzir os impactos causados pela indústria tradicional da construção civil.

Os processos, em especial os de confecção de blocos cerâmicos, são impactantes à natureza. Uma vez que para sua produção, a queima do composto argiloso gera alta concentração de poluentes na atmosfera. Para minimizar esta degradação ambiental e juntamente reduzir os custos energéticos do produto final, a racionalização de recursos naturais é uma viável alternativa, pois se tratam de materiais de baixo consumo energético.

Analisando estes pontos, existem várias técnicas que visam diminuir o impacto ambiental. Uma delas trata da potencialidade de um tipo de solo que é encontrado em campos, fazendas, confeccionado por cupins. Este ninho é feito com a saliva do animal, que se trata de uma substância ácida. Dentre suas características encontra-se o alto valor de resistência do composto. Avaliando as características da saliva deste animal, em laboratório, cientistas conseguiram sintetizá-las, mantendo com fidelidade essas características, surgindo o produto patentado DS328® (Vaillant, 1995).

O produto DS-328® é um sal orgânico derivado de uma composição química de óleos vegetais. É um líquido de coloração verde, densidade mínima a 25° C = 1,035 g/cm³, com pH mínimo de 10,5 em solução a 1%, totalmente solúvel em água. Em contato com os reagentes e o solo, forma um composto metalo-orgânico insolúvel e permanente, cuja ação se exerce por uma floculação e aglutinação das partículas finas dos solos e por conseguinte, a coesão estável entre as partículas do solo (Bussamra, 2008).

Vaillant (1995) estudou os efeitos do uso de DS328® na estabilização de dois tipos de solo da região de Viçosa – MG para fins rodoviários, um solo caracterizado como solo arenoso (A2-4) e outro como solo argilo-arenoso (A 7-5). Foram adotados três traços com adição de solução de DS328® (produto diluído em água) - 1:1000, 1:1500 e 1:2000, e um traço sem adição de DS328® como testemunha. O referido autor verificou que para o solo arenoso houve a tendência de redução dos valores de coesão com o aumento da dosagem do estabilizante DS328®, porém, devido as dispersões, houve uma exceção notada para a dosagem de 1:2000 que apresentou um acréscimo de coesão da ordem de 18% em relação a coesão do solo natural. Já para o solo argilo-arenoso foi verificado o aumento de resistência apenas para as amostras estabilizadas no padrão do fabricante, ou seja, na relação 1:1000 e 1:2000 de DS328® + reagente sulfato de alumínio à 1:5000, sendo que o melhor resultado foi apresentado para a dosagem 1:2000 com aumento de ordem de 36%. Como conclusões, Vaillant (1995) afirmou que em função da pouca quantidade de finos do solo arenoso, os efeitos do aditivo são menores, embora ainda significativos, em relação aos efeitos no solo argiloso.

Portanto, esta pesquisa propõe a utilização deste produto na estabilização do solo pantaneiro com o intuito de avaliar a potencialidade do produto sintético frente à fabricação de elementos construtivos de solo-cimento-DS328®, visto que este estabilizante, apesar de estar consagrado para uso em solos estabilizados para fins rodoviários, ainda não conta com estudos científicos que avaliem os resultados de sua aplicação na construção com terra. A importância deste estudo envolve a economia de matérias não-renováveis, aliada à funcionalidade que os materiais alternativos, de baixo custo, baixa agressividade ao meio ambiente podem oferecer.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia foi baseada nos escassos trabalhos sobre o tema, como o desenvolvido por Vaillant (1995), e os ensaios realizados de acordo com as normas brasileiras da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

2.1 Solo

Foi coletada amostra do solo pantaneiro nas proximidades da cidade de Ladário – MS, com características predominantemente arenosas. Tal solo foi escolhido, pois nesta região encontra-se a Base de Estudos do Pantanal da UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), a qual foi realizada visita técnica pelo Grupo de Pesquisa da UFMS Conforto no Ambiente Construído e pode ser observada em suas redondezas a presença do uso corrente do solo local para a confecção de vedações das construções regionais, sendo alegados pelos proprietários das moradias populares os seguintes motivos para a utilização deste material: tradição regional do uso da terra compactada como material de construção, facilidade de obtenção desta matéria-prima, dificuldades para obtenção de materiais convencionais como cimento e cerâmica, redução de custo do produto final, e boas características técnicas traduzidas como presença de conforto térmico no interior da edificação.

Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização física do solo: análise granulométrica, de acordo com a norma brasileira NBR 7181 (ABNT, 1984); índice de plasticidade, massa específica dos sólidos e compactação de Proctor de acordo com as normas brasileiras NBR 7180 e NBR 6459 (ABNT, 1984).

2.2 Estabilizantes

O cimento Portland utilizado foi o CII-E 32, da marca Cauê.

Quanto ao estabilizante DS328®, o mesmo foi doado pela empresa FISTEC Engenharia, a qual comercializa e realiza assistência técnica sobre aplicação do produto na estabilização de solo em obras de médio e grande porte (estradas, pavimentações). O produto foi

preparado previamente para uso no presente trabalho, sendo produzido uma solução de 5% de DS328®, ou seja, 50 ml de DS328® diluído em 1000 ml de água independente do traço a ser utilizado, conforme orientações do fabricante do produto.

2.3 Estudo de dosagem das misturas de solo-cimento – DS328®

Para a realização deste estudo de dosagem foi primeiramente determinado a umidade ótima das misturas de solo-cimento-DS328® através do ensaio de compactação de Proctor e a partir destes resultados foram confeccionados e curados durante 7 dias séries de corpos-de-prova cilíndricos (ø 5 cm x 10 cm altura) para aplicação dos ensaios de compressão simples e capacidade de absorção de água conforme as prescrições das normas NBR 12025 (ABNT, 1990) e NBR 13555 (ABNT, 1996), respectivamente, nas idades de 7 e 28 dias.

Foram escolhidas as seguintes dosagens do estabilizante cimento (em massa): 6%, 8% e 10%; e para cada traço de solo-cimento foram adicionados proporções de 1:1000 e 1:2000 de solução de DS328®, sendo que a proporção de 1:1000 significa que para cada 1.000 kg de solo tem-se 1 kg de solução de DS328® a 5%.

Como exemplo de cálculos para a confecção das misturas de solo-cimento-DS 328® segue-se à seqüência abaixo:

1. Prepara-se a quantidade adequada de solo para compor a amostra a ser ensaiada, como exemplo 6.000g de solo preparado ($P_{úmido}$), em seguida, determina-se o valor da umidade higroscópica (h_{ig}) da amostra do solo. Com este valor, determina-se o valor da quantidade correta de solo seco (equação 1):

$$P_{seco} = \left(\frac{100}{100 + h_{ig}} \right) \times P_{úmido} \quad (\text{Equação 1}).$$

Assim quando $P_{úmido} = 6000$ g e $h_{ig} = 7,0\%$, tem-se $P_{seco} = 5608$ g.

2. Para o cálculo da quantidade total de água ($Q_{água}$) para atingir a umidade ótima de compactação (h_{ot}), utiliza-se a equação 2:

$$Q_{água} = \left(\frac{h_{ot} - h_{ig}}{100} \right) \times P_{seco} \quad (\text{Equação 2}).$$

Sendo que no exemplo a $h_{ot} = 18,0\%$, tem-se $Q_{água} = 616$ ml. Esta quantidade de água será a somatória da solução do estabilizante DS328® + água pura para atingir a umidade ótima de compactação. Sendo assim, o cálculo da quantidade de solução do estabilizante DS328® ($Q_{solução}$) a diluição de 5% ($d = 0,05$), na dosagem de 1:1500 ($D = 1500$) será:

$$Q_{solução} = \frac{P_{seco}}{(D \times d)} \quad (\text{Equação 3}),$$

a qual resulta para o exemplo em 75 ml.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Ensaio de compactação

O solo pantaneiro apresentou as seguintes características físicas:

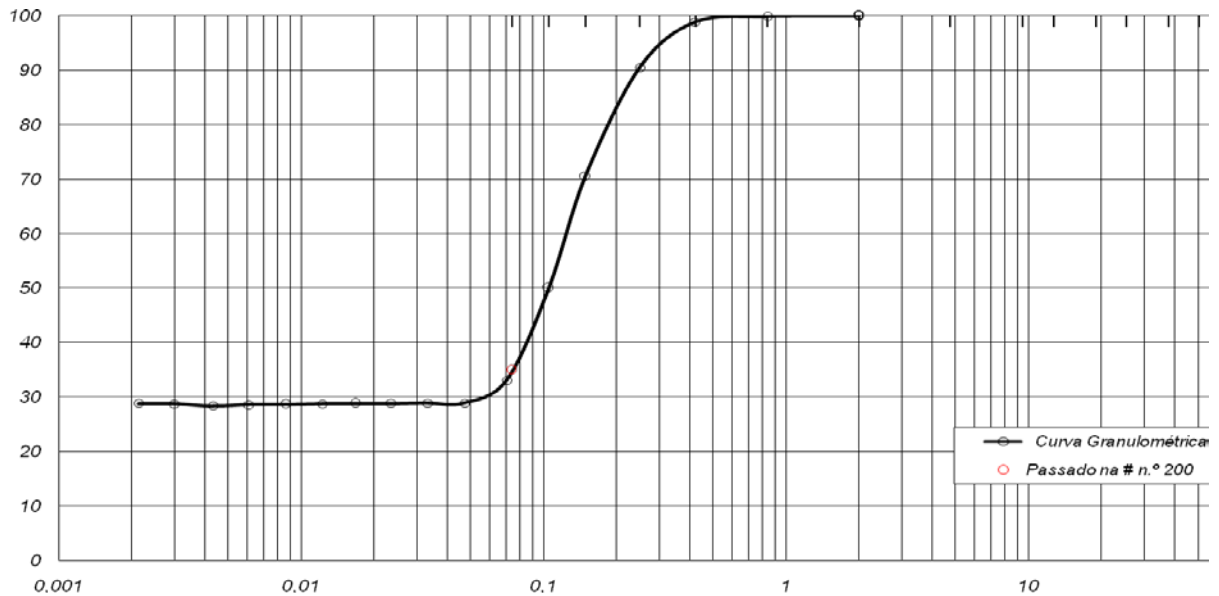


Figura1. Curva Granulométrica do solo pantaneiro

Tabela 1. Caracterização do solo

Especificação	Unidade	Quantidade
Areia	%	71
Argila	%	28
Silte	%	1
Limite de liquidez (LL)	%	20
Limite de plasticidade (LP)	%	12
Índice de plasticidade (IP)	%	8
Massa específica dos sólidos	g/cm ³	2,857
Umidade ótima (h_{ot})	%	10,5
Massa específica máx. seca ($\gamma_{dmáx}$)	g/cm ³	1,900

Analisando-se os dados da tabela 1 e seguindo as recomendações da AASHTO, o solo pantaneiro caracterizou-se como A 2-4, com descrição visual como areia argilosa.

Não houve variação significativa da umidade ótima (h_{ot}) para a mesma quantidade de cimento e diferentes concentrações de solução de DS328[®] (tabela 2). Portanto, foi utilizado para as referentes misturas de solo-cimento o mesmo teor de umidade para qualquer valor de concentração de DS328[®].

Tabela 2. Teor de umidade ótima para cada dosagem de cimento

Ensaio de Compactação de Proctor		
Cimento	h_{ot} (%)	$\gamma_{dmáx}$ (kg/m ³)
6%	15,2	1900
8%	15,3	1886
10%	15,9	1864

2.2 Desempenho físico-mecânico

Tabela 3. Resultados dos ensaios de compressão simples e absorção de água dos corpos-de-prova de solo-cimento-DS328®

Traços/Tratamento	Resistência a compressão simples (MPa)		Absorção de água (%)	
	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
6% Cim	1,83	2,93	15,20	16,75
6% Cim + 1:1000 DS328®	1,96	3,16	15,14	16,11
6% Cim + 1:2000 DS328®	2,83	3,44	14,71	15,92
8% Cim	3,60	3,90	14,89	14,32
8% Cim + 1:1000 DS328®	3,95	3,45	15,77	15,14
8% Cim + 1:2000 DS328®	2,74	2,29	16,19	15,23
10% Cim	3,69	5,09	16,41	14,61
10% Cim + 1:1000 DS328®	3,56	5,22	16,15	15,54
10% Cim + 1:2000 DS328®	3,33	4,96	16,02	15,32

Analisando a tabela 3 pode-se verificar que, tanto para os 7 dias como para os 28 dias de idade, não houve aumento significativo da resistência à compressão simples dos corpos-de-prova quando adicionados DS328® na proporção de 1:1000. No entanto, para a adição de 1:2000 de DS328® foi percebido, ainda que não para todos os tratamentos, uma diminuição da resistência quando comparados com seus respectivos traços de solo-cimento. Mesmo assim, os resultados encontrados não foram suficientes para constatar a eficiência da maior quantidade de DS328® no melhoramento da resistência mecânica do solo.

Verificando-se o ganho de resistência ao longo dos 28 dias, notou-se tal comportamento para todos os traços, independente da quantidade de DS328® incorporada ao tratamento, com exceção da dosagem 8% cim+DS328®. Ressalta-se que o ganho de resistência foi mais significativo para os tratamentos com adição ao solo de 10% de cimento.

Como esperado, com o aumento do teor de cimento, tanto para os 7 dias como para os 28 dias de idade, os corpos-de-prova de solo-cimento-DS328® apresentaram aumento gradativo da resistência, independente da presença ou não de DS328® no tratamento.

Quanto ao desempenho físico, independente da idade e da dosagem, não houve diferença significativa entre os valores de capacidade de absorção de água dos corpos-de-prova de solo-cimento-DS328®.

Tais observações levam a considerar que a estabilização do solo pantaneiro ocorreu devido a adição do estabilizante cimento Portland e que independente da maior ou menor quantidade de incorporação do aditivo DS328®, o solo estudado não apresentou melhoras significativas no seu desempenho físico-mecânico. Esta constatação corrobora as afirmações de Vaillant (1995), a qual dissertou em seus estudos de estabilização de solos com o aditivo DS328® que tal produto não apresenta propriedades químicas para provocar o aumento de resistência mecânica do solo, mas tem a potencialidade de evitar que as partículas do solo compactado percam parte de sua resistência quando em contato com a água devido. Para verificação desta potencialidade do produto DS328® seria recomendado a realização de ensaios de durabilidade nos corpos-de-prova de solo-cimento- DS328®.

Ressalta-se, também, que a influência significativa do produto DS328® nas características do solo pantaneiro compactado não ocorreu pelo fato do solo ser predominante arenoso, visto que a propriedade principal deste aditivo é de aglutinar as partículas finas do solo através do fenômeno da troca catiônica dos argilominerais, com a consequente floculação e decantação das mesmas, não permitindo sua lixiviação da composição estrutural do solo tratado.

Considerando as prescrições da NBR 8492 (ABNT,1984), a adição de 8% de cimento no solo pantaneiro é suficiente para estabilizá-lo e posteriormente aplicá-lo como material de construção.



Figura 2. Corpos-de-prova de solo-cimento-DS328® após ensaio de compressão simples

4. CONSIDERAÇÃO FINAIS

O solo pantaneiro foi estabilizado pela adição do cimento Portland, porém não houve ganhos significativos no seu desempenho físico-mecânico com a presença do DS328®, independente da porcentagem adicionada ao solo-cimento compactado. Recomenda-se para futuros trabalhos a aplicação de ensaios de durabilidade (ciclagem de molhamento e secagem) para verificar a influência do produto DS328® no desempenho físico do solo ao longo do tempo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459 - Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 6508 - Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 7180-Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 7181 - Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 7182 - Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. NBR 8492 – Tijolo maciço de solo-cimento: Determinação da resistência à compressão e absorção de água. Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 12025 - Solo-Cimento - Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

_____. NBR 13555 - Solo-Cimento – Determinação da absorção d'água. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

Bussamra, H. R. V. Apresentação FISTEC Engenharia Ltda. 2008.

Vaillant, J. M. M. Efeitos estabilizantes do DS-328@ sobre três solos de Viçosa-MG para fins rodoviário. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

AUTORES

Andressa Berti Pedrosa, aluna do curso de graduação engenheira civil, bolsista de iniciação científica.

Ana Paula da Silva Milani, doutora em construções rurais e ambiência, professora adjunta da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, membro do PROTERRA e da Rede TerraBrasil.

Sandra Regina Bertocini, mestre em construção civil, tecnóloga da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS e coordenadora do Laboratório de Materiais de Construção da UFMS.

Wagner Augusto Andreasi, doutor em construção civil, professor adjunto da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS e coordenador do Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações da UFMS.



FIBRAS DISPERSAS DE PAPEL KRAFT PROVENIENTES DA RECICLAGEM DE SACOS DE CIMENTO PARA A PRODUÇÃO E ASSENTAMENTO DE BTCs

Márcio Buson¹, Humberto Varum², Rosa Maria Sposto³

- (1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, ICC Norte Bloco A, FAU – 70910-900 Brasília – Brasil; mbuson@unb.br <http://www.unb.br/fau>
- (2) Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago - 3810-193 Aveiro – Portugal; hvarum@ua.pt <http://www.civil.ua.pt>
- (3) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília; Campus Universitário Darcy Ribeiro, SG-12 ENC/FT – 70910-900 Brasília – Brasil – rmsposto@unb.br

Palavras-chave: BTC, reciclagem de sacos de cimento, Kraftterra, compressão diagonal.

Resumo

O presente trabalho trata do desenvolvimento e análise do compósito Kraftterra – terra estabilizada com a incorporação de fibras dispersas de papel kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento – para produção de BTCs e como argamassa de assentamento de elementos de vedação vertical. Tem por objetivo principal a definição do comportamento de pequenas paredes (prismas) de BTCs de Kraftterra quanto à compressão diagonal. Os ensaios demonstraram que os prismas produzidos com BTCs e argamassa de assentamento de Kraftterra apresentam uma excelente aderência entre bloco e argamassa. Todos os prismas ensaiados apresentaram linhas de fissura muito próximas da linha normal de carregamento e as fissuras ocorreram tanto nos blocos quanto nas argamassas de maneira semelhante e sem descolamentos entre blocos e argamassa. A argamassa de assentamento produzida com Kraftterra resulta em fortes ligações entre blocos e produz elementos construtivos homogêneos e com desempenho uniforme, ou seja, com alta monoliticidade.

1. INTRODUÇÃO

Todos os anos, milhões de toneladas de cimento são utilizadas na construção civil. Após o uso do cimento a maioria dos sacos é descartada na natureza, sem qualquer tratamento, causando um enorme impacto ambiental negativo. Em 2008, por exemplo, a produção de cimento no Brasil alcançou a marca de 59,9 milhões de toneladas. Desta produção, 73% foram ensacados, o que equivale a 37,3 milhões de toneladas (SNIC, 2009). Considerando sacos de 50 kg do material, pode ser estimado que no Brasil, apenas em 2008, foram descartados cerca de 747,3 milhões de sacos de cimento. O que corresponde a um consumo de aproximadamente 112 mil toneladas de papel kraft natural multifoliado para esse fim.

As fibras das embalagens de papel kraft natural têm excelentes propriedades físicas e mecânicas. Esse papel é fabricado seguindo as especificações rígidas exigidas pela indústria do cimento, uma celulose sulfato de alta resistência, de fibra longa, que é geralmente empregada pura.

Após a utilização do cimento, o saco, constituído por material com tão boas características físicas e mecânicas, acaba não sendo utilizado pelas empresas de reciclagem de papel por se encontrar contaminado pelo cimento. Há, porém, grande potencial para seu aproveitamento na produção de novos componentes para construções.

De acordo com Rigassi (1985), a adição de fibras para reforçar a terra é muito comum em construções tradicionais de blocos de adobe, mas que essa adição é incompatível com o processo de compressão dos BTCs por produzirem misturas muito elásticas. As análises com o Kraftterra indicaram o oposto.

Este trabalho descreve o processo de produção de BTCs estabilizados com cimento e fibras celulósicas longas provenientes da reciclagem de sacos de cimento, material que nesta pesquisa foi chamado de Kraftterra, bem como o comportamento de pequenas paredes (prismas) levantadas com BTCs e argamassa de assentamento de Kraftterra quanto à compressão diagonal.

2. PROCESSO DE PRODUÇÃO DO KRAFTTERRA

A produção do Kraftterra inicia com a reciclagem dos sacos de cimento. Após imersão e agitação em água as fibras do papel kraft natural são dispersas resultando numa polpa de celulose. Em seguida retira-se o excesso de água da polpa e as fibras aglomeradas são separadas com o uso de trituradores. Com as fibras soltas inicia-se o processo de mistura do novo material.

2.1 Reciclagem dos sacos de cimento

A primeira etapa do processo de reciclagem é a limpeza dos sacos de cimento, os quais normalmente são descartados ainda com restos do material no fundo das embalagens, principalmente entre as dobras de fechamento dos sacos (esses restos ainda secos podem ser incorporados à mistura do novo composto). Este cuidado é mais necessário com as embalagens que foram expostas à umidade excessiva ou tiveram contato com a água, por conterem pedriscos de cimento endurecido ou até grandes placas rígidas no fundo dos sacos. Este material sólido pode provocar danos ao equipamento de reciclagem. Esta etapa requer cuidados no manuseio dos sacos para se evitar contaminações. Faz-se necessário o uso de equipamentos de segurança, como luvas, óculos, máscaras e roupas adequadas.

Em seguida à limpeza passa-se para a etapa de transformação dos sacos de cimento em polpa de celulose, que consiste basicamente na dispersão das fibras do papel kraft. Essa dispersão é feita com a imersão dos sacos de cimento em água e posterior agitação até a total separação das fibras do papel. Não se faz necessária qualquer adição de produtos químicos ou aquecimento da água.

O excesso de água da polpa de celulose deve ser retirado. Recomenda-se o uso de uma centrífuga. Após a retirada do excesso de água as fibras devem ser dispersas. Para tal recomenda-se algum tipo de triturador de resíduos ou de galhos, muito utilizados em serviços de jardinagem. Após esta dispersão o processo de mistura do Kraftterra pode ser iniciado (figura 1).



Figura 1. Agitadores (esquerda); centrífuga (centro) e trituradores de resíduos (direita)

2.2 Processo de mistura do Kraftterra

A mistura do novo composto pode ser realizada com diversas ferramentas e equipamentos. Pode-se utilizar desde uma enxada, em processos manuais, até grandes misturadores de solo em processos mecanizados e industriais.

Com o uso de betoneiras alguns cuidados devem ser tomados para se conseguir misturas homogêneas. Caso a mistura fique girando por um tempo maior que o tempo necessário para a homogeneização do composto, esta começa a apresentar pequenas bolas com aglomerações de material (figura 2). Quanto maior a ocorrência dessas aglomerações numa

mistura menos homogênea esta resultará, o que pode comprometer o desempenho final dos componentes construtivos.



Figura 2. Mistura do Kraftterra em uma betoneira com formação de aglomerações

Para a correta produção dos BTCs com o Kraftterra deve ser observada a ordem de colocação dos materiais na mistura, a qual influencia na eficiência e homogeneidade do compósito. Também é necessário um controle rígido para se garantir a umidade adequada da mistura, uma vez que a umidade do compósito atua diretamente no desempenho final e nas propriedades físico-mecânicas dos componentes construtivos e elementos de vedação vertical.

Primeiramente devem-se colocar as fibras dispersas. Em seguida acrescenta-se uma pequena parte do solo já misturado ao cimento para se cobrir uniformemente as fibras dispersas com uma fina camada de solo, evitando-se assim que as mesmas se aglomerem. Aos poucos se deve acrescentar à mistura todo o solo já misturado ao cimento e deixar o misturador ligado até a mistura ficar homogênea. Após esse período deve-se acrescentar aos poucos a água necessária para se chegar à umidade ideal de compactação. Recomenda-se colocar a água com algum sistema de pulverização ou dispersão para evitar a saturação da mistura em pontos localizados. Com a mistura homogênea retira-se o compósito do equipamento e inicia-se o processo de compactação dos BTCs.

Os BTCs foram produzidos com 6% de cimento (em massa), 6% de fibras secas e dispersas (em massa) e teor de água suficiente para que cada compósito alcançasse valor correspondente de umidade ótima de compactação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo serão abordados os materiais e métodos para a produção dos BTCs em prensa manual; os procedimentos, técnicas e equipamentos para execução dos prismas (pequenas paredes); bem como os procedimentos adotados para a realização dos ensaios de compressão diagonal e dos ciclos de envelhecimento acelerado por molhagem e secagem.

3.1 Blocos de terra compactada - BTCs

Para a produção dos BTCs foi utilizada uma prensa manual do tipo TERSTARAM da Appro-Techno (figura 3). Esta prensa produz a cada prensagem dois BTCs maciços e lisos com dimensões de 22 cm x 11 cm x 5,5 cm. Possui um sistema de ajuste da altura e volume do molde com barras metálicas que são dispostas abaixo do braço de alavanca responsável pela elevação da parte inferior do molde.



Figura 3. Prensa TERSTARAM. Detalhe do sistema de ajuste de altura do molde (direita)

O solo utilizado para a produção dos BTCs apresentava 84,5% de areia e 15,5% de fração fina, sendo 7,3% de silte e 8,2% de argila. Solo de uma região próxima de Aveiro, Portugal.

3.2 Processo de produção de elementos de vedação

Optou-se pela utilização de argamassas de assentamento com o mesmo solo e mesma composição de materiais dos BTCs, ou seja, Kraftterra.

As consistências das argamassas exigem quantidades e proporções de água nas misturas bem superiores às dos BTCs. Entretanto, quanto mais acima a umidade da mistura estiver dos valores de umidade ótima pior será o desempenho final e as características físico-mecânicas do compósito. Por este motivo optou-se por aumentar a quantidade de estabilizante nas misturas das argamassas de assentamento para se garantir que todas as partes dos elementos de vedação tivessem comportamento e desempenho uniforme. Utilizou-se na argamassa de assentamento cimento com percentual de 12% em massa.

Para se garantir uma boa união entre os blocos e a argamassa de assentamento deve-se evitar que os BTCs absorvam rapidamente a água presente na argamassa. Para tal os blocos devem ser molhados imediatamente antes do assentamento. Recomenda-se a imersão dos BTCs em água por alguns segundos. O excesso de água dos blocos deve ser retirado com uma esponja. Na figura 4 é possível ver ao fundo alguns BTCs imersos em água.



Figura 4. Execução de prismas com BTCs e argamassa de assentamento de Kraftterra feitos com as mãos, sem o uso de colher de pedreiro. Detalhe da imersão dos BTCs em água (esquerda)

A diferença entre os processos de assentamento com argamassas de Kraftterra e de solo-cimento deve-se pela presença ou não das fibras nas misturas, o que acarreta certa dificuldade na utilização de colheres de pedreiro e desempenadeiras. Para a retirada do excesso de argamassa de Kraftterra após o assentamento dos BTCs a passagem da colher de pedreiro acaba por retirar mais material do que o necessário deixando vazios entre os blocos, o que pode comprometer o desempenho final do subsistema e resultar num acabamento indesejável no caso das paredes com BTCs aparentes. Para contornar esta situação os elementos foram assentados sem as colheres de pedreiro. Com o uso de luvas impermeáveis foi possível assentar os tijolos sem dificuldades, com menor desperdício de materiais e sem consumir mais tempo. As luvas são recomendadas para compósitos que contenham cimento. Para as misturas de Kraftterra que não tenham cimento este processo pode ser realizado com as mãos sem qualquer proteção.

A cura dos prismas foi feita no interior do laboratório em condições ambientes sem a incidência direta do sol e sem ventilação forçada. Nenhum processo de umidificação foi utilizado durante o período de cura.

3.3 Resistência à compressão diagonal – paredes

Para os ensaios de resistência à compressão diagonal de paredes executadas com BTCs maciços e lisos, assentados com argamassas, foram utilizadas como referências as recomendações do RILEM (1992) e os padrões ASTM (1997).

Os prismas ensaiados à compressão diagonal foram executados com cinco fiadas contendo um BTC e meio em cada e juntas com aproximadamente 15 mm, o que resultou em prismas de forma quadrada com dimensões 34,5 cm x 34,5 cm em média, por 10,6 cm de espessura.

Este ensaio ocorre da seguinte maneira: um painel quadrado de alvenaria é submetido a uma força de compressão aplicada em dois cantos opostos ao longo de uma diagonal até a ruptura do mesmo. A força cortante é deduzida da força de compressão diagonal baseada em uma distribuição teórica de tensões normais e de corte para uma quantidade contínua, homogênea e elástica de material.

Para a medição das deformações ocorridas durante os ensaios foi desenvolvido um sistema de fixação e apoio para colocação de extensômetros por meio de chumbadores do tipo parabolts. Este dispositivo permite que uma barra de seção circular de alumínio seja apoiada em dois pontos, sendo que em um destes apoios o deslocamento da barra é totalmente desimpedido. Nesta barra é fixado um extensômetro e a medição das deformações é feita utilizando-se como base o topo de um dos chumbadores, conforme Figura 5.

Foram feitos furos com auxílio de uma furadeira elétrica em pontos determinados para inserção dos parabolts. As brocas utilizadas tinham o mesmo diâmetro dos chumbadores, o que permitiu encaixe e fixação sem folgas, sem a necessidade de qualquer material para aderência e sem causar danos aos prismas.



Figura 5. Sistema de fixação de barras e apoios para extensômetros em prismas para realização de ensaios de compressão diagonal

Para colocação e alinhamento dos prismas no equipamento de compressão foram utilizados dois apoios metálicos com cantoneiras. Para melhor distribuição dos carregamentos optou-se pela utilização de uma fina camada de argamassa com consistência plástica feita com a fração fina do próprio solo utilizado nos prismas e água (figura 6).



Figura 6. Colocação de argamassa de solo para melhor acomodação dos apoios metálicos responsáveis pela distribuição dos esforços de compressão

Pereira (2008) comenta que das curvas de tensão/deformação obtidas através dos ensaios de compressão diagonal pode-se estimar a tensão de rotura em cisalhamento e o módulo de deformação transversal de cada prisma. A tensão de rotura em corte ou tensão de cisalhamento (S_s) é calculada para cada prisma tendo por base a expressão (1):

$$S_s = \frac{0,707 \times P}{A_n} \quad (1)$$

onde P representa a força de rotura e A_n a área efetiva de corte, sendo esta última determinada pela expressão (2):

$$A_n = \frac{l+h}{2} \times t \times n \quad (2)$$

onde l e h representam a largura e a altura do prisma, t a sua espessura e n a fração da área maciça do prisma (neste caso n é igual a 1, pois os BTCs utilizados nos prismas eram maciços, lisos e sem reentrâncias).

A deformação de corte (γ) é obtida através da expressão (3) e o módulo de elasticidade transversal (G) é o quociente da tensão de cisalhamento (S_s) pela resistência de corte (γ), como em (4).

$$\gamma = \frac{\Delta V + \Delta H}{g} \quad (3)$$

onde ΔV representa a encurtamento vertical, ΔH a expansão horizontal e.g. a distância relativa entre os pontos na vertical assumido como igual à distância relativa na horizontal (como exigido nos padrões de ASTM).

$$G = \frac{S_s}{\gamma} \quad (4)$$

Os resultados dos testes de compressão diagonal são representados por duas curvas, uma com a força vertical contra deformação vertical (esquerda) e a outra contra a deformação horizontal (direita), como esquematicamente mostrado na figura 7. As deformações correspondem às médias dos dois sinais registradas nas direções associadas.

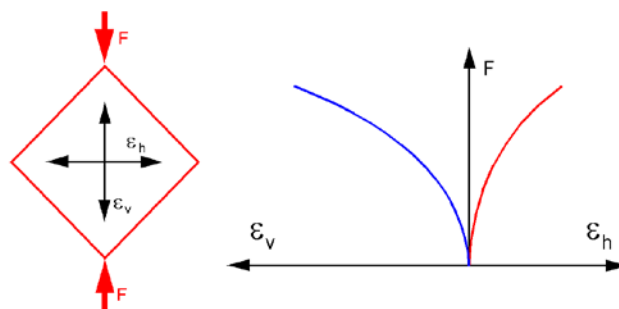


Figura 7. Esquema genérico dos ensaios de compressão diagonal em paredes (Fonte: Varum, 2003).

Foram executados 6 prismas com BTCs e argamassas de assentamento de Kraftterra para os ensaios de resistência à compressão diagonal. Um destes passou inicialmente por ciclos de envelhecimento acelerado.

3.4 Ciclos de envelhecimento acelerado

Para a realização dos ciclos de envelhecimento acelerado foi utilizada como referência a norma brasileira NBR 13554 (ABNT, 1996). Estes ciclos de molhagem e secagem visaram simular a ação das intempéries na durabilidade dos elementos construtivos de forma a acelerar processos patogênicos ao maximizar a ação de fatores ambientais de degradação dos BTCs, tais como: grande oscilação de umidade e de temperatura; e o uso de condições extremas de ambas as situações ambientais. Esta durabilidade refere-se à ação da água em

sucessivos ciclos de umedecimento e secagem com altas oscilações de temperatura. A imersão dos prismas em água associada às grandes oscilações térmicas provoca variações volumétricas com possibilidade de ruptura dos vínculos entre grãos com conseqüente desagregação progressiva, onde podem ocorrer fissuras, desgastes ou desagregações de partes dos componentes construtivos.

A NBR 13554 (ABNT, 1996) define os procedimentos e descreve os ciclos de molhagem e secagem do ensaio de durabilidade. São 6 ciclos consecutivos de 5 horas de imersão em água a temperatura ambiente e 42 horas em estufa a 71°C. Também é indicado um procedimento de escovação para avaliação e definição da perda de massa, o qual foi descartado tendo em vista que os prismas seriam utilizados em análises comparativas do desempenho à compressão diagonal e o desgaste provocado pela escovação poderia provocar distorções e erros nos resultados. Para isso ajustou-se a duração do ciclo úmido para 6 horas, o que permitiu que o tempo total de cada ciclo continuasse a ser de 48 horas.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Na tabela 1 são discriminadas as informações dos seis prismas ensaiados à compressão diagonal e os respectivos valores de tensão de cisalhamento (S_s) e do módulo de elasticidade transversal (G). O prisma "EA" passou por ciclos de envelhecimento acelerado conforme descrito acima.

Tabela 1. Ensaio de compressão diagonal em prismas de Kraftterra (PK), tensão de cisalhamento (S_s) e módulo de elasticidade transversal (G)

	P (kN)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	n	A_n (mm ²)	S_s (MPa)	ΔV (mm)	ΔH (mm)	g (mm)	γ	G (MPa)
PK1	32,93	345	345	106	1	36570	0,636	1,20	0,70	358	0,0053	119,97
PK2	27,02	345	345	106	1	36570	0,522	2,40	0,50	358	0,0081	64,49
PK3	33,35	343	345	106	1	36464	0,646	3,60	1,69	358	0,0147	43,77
PK4	28,92	344	343	106	1	36411	0,561	1,40	3,00	356	0,0123	45,44
PK5	26,17	345	344	106	1	36517	0,506	1,80	0,50	357	0,0064	78,67
EA	27,23	347	348	106	1	36835	0,522	4,20	1,99	360	0,0171	30,40

O valor médio das tensões de cisalhamento alcançado nos ensaios de compressão diagonal (0,566 MPa) está muito próximo de 1/10 do valor médio das tensões máximas à compressão simples (5,66 MPa). Este comportamento já foi mencionado por Varum et. al (2006) em trabalho com paredes de adobe.

Pelo gráfico de tensão/deformação é possível perceber que o prisma que passou por ciclos de envelhecimento acelerado teve desempenho comparativamente inferior, com diminuição da capacidade de resistência à compressão diagonal e com maiores deformações tanto na vertical quanto na horizontal. Ressalta-se que no gráfico da Figura 8 constam valores até a tensão máxima de ruptura.

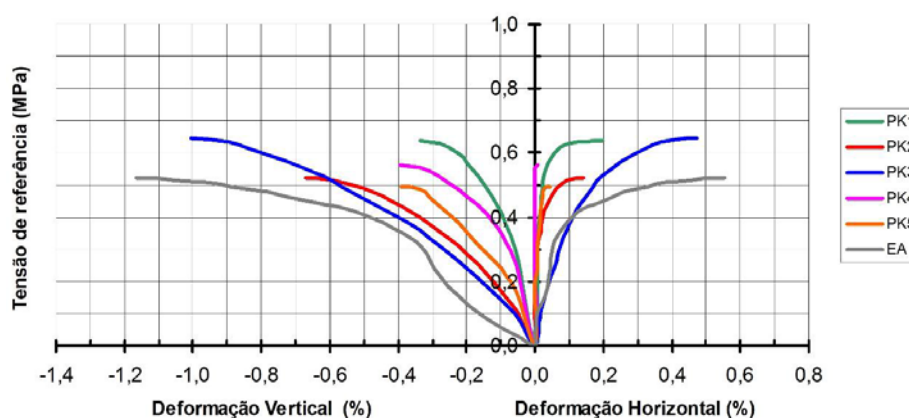


Figura 8. Compressão diagonal, gráfico tensão (S_s) x deformações vertical e horizontal

Os ensaios de resistência à compressão diagonal demonstraram que os prismas produzidos com BTCs e argamassa de assentamento de Kraftterra possuíam uma excelente aderência entre bloco e argamassa. A monolicidade dos prismas pode ser comprovada visualmente pelo aspecto ao final dos ensaios de compressão diagonal. Cabe ressaltar que os ensaios foram interrompidos após o recuo do ponteiro em 10% do valor máximo alcançado. Todos os prismas apresentaram linhas de fissura muito próximas da linha normal de carregamento e as fissuras ocorreram tanto nos blocos quanto nas argamassas de maneira semelhante e sem descolamentos entre blocos e argamassa (figura 9).



Figura 9. Prismas ao final de ensaios de compressão diagonal. As linhas de fissuras foram ressaltadas com tinta vermelha diretamente nos prismas

Sabbatini (1984) afirma que da aderência bloco-argamassa dependem a monolicidade da parede e a resistência frente a deformações volumétricas, carregamentos excêntricos e os esforços ortogonais à parede, que é o resultado da conjugação das resistências à tração e ao cisalhamento como também da área superficial de contato entre a argamassa e o bloco.

Este autor também afirma que a aderência não é uma propriedade intrínseca da argamassa, depende da natureza e características da base, isto é, existe uma ação inter-relacionada entre base e argamassa formando uma interface. Da capacidade que esta interface possui de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a ela sem se romper, dependerá a monolicidade da parede e a resistência da alvenaria frente a solicitações provocadas por deformações volumétricas como a retração hidráulica, dilatação térmica, carregamentos perpendiculares, excêntricos e carregamentos ortogonais e tangenciais à parede tais como carga de vento, excentricidade de execução, sismos, etc.

Mesmos após o final dos ensaios de resistência à compressão diagonal os prismas ainda apresentavam aderência suficiente para evitar a separação das partes quando as mesmas eram levantadas tendo como apoio apenas um dos lados, como pode ser visto nas imagens da figura 10.

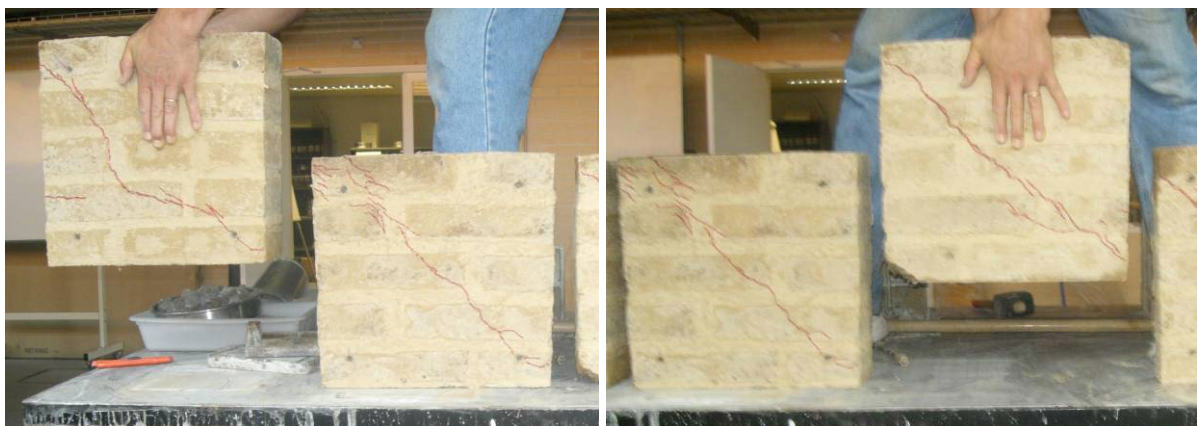


Figura 10. Prismas ao serem levantados apresentam aderência na área de ruptura

Apesar do prisma que passou por ciclos de envelhecimento acelerado ter apresentado um desempenho inferior aos demais sua aparência e o comportamento ao final do ensaio de resistência à compressão simples foram semelhantes aos que não passaram pelos ciclos, ou seja, a ruptura ocorreu seguindo a normal do carregamento e passando tanto pelos blocos quanto pelas áreas de argamassa, como pode ser visto na figura 11. Entretanto, é

possível perceber a ocorrência de várias linhas de ruptura, diferente dos outros prismas onde as linhas de ruptura eram bastante evidentes e praticamente contínuas.

A presença destas várias linhas de ruptura evidencia que os ciclos de envelhecimento acelerado diminuíram a resistência do prisma aos esforços cortantes e de cisalhamento. Por sua vez percebe-se a permanência da resistência a estes esforços mesmo depois da ruptura por compressão diagonal.



Figura 11. Prisma de Kraftterra que passou por ciclos de envelhecimento acelerado após ensaio de resistência à compressão diagonal

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das fibras dispersas de papel kraft proveniente da reciclagem de sacos de cimento demonstra por si só a preocupação ambiental do tema proposto. Entretanto esta possibilidade de uso de resíduo tão abundante em nossa sociedade não pode ser vista apenas como a única contribuição do trabalho, tendo em consideração que este uso também repercute numa melhoria significativa de algumas das propriedades físicas e mecânicas e do desempenho final de componentes (BTCs) e elementos (paredes) construtivos.

A inclusão das fibras dispersas de papel kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento nos BTCs e nas argamassas de assentamento proporciona um grande aumento da capacidade das paredes em resistir bem aos esforços de compressão diagonal, mesmo depois da tensão máxima de ruptura. Por sua vez a argamassa de assentamento produzida com Kraftterra resulta em fortes ligações entre blocos e produz elementos construtivos homogêneos e com desempenho uniforme, ou seja, com alta monolicidade.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1996). NBR 13554 – Solo-cimento, ensaio de durabilidade por molhagem e secagem. Rio de Janeiro: ABNT.

ASTM (1997). Standard test method for diagonal tension (shear) in masonry assemblages - E 519-81 (reapproved 1993) - ASTM Standards on Masonry - ASTM Publication code: 03-315097-60.

Pereira, H. C. (2008). *Caracterização do comportamento estrutural de construções em adobe*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Portugal.

Rigassi, V. (1985). *Compressed earth blocks – Manual of production*. CRATerre-EAG, vol.1, GATE/GTZ/BASIN, ISBN 3-528-02079-2, Alemanha.

RILEM (1992). *Technical recommendations for the testing and use of construction materials*. International Union of testing and Research Laboratories for Materials and Structures. E&FN SPON.

Sabbatini, F. H. (1984). *O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico calcária*. Dissertação apresentada à Engenharia Civil da EPUSP. São Paulo.

SNIC, Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (2008). Relatório Anual 2007-8. Disponível em http://www.snic.org.br/25set1024/relat_2007-8.html. Acesso em 04/2010.

Varum, H. (2003). *Seismic assessment, strengthening and repair of existing buildings*. Tese de doutorado apresentada no Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

Varum, H.; Costa, A.; Pereira, H.; Almeida, J. (2006). Comportamento estrutural de elementos resistentes em alvenaria de adobe. In: TerraBrasil 2006 - I Seminário Arquitetura e Construção com Terra no Brasil e IV Seminário Arquitectura de Terra em Portugal. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 4 a 8 de Novembro de 2006.

AUTORES

Márcio Buson, arquiteto, professor e pesquisador do Departamento de Tecnologia da FAU/UnB. Doutor em Tecnologia da Construção pela FAU/UnB com estágio de doutoramento no DECivil da Universidade de Aveiro, Portugal. Desenvolve pesquisas e trabalhos com arquitetura de terra, bioconstrução, habitação de interesse social e reciclagem de resíduos da construção civil.

Humberto Varum, engenheiro, professor e pesquisador do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Desenvolve atividades científicas nas áreas de avaliação, proteção, reabilitação e reforço do patrimônio construído; desenvolvimento de novos materiais, produtos e técnicas para a reabilitação; avaliação e reforço de estruturas existentes face a ações sísmicas; vidro estrutural; e, construção em terra.

Rosa Maria Sposto, engenheira civil e professora da ENC/UnB. Doutora pela USP. Desenvolve pesquisas com habitação de interesse social, gestão e reciclagem de resíduos da construção civil e qualidade e sustentabilidade de materiais e processos.



FLEXÃO EM PAREDES CONSTRUÍDAS COM BLOCOS DE SOLO-CIMENTO, INTERTRAVADOS, SOB CARGA HORIZONTAL UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDA

João Batista S. de Assis¹, Eduardo Chahud², Paulo Santos Assis³

(1) Engenharia Civil da PUC Minas, Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico, Belo Horizonte, Minas Gerais, Tel: (031) 34762399, jbsassis@yahoo.com.br

(2) Mestrado da Universidade FUMEC, chahud@fea.fumec.br

(3) Universidade Federal de Ouro Preto, Assis@em.ufop.br

Palavras-chave: BTC, solo-cimento, blocos intertravados, cargas horizontais em paredes

Resumo

A execução da alvenaria envolve problemas relacionados ao correto posicionamento dos blocos, à espessura das juntas de argamassa até a conseqüente qualidade global da alvenaria. Objetivando a simplificação do processo construtivo tradicional e o aprimoramento do desempenho da edificação, criou-se um sistema construtivo com blocos de solo-cimento, intertravados, o qual foi utilizado neste trabalho.

Paredes com estes blocos foram construídas, confinadas em um quadro composto por pilares e vigas de concreto armado, e ensaiadas à flexão sob carga horizontal uniformemente distribuída com o objetivo de avaliar o seu comportamento quanto aos deslocamentos horizontais. Três painéis foram construídos e testados, relacionando-se ao final as cargas aplicadas com os deslocamentos ocorridos. A partir dos dados colhidos pode-se concluir que para futuros trabalhos há como reduzir os pontos de medição dos deslocamentos e aproveitar os resultados como parâmetros de comparação com trabalhos similares, considerando que o número de exemplares ensaiados foi pequeno para conclusões mais profundas.

1. INTRODUÇÃO

A construção com terra (solo) é uma técnica tradicional ancestral. O solo (terra) é utilizado como matéria-prima para a obtenção do adobe; de tijolos com ou sem fibra; de tijolos vazados das mais variadas formas e, mais recentemente, de tijolos especiais retificados, produzidos na França, segundo Cavalheiro (2004). Os tijolos que não são levados ao forno para serem queimados normalmente recebem o nome de tijolos de terra crua. Na estabilização do solo, vários são os ligantes aplicados, tais como: betume, fezes de animais, cal, cimento e resinas orgânicas. Os blocos utilizados neste trabalho, também denominados blocos intertravados, são de solo-cimento e foram utilizados, sem argamassa de assentamento, introduzindo uma forma inovadora de compor as paredes, que difere da alvenaria conhecida como tradicional, conforme Assis (2001). Por esta razão, visando ampliar o conhecimento relativo de paredes construídas com blocos de encaixe ou intertravado e, sem argamassa de assentamento, foram executados ensaios de flexão em três paredes construídas com este sistema, sob carga distribuída uniformemente e aplicada perpendicularmente ao plano longitudinal delas, objetivando (i) determinar os deslocamentos, na direção da carga, versus carga aplicada; e (ii) monitoramento dos deslocamentos em vários relógios comparadores, objetivando a identificação dos relógios mais importantes para redução do número deles para futuros estudos similares. Outro ponto avaliado e não menos importante foi acompanhar o descarregamento e os deslocamentos residuais ocorrentes nos painéis. Estes ensaios foram desenvolvidos à luz das recomendações do Agreement South África – ASA (1983a, 1983b), o qual recomenda que paredes para casas térreas devem ser avaliadas para cargas perpendiculares ao plano dela, entre 600 Pa (60 kgf/m²) e 800 Pa (80 kgf/m²), e que a carga limite para o ensaio deve

superar os 10% do limite da faixa acima indicada. Este procedimento foi adotado até a carga de 880 Pa (88 kgf/m²), quando foram retirados todos os relógios comparadores.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os materiais utilizados foram os seguintes: Blocos de solo-cimento; cimento CP II E 32; areia lavada de rio; prensa de tração/compressão universal, com capacidade máxima de 400 kN; balança eletrônica com capacidade máxima de 15 kg e resolução de 1g; misturador planetário com capacidade de cinco litros e com duas velocidades de rotação; pórtico apropriado para este tipo de ensaio em parede em escala real; relógios comparadores com resolução de 0,01 mm (para medição dos deslocamentos); balão inflável para aplicar a carga horizontal; barras de aço para a construção das paredes; manômetro para acompanhamento da pressão no balão inflável; e pequenos equipamentos e acessórios comumente utilizados em laboratórios.

2.2 Métodos

O ensaio em cada parede foi realizado seguindo-se às recomendações do ASA (1983a, 1983b) a partir do Booklet B1 e Booklet B2, com o objetivo de avaliar o comportamento de painel submetido a cargas uniformemente distribuídas aplicadas perpendicularmente à face do painel.

A parede foi montada sobre uma base resistente com um comprimento de 3960 mm, espessura de 110 mm e altura de 2700 mm. Para atender às recomendações do ASA, o painel recebeu uma abertura de 770 mm x 2100 mm para simular a região de uma porta. Tomando-se como base as cargas horizontais obtidas nos ensaios das mini paredes e considerando que uma parede com as características desta poderia não suportar a carga horizontal proposta para este ensaio, a partir de Assis (2008) optou-se por introduzir em alguns furos grandes, barras de aço conforme pode ser visto na figura 2. Como no processo construtivo, os contornos das aberturas de portas já são armados, nesta parede, barras de aço foram introduzidas nos furos grandes adjacentes à abertura existente no painel. Também, seguindo ao que se recomenda para o coroamento das paredes, barras horizontais foram inseridas nas última e penúltima fiadas. Nestas duas últimas fiadas foram utilizados tijolitos especiais TJ 115, como mostrado na figura 1.

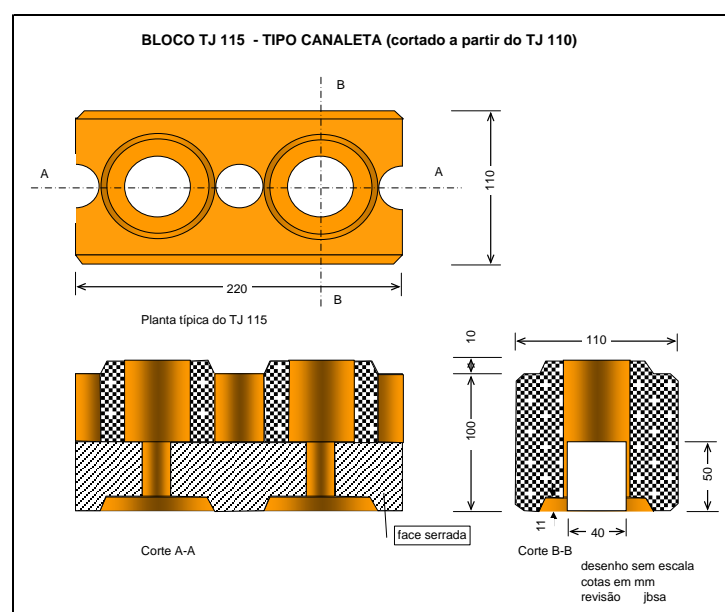


Figura 1. Planta e cortes do bloco TJ 115, usado para vigas e cintas

A parede foi montada dentro de um quadro de sustentação do painel de tal modo a simular o mais próximo possível a realidade de uma parede montada entre pilares ou ligada a outras paredes internas da edificação. O painel foi montado próximo a uma parede de reação e entre os quais foi instalado um balão inflável para aplicar a carga horizontal. O painel recomendado deveria ter um comprimento de 4 m, porém, para facilitar a montagem e evitarem-se cortes nos blocos, optou-se pelo valor equivalente a 18 TJ 110, ou seja, 3960 mm. A altura ficou limitada ao quadro existente no laboratório, ou seja, 2700 mm.

O esquema de montagem do ensaio da parede encontra-se na figura 2. O carregamento horizontal foi aplicado a partir de um balão inflável de PVC em forma de um paralelepípedo acoplado a um monômetro capaz de indicar a pressão a qual estava sendo submetido. Os furos foram preenchidos por argamassa após a montagem, verificação de alinhamento e prumo, a cada três fiadas. Os prismas foram sendo preparados à medida que as paredes eram erguidas. As paredes, argamassa e prismas foram ensaiadas com idade de 28 dias.

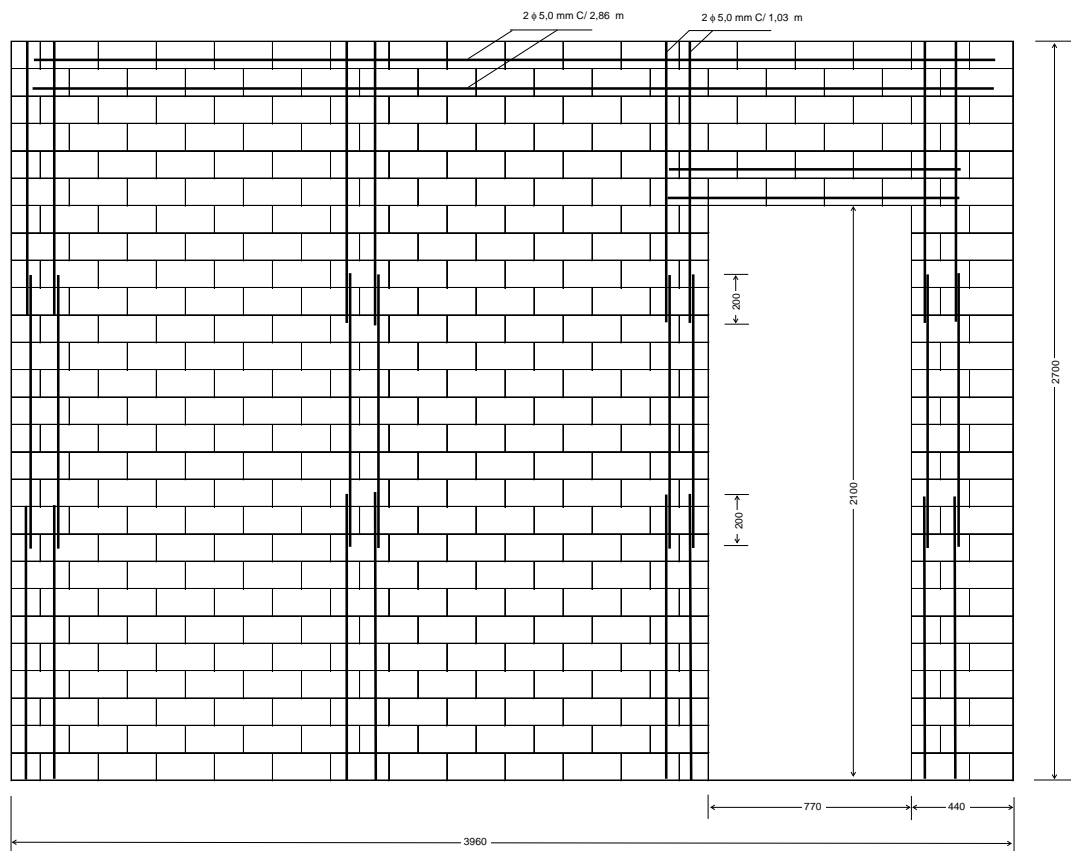


Figura 2. Corte no centro da parede usada no ensaio de carga horizontal com indicação esquemática da armadura utilizada

Na face oposta àquela em contato com o balão inflável, segundo as recomendações do ASA deveriam ser instalados relógios comparadores, em cinco pontos conforme mostrado na figura 3. A recomendação indicava que a parede deveria ser dividida em quatro partes iguais tanto na horizontal quanto na vertical. Os pontos de instalação dos relógios comparadores deveriam ser obtidos pela interseção das linhas vertical e horizontal, como mostrado no esquema da figura 3.

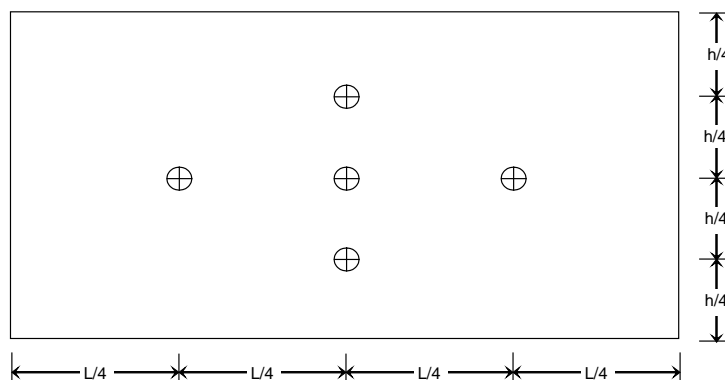


Figura 3. Esquema recomendado para a instalação dos relógios comparadores.
Fonte: ASA (1983a, 1983b)

No entanto, como há possibilidade, segundo o ASA (1983a, 1983b), de utilizar painel com abertura, não havendo recomendação para a instalação dos relógios, optou-se por efetuar uma nova distribuição para eles. A nova disposição encontra-se apresentada na figura 4.

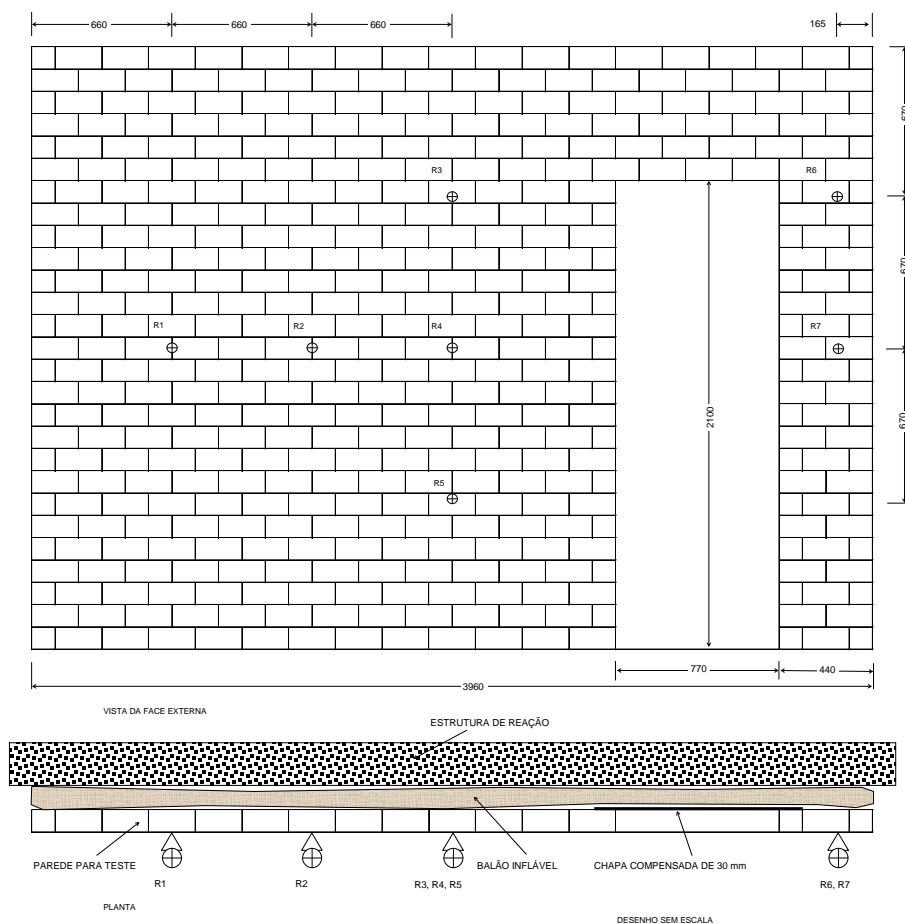


Figura 4. Vista da face externa da parede com os pontos nos quais foram instalados os relógios comparadores e planta com detalhes da estrutura de reação e balão inflável

As cargas foram aplicadas com incrementos de 200 Pa (20 kgf/m²) e as leituras dos relógios comparadores só foram realizadas após a manutenção da carga por um período mínimo de 5 minutos, objetivando a estabilidade da leitura.

Os relógios comparadores foram identificados para fins de anotação dos resultados com a sigla Ri, e este índice variou de 1 a 7.

3. RESULTADOS DOS ENSAIOS

3.1 Características dimensionais dos blocos utilizados

A figura 5 mostra com detalhe todas as cotas do bloco padrão identificado por TJ 110. Os valores médios das cotas mostradas nesta figura encontram-se apresentados na tabela 1.

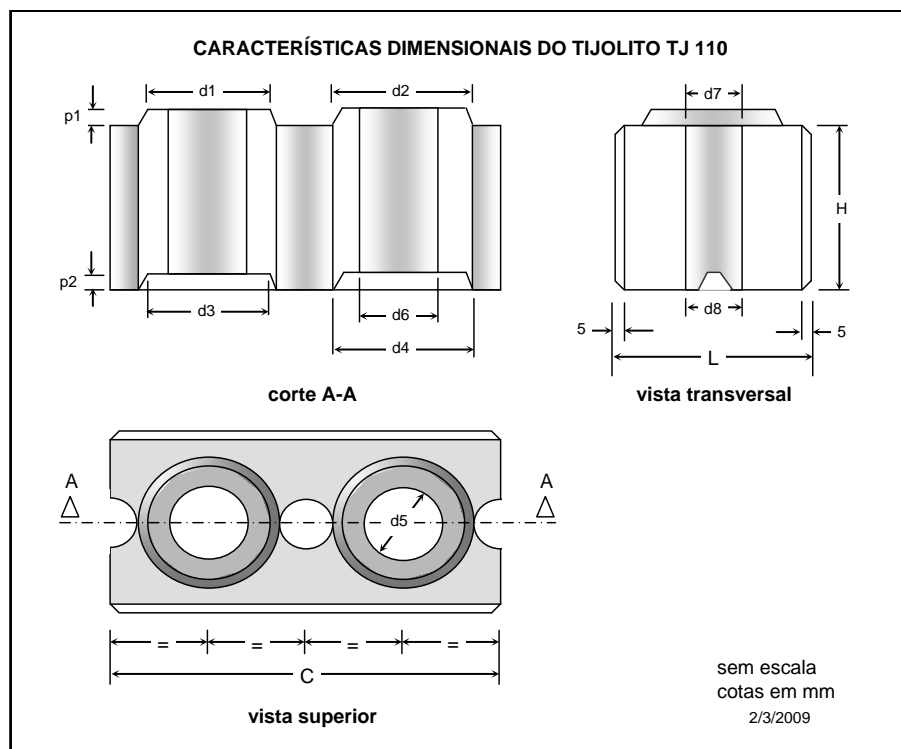


Figura 5. Características dimensionais do bloco padrão. Fonte: Assis (2001).

Tabela 1. Valores médios para as dimensões dos doze blocos avaliados. Fonte: Assis (2008)

CP	Dimensões (mm)												
	L	H	C	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	p1	p2
Média	110,2	100,0	220,1	69,2	78,7	70,0	80,3	44,7	45,8	31,9	32,8	9,9	11,1
s	0,16	0,57	0,19	0,38	0,39	0,35	0,63	0,24	0,07	0,09	0,20	0,15	0,19
cv (%)	0,15	0,57	0,09	0,56	0,50	0,50	0,79	0,54	0,16	0,28	0,62	1,48	1,76

s – desvio padrão; cv – coeficiente de variação

3.2 Compressão em prismas e em corpos-de-prova de argamassa

A seguir serão apresentados os resultados dos ensaios à compressão axial em prismas e da argamassa utilizada durante todos os estudos deste trabalho, de acordo com as NBR 5739 (ABNT, 1994) e NBR 13279 (ABNT, 1995).

A resistência à compressão média última para os blocos totalmente preenchidos foi de 4,1 MPa com um desvio padrão de 0,4 MPa e um coeficiente de variação de 9%. Para os blocos parcialmente preenchidos por argamassa, a resistência à compressão média última, desvio padrão e coeficientes de variação foram, respectivamente: 2,3 MPa; 0,2 MPa; e 8%. O número de elementos utilizados na amostra para ambos os tipos de prismas foi 6.

A resistência à compressão média última para a argamassa ensaiada foi 7 MPa, com um desvio padrão de 0,2 MPa e um coeficiente de variação de 4%, para uma amostra de dezoito elementos retirados durante a montagem das paredes.

3.3 Cargas uniformemente distribuídas, horizontalmente, aplicadas às paredes

Como referido anteriormente, foram executados ensaios em apenas três paredes, por causa de seu alto custo e pela dificuldade de sua execução. Existe a consciência dos autores de que, considerando-se o tamanho da amostragem, maiores generalizações sobre as conclusões a que se chegou neste trabalho devem ser vistas com um olhar bastante crítico. Não se tem dúvida, no entanto, que estas conclusões ilustram o comportamento do tipo de parede que constituiu o objeto deste estudo, podendo ser tomadas, no mínimo, como ponto de partida para futuras pesquisas de maior alcance, que visem fazer avançar o conhecimento na área em que se delimitam.

Os resultados dos ensaios de carga uniformemente distribuída, horizontalmente aplicada nas paredes estão apresentados na tabela 2.

A partir da carga de 880 Pa os deslocamentos foram estimados para somente o ponto onde estava o relógio comparador R4 (1º relógio, à esquerda da abertura, no ponto médio da parede), por ser este o ponto de maior deslocamento, observado durante os ensaios.

Tabela 2. Cargas e deslocamentos horizontais médios, pontuais, nas paredes ensaiadas

Carga aplicada (Pa)	Deslocamentos (mm)							Ocorrências
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Nada observado
200	2,24	2,31	1,67	2,31	1,41	1,87	2,20	Idem
400	5,67	5,84	4,13	5,85	3,68	4,45	5,36	Idem
600	8,50	8,74	6,19	8,81	5,52	6,47	7,90	Idem
800	12,59	12,79	9,10	13,10	9,12	9,35	11,31	Idem
880	15,38	15,69	11,08	15,85	10,76	11,92	14,00	Idem
1.000	Os deslocamentos para as duas últimas cargas foram medidos com trena para somente o R ₄ . Os valores obtidos foram 19 mm							Idem
1.200	e 26 mm, para q=1,00 kPa e 1,20 kPa, respectivamente							idem

A figura 6 apresenta em forma gráfica os deslocamentos médios versus carga distribuída aplicada à parede, durante os ensaios. Observa-se que a posição mais crítica, relativamente aos deslocamentos medidos foi registrada pelo relógio R4. Pela mesma figura 6, nota-se, com facilidade que os valores registrados pelo relógio comparador R7 (1º relógio à direita da abertura e no ponto médio da parede) apresentaram deslocamentos médios se comparados com os resultados de todos os outros relógios.

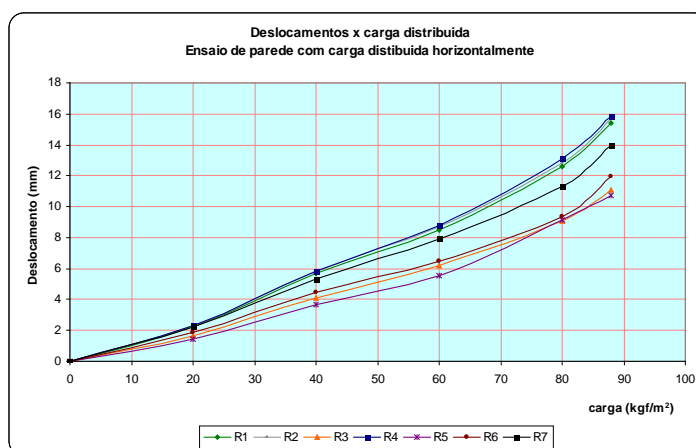


Figura 6. Carga x deslocamento, médios, registrados pelos relógios comparadores

Observa-se, a partir da figura 6, que a posição mais crítica, relativamente aos deslocamentos medidos, foi a do relógio R4, que registrou os maiores deslocamentos durante os ensaios. É possível notar ainda, que os valores registrados pelo relógio comparador R7 foram médios, se comparados com os resultados de todos os outros relógios.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Características dimensionais dos blocos

Relativamente às características dimensionais dos blocos intertravados, aqui estudados, constata-se, através da tabela 1, que a média de todas as dimensões estabeleceu-se abaixo de parâmetros internacionais para produtos industriais, caso a referência seja o coeficiente de variação da amostra, consoante Gallegos (1989). Pela mesma tabela, observa-se que a variabilidade, medida pelos coeficientes de variação, ficou compreendida entre 0,14% e 2,45%. Das 15 dimensões verificadas, somente duas ficaram acima de 2,0%. As duas dimensões com maior variabilidade foram a profundidade da fêmea e a altura do macho. Deve-se ressaltar que, mesmo considerando altas as variabilidades nessas partes dos blocos, eles ainda apresentam resultados muito melhores, na comparação com qualquer bloco utilizado na construção civil brasileira. Confrontando os resultados dimensionais com os prescritos na NBR 10835 (1994), pode-se considerar como de excelente qualidade os blocos estudados neste trabalho. A variabilidade encontrada nos blocos encaixáveis, em conjunto ou individualmente, ficou abaixo de 1 mm, enquanto as normas referidas, aceitam que esta variabilidade atinja 3 mm.

4.2 Prismas com argamassa de injeção

Nos ensaios dos prismas com argamassa somente nos furos centrais menores, verificou-se que a tensão normal média máxima, desvio padrão e coeficiente de variação foram, respectivamente, 2,3 MPa, 0,2 MPa e 8%. O coeficiente de variação aqui obtido pode ser considerado bom se comparado com o de materiais de alto padrão de qualidade como é o caso de produtos siderúrgicos.

A resistência à compressão média última para os blocos totalmente preenchidos foi de 4,1 MPa com um desvio padrão de 0,4 MPa e um coeficiente de variação de 9%. Estes resultados foram maiores que os do grupo anterior, evidentemente por causa da argamassa nos furos grandes e o coeficiente de variação ficou muito próximo ao anterior. Pode-se considerar que os resultados obtidos foram bons quando comparados com produtos industrializados tipo siderúrgicos. Esta variação poderia ser melhor, talvez não o foi por causa do fenômeno tratado por Abdou et al. (2004) e mostrado esquematicamente na figura 7.

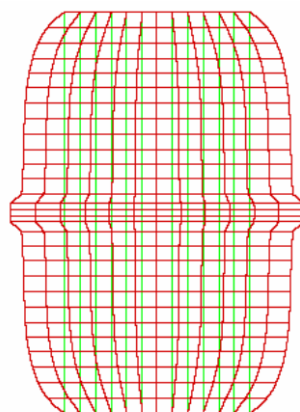


Figura 7. Efeito da mudança do coeficiente de Poisson de argamassa confinada
Fonte: Abdou et al. (2004)

4.3 Argamassa de injeção

Segundo a BS 5628 (1992), a resistência à compressão aos 28 dias da argamassa Tipo II deve apresentar um valor mínimo de 6,5 MPa. Esta norma não faz nenhuma alusão à fluidez nem ao fator água/cimento (a/c), mas ela foi utilizada conforme a NBR 7682 (1983). A argamassa utilizada neste trabalho foi avaliada e, apresentou o valor 7 MPa para a resistência à compressão, a qual foi considerada satisfatória. A resistência à tração diametral também foi avaliada, tendo-se obtido o valor médio de 1,21 MPa, aos 28 dias, a partir da NBR 7222 (1992). Segundo Mohamad (2007), é possível obter a resistência à tração de bloco de concreto a partir: (i) de expressão que relaciona a tensão de tração na flexão com a tração indireta ou diametral, e (ii) da resistência à compressão do bloco, utilizando-se a expressão $f_t = 0,41\sqrt{f_b}$. Substituindo-se os valores encontrados neste trabalho na referida expressão, chega-se ao valor de 1,18 MPa para a argamassa. Isto poderia nos induzir a adotar esta expressão como válida também para este estudo. No entanto, considera-se prematura esta decisão que precisa ser mais bem fundamentada por estudos a serem realizados em outro momento.

4.4 Flexão em paredes construídas com blocos de solo-cimento, intertravados, sob carga horizontal uniformemente distribuída

A partir dos resultados do ensaio, observou-se que, para a carga uniformemente distribuída de 400 Pa, o deslocamento máximo foi de 5,85 mm, equivalente a h/460 e, para a carga de 600 Pa, o deslocamento máximo foi de 8,81 mm, equivalente a h/306. Considerando uma variação linear entre estes valores, chega-se, por interpolação, a um deslocamento da ordem de 7,83 mm, para a pressão dinâmica do vento de 533,6 Pa. Esse valor é aproximadamente h/344, bem inferior ao admissível, que é h/250. Tomando-se o ASA (1983a, 1983b) como referência, constata-se que a parede estudada atende perfeitamente à exigências de: (i) deslocamento horizontal máximo dentro do limite; (ii) carga distribuída para o deslocamento máximo, entre 600 Pa e 800 Pa; e (iii) parede isenta de fissuras para carga até 1,20 kPa;

A figura 6 apresenta em forma gráfica o deslocamento vs carga distribuída aplicada à parede, durante o ensaio. Observa-se que a posição mais crítica, relativamente aos deslocamentos medidos, foi indicada pelo relógio R4, que registrou os maiores deslocamentos. Pelo gráfico da mesma figura, nota-se que os valores registrados pelo relógio comparador R7 apresentaram deslocamentos médios, se comparados com os resultados de todos os outros relógios. Por estas constatações, poder-se-ia, no caso de paredes construídas com os blocos intertravados, reduzir os relógios comparadores de sete para três, os correspondentes, neste trabalho, aos relógios comparadores R4, R5 e R7. Os relógios comparadores R5, R7 e R4, seriam utilizados para registrar os valores mínimo, médio e máximo, respectivamente. Dessa forma, poder-se-ia acompanhar melhor o ensaio, operando-se com apenas três relógios para medições de deslocamentos durante o ensaio.

5. CONCLUSÕES

As conclusões dividem-se em quatro partes: a primeira apresenta as informações relativas aos componentes e elementos ensaiados; a segunda, os resultados dos ensaios nas paredezinhas; a terceira, os resultados dos ensaios de compressão simples, com excentricidade, em paredes; e, a última, os resultados dos ensaios em paredes sob carga horizontal uniformemente distribuída.

5.1 Informações gerais sobre os componentes e elementos

- os blocos utilizados, apresentaram coeficientes de variação entre 0,14% e 2,45%, relativamente a todas as dimensões avaliadas;

- os prismas totalmente preenchidos apresentaram resistência à compressão última igual a 4,1 MPa e coeficiente de variação de 9%. Os prismas com somente os furos menores preenchidos apresentaram resistência à compressão última igual a 2,3 MPa e coeficiente de variação de 8%;
- a argamassa de injeção utilizada em todo o estudo, com uma fluidez entre 10s e 20s, conforme NBR 7682 (1983), apresentou resistência à compressão, $f_{a,28} = 7$ MPa, e uma resistência à tração diametral de $f_{at,28} = 1,21$ MPa.

5.2 Flexão de paredes construídas com blocos de solo-cimento, intertravados, sob carga horizontal uniformemente distribuída

- tomando-se os dados obtidos e o ASA (1983a, 1983b) como referência, constatou-se que as paredes estudadas atenderam perfeitamente às exigências de: (i) deslocamento horizontal máximo; (ii) carga distribuída para o deslocamento máximo entre 600 Pa e 800 Pa; e (iii) paredes isentas de fissuras para carga até 1,20 kPa;
- pelos elementos coletados durante os ensaios relacionados aos deslocamentos vs carga distribuída, pode-se concluir que para este tipo de parede, os deslocamentos mínimos, médios e máximos foram registrados pelos relógios R5, R7 e R4, respectivamente.

6. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Estudar o comportamento de paredes compostas por blocos de solo-cimento intertravados, conforme o aqui apresentado, utilizando-se um maior número de exemplares de painéis objetivando uma análise com maior segurança; e

Avaliar mais informações (carregamento vs fissuração; deslocamentos residuais; etc.) a partir deste tipo de ensaio de flexão, utilizando-se um maior número de elementos na amostra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOU, L.; SAADA, R. A.; MEFTAH, F.; MEBARKI, A. (2004). *On the sliding behavior of the brick-mortar interface: an experimental study*. Masonry International Journal, v. 17, n. 3, p. 129-134.

AGRÉMENT BOARD OF SOUTH ÁFRICA – ASA (1993a). Booklet B1: performance criteria and minimum requirements for assessment of innovative methods of construction.

AGRÉMENT BOARD OF SOUTH ÁFRICA – ASA (1993b). Booklet B2: mantag criteria.

ASSIS, João Batista Santos de (2001). *Avaliação experimental do comportamento estrutural de paredes não armadas, submetidas à compressão axial, construídas com tijolito*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Belo Horizonte: Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

ASSIS, João Batista Santos de (2008). *Determinação experimental da resistência à tração na flexão em paredes construídas com blocos encaixáveis de solo-cimento*. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Belo Horizonte: Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5739. Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto: método de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. *NBR 7222. Argamassa e concreto: determinação da resistência à tração por compressão diametral: método de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. *NBR 7682. (1983). Argamassa: determinação do índice de fluidez: método de ensaio.* Rio de Janeiro, 1983.

_____. *NBR 10835. (1994). Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural: formas e dimensões.* Rio de Janeiro, 1994.

_____. *NBR 13279. (1995). Argamassa: determinação da resistência à compressão: método de ensaio.* Rio de Janeiro, 1995.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. *BS-5628: Code of practice for structural use of masonry: part I: unreinforced masonry.* London, 1992.

CAVALHEIRO, O. P. A. (2004). *Moderna alvenaria estrutural cerâmica na Europa.* Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.

GALLEGOS, Hector. (1989). *Albañilería estructural.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Peru.

MOHAMAD, Gihad. (2007). *Mecanismos de ruptura das alvenarias de blocos de concreto.* 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho, Uminho, Portugal, 2007.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a FAPEMIG e as instituições de origem dos professores pelo apoio a pesquisa e ajuda na participação no congresso.

AUTORES

Joao Batista Santos de Assis, Engenheiro Civil (PUCMinas/Br, 1977), Mestre em Engenharia de Estruturas (UFMG, 2001). Doutor em Engenharia de Estruturas (UFMG, 2008), professor e coordenador do Curso de Engenharia Civil da PUC Minas.

Eduardo Chahud, Professor e Coordenador do Curso de Mestrado em Construção Civil da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC, Doutor em Engenharia de Estruturas pela Universidade de São Paulo.

Paulo Santos de Assis, Professor Titular da Escola de Minas de Ouro Preto, Professor da REDEMAT, Prof. Honorário da HUST, China. Pesquisador em Materiais, Qualidade, Siderurgia, Meio Ambiente e Custo.



MALLA DE JUNCO COMO REFUERZO PARA CONSTRUCCIONES EN ADOBE

María Teresa Méndez¹, Palermo Palacios², Diego Machuca², Gustavo Sosaya², Ernesto Antonio Bustamante Cevallos², Fabrizzio García Ortíz²

Centro de Estudios para Comunidades Saludables, Universidad Ricardo Palma, Av. Benavides 5440, Lima33, +511-997352174
(1) mmendez@mail.urp.edu.pe; (2) cecos@urp.edu.pe

Palabras clave: Adobe, Junco, Construcciones saludables

Resumen

Las edificaciones de adobe en el Perú carecen de un sistema constructivo para nuestras características sísmicas, económicas y ecológicas. El adobe es una unidad modulada de tierra arcillosa que sólo trabaja a compresión. Existen muchas soluciones a este problema, incluyendo la normativa del país, que alteran sus características naturales y lo hacen más costoso. Con el fin de recuperar un modelo de vida comunitaria saludable bajo un concepto integral de identidad cultural, hábitat, medio ambiente y salud, iniciamos el estudio de un material natural y de fácil adquisición, como es el caso del Junco (*Juncus bufonius* L.), planta que crece en zonas húmedas del país, entre 0 y 4.000 m.s.n.m. Este estudio está fundamentado en propuestas estructurales reconocidas en el país. Empleamos una metodología experimental bajo la modalidad ensayo error. Para calcular su coeficiente de elasticidad y resistencia a la tracción, se realizaron pruebas en 1 fibra y en trenzas (hasta 6 fibras), para ser empleada como malla de refuerzo en los encuentros de muros de adobe, resultando un módulo de elasticidad de 36 kN/m² en 5% de deformación. Resistencia máxima a la tracción de 76 kg en ambas direcciones con 12% de elongación. Capacidad mínima de tracción de 11,5 kg/cm² (1,130 kgf/m)¹ en ambas direcciones. Así mismo se probó una malla ortogonal de trenzas de junco separadas a 30 mm amarradas a un muro de adobe. Esta se sometió a prueba de impactos horizontales, con una fuerza máxima de 861,56 kgf/cm². Se concluye que el Junco es un material adecuado para refuerzo en construcciones de adobe. Cumple con los requerimientos exigidos en el Anexo N°1 de la Norma E80 del RNE del Perú. Es elástico y resistente a la tracción. Tiene como ventaja ser muy conocido, accesible en casi todo el país y de fácil trabajabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

La construcción en tierra (adobe y tapial) ha sido empleada por más de 9,000 años y aproximadamente un tercio de la población mundial vive en este tipo de edificaciones. Algunas ciudades aún están en pie hoy, confirmando la resistencia de este material. Así tenemos que, en los países del Tercer Mundo el barro sigue siendo el más importante material de construcción, mientras que en los Países Desarrollados este material está tomando tal importancia, que éstos se encuentran desarrollando estudios acerca de sus bondades medio ambientales y mejoras en las técnicas constructivas.

El barro es un material que posee inmensas ventajas frente a otros materiales de construcción, entre las que mencionamos:

- Se adapta al clima del lugar, debido a su inercia térmica, brindando confort al interior de las edificaciones.
- Requiere poca energía en su producción y empleo.
- Es completamente reciclable y no contamina el medio ambiente.
- Es un material inocuo, al contrario que el cemento y la cal, los cuales contienen agentes agresivos que afectan pulmones y piel.
- Es un material accesible en todo el mundo, de modo que no hay costo agregado por transporte.
- Es fácil para trabajar, no requiere de gran experiencia para construir una edificación.
- Por último, es un material de gran plasticidad por lo tanto perfecto para todo tipo de trabajo detallado y decorativo.

En el Perú, la construcción con adobe y tapial han sido empleados durante muchos años. Muchas de estas edificaciones, desafiando las severidades del tiempo y movimientos sísmicos, permanecen hasta la fecha sin mostrar daños significativos, como por ejemplo Caral, la ciudad más antigua de América, con 9.000 años de antigüedad. Mientras, observamos que construcciones contemporáneas de adobe han causado la pérdida de numerosas vidas, esto, debido a que no ofrecen mayor seguridad ante los movimientos sísmicos. La técnica tradicional de construcción con adobe se ha perdido, utilizándose en forma empírica, sin un adecuado diseño y sin asistencia técnica.

En la actualidad, el adobe es empleado como material de construcción por un gran porcentaje de habitantes en los países en desarrollo. Se estima que en el Perú el 65% de la población rural y el 30% de la población urbana viven en edificaciones de tierra, las que son construidas sin ningún tipo de supervisión técnica.

Al respecto Fischer (2009) dice que *“si bien existe una normativa para la construcción con tierra en el Perú, la mayoría de los constructores con tierra no están regidos a la actividad formal que abarca la Norma y en consecuencia desconocen sus recomendaciones. El Perú posee una larga historia de secuelas desastrosas provocadas por movimientos sísmicos expresadas en considerables pérdidas económicas y lamentables pérdidas humanas”*.

Respecto a la vulnerabilidad sísmica que presenta la costa de nuestro país, en el estudio sobre construcciones rurales para el distrito de Chíncha Baja, Méndez et al. (2008) mencionan que *“el Perú y en especial la costa central y sur, debe afrontar un alto grado de vulnerabilidad sísmica debido a fallas geológicas, y silencios sísmicos, como es el caso de la interacción de las Placas de Nazca y Sudamericana. Ésta se encuentra ubicada frente a la costa del departamento de Ica, y trae como consecuencia permanentes sismos de gran intensidad, que causan grandes daños en las construcciones informales, con la consiguiente pérdida de vidas humanas”*.

Estas características de vulnerabilidad, unidas a la falta de un adecuado manejo de las técnicas constructivas del adobe, trajeron como consecuencia que con el sismo de Agosto del 2007 una gran cantidad de edificaciones construidas en adobe, colapsaran. Esto ha dado ocasión a que los pobladores pierdan la confianza en este valioso material constructivo (figura 1).



Figura 1. Fallas típicas en viviendas de adobe por acción sísmica perpendicular al plano de los muros: desgarramiento vertical en las esquinas y grieta vertical por flexión en la zona central del muro (Fuente: CTAR/COPASA, 2002)

Por otro lado, Blondet et al. (2003) al referirse al comportamiento sísmico de las construcciones de adobe, lo definen como un material poco adecuado para construcciones en zonas sísmicas por su baja resistencia a la tracción, porque *“las uniones en las esquinas, al carecer de refuerzo o de sistemas de conexión, son débiles y fácilmente se separan los muros”*.

En el Perú existe una normativa que reglamenta las construcciones en adobe, la Norma E80 del RNE del Perú (Ministerio de Vivienda, 2008), la que reconoce que no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras, dar protección completa frente a todos los sismos, por lo que se establecen los siguientes principios para el diseño:

- a. La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.
- b. La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

A este respecto Minke (2001) dice que *“partiendo del concepto de que una estructura debe tener por ejemplo una gran resistencia y una baja ductilidad o una resistencia baja y una ductilidad alta, frecuentemente se escoge una solución con estructura de resistencia mediana. Con ello, los movimientos sísmicos causaran solamente deformaciones plásticas moderadas y el requerimiento de ductilidad se mantiene relativamente bajo.*

Las técnicas empleadas a las construcciones de tierra deben conducir a esta solución intermedia, con capacidad de deformación. Durante un sismo moderado o fuerte, se espera que los muros de tierra presenten fisuras que no interfieran con su capacidad portante evitando así el colapso del techo.

En sismos moderados se pueden tolerar daños menores, como grietas pero de ninguna manera daños estructurales. En sismos de la intensidad de diseño (considerada en la región) se pueden aceptar daños menores estructurales pero no el colapso. Esto implica que la construcción tendrá capacidad de deformación y de absorción de la energía sísmica”.

En respuesta a la problemática que presenta el adobe para la construcción de edificaciones en zonas de riesgo sísmico, Blondet et al. (2003) sugieren la construcción de muros en adobe, reforzados con malla metálica electrosoldada, como una solución técnicamente eficaz.

“Las pruebas de resistencia comparativa que realizaron en este estudio, entre la malla de gallinero común y malla electrosoldada, dieron como resultado que la primera resistió 22,5 kg/m de tracción y la segunda 182,5 kg/m (8 veces mayor resistencia).” (Blondet et al., 2003)

Posteriormente, Vargas et al. (2007) plantean otra alternativa de construcción con adobe, el reforzarlo con geomallas. Esta tecnología, de construcción de viviendas en adobe reforzado con geomalla, demostró en pruebas de laboratorio, una alta resistencia a sismos de grandes magnitudes, similares y/o superiores al ocurrido el 15 de agosto del año 2007 en el sur chico del Perú.

Como consecuencia de los estudios realizados para comprobar el nivel de seguridad que ofrece esta técnica es que, mediante Resolución Ministerial N°070-2008-VIVIENDA, del 26 de marzo del 2008, se aprobó el Anexo N°1 Refuerzo de geomalla en edificaciones de adobe, a la norma técnica NTE E.080 Adobe del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

Este anexo presenta como consideraciones que “la geomalla se podrá usar como refuerzo de las edificaciones de adobe, colocándola en ambas caras de los muros portantes y no portantes, sujeta horizontal y verticalmente con pasadores de rafia o similar, a máximo de separación 300 mm. La geomalla deberá abarcar los bordes de los vanos (puertas y ventanas) y estará convenientemente anclada a la cimentación y a la viga collar.

La geomalla deberá estar embutida en un tarrajeo de barro y paja.

Este sistema de refuerzo podrá ser aplicado en edificaciones existentes que cumplan con las especificaciones de la presente Norma (NTE E.080), en lo referente a cimentación, muros y arriostres.

El uso de otro tipo de mallas, sólo será permitido si acredita su capacidad sismorresistente en ensayos cíclicos a escala natural” (Ministerio de Vivienda, 2008).

Ambas propuestas son una respuesta a la problemática que presenta la construcción en adobe, pero por su costo y dificultad de adquisición presenta problemas para su aplicación por parte del poblador rural. Así mismo, el adicionarse al adobe (material natural) materiales procesados industrialmente, éstos alteran la principal característica del adobe, el ser un material biodegradable.

Con la finalidad de reducir los riesgos en las construcciones de adobe, es importante buscar alternativas complementarias que sean técnica y económicamente accesibles a la población. Estas deben estar complementadas con trabajos de difusión, dando énfasis a la importancia del manejo de técnicas constructivas apropiadas, al desarrollo sostenible y la salud de los pobladores. Asimismo, la aplicación de una tecnología participativa para la ejecución de obra.

Dentro de esta línea participativa, es imperativo el desarrollo de capacidades locales para la mejora en la construcción. Este desarrollo debe estar basado en una capacitación que tenga sentido de replica, promoviendo una mayor participación de la población en los procesos de construcción. Con la finalidad de garantizar la sostenibilidad de estas intervenciones, es necesario dejar planteado un sistema de autogestión de la construcción por la población misma.

A partir de estos planteamientos es que el Centro de Estudios para Comunidades Saludables de la Universidad Ricardo Palma, con el trabajo voluntario de docentes asesores y alumnos, viene desarrollando estudios sobre materiales naturales y técnicas constructivas que minimicen los riesgos

en las edificaciones de adobe y a la vez sean accesibles tanto bajo el aspecto económico como respecto a la facilidad de adquisición de éstos, por los pobladores rurales. Esto como una respuesta sustentable al problema de la autoconstrucción en las zonas rurales del Perú.

El objetivo principal del estudio se centra en analizar el comportamiento estructural de los muros de adobe, reforzados con malla de junco (*Juncus bufonius* L.), como material constructivo natural, adecuado a las poblaciones rurales de la costa sur del Perú. Éste se realiza a partir del análisis de las propiedades físicas de la fibra de junco en una hebra, en trenza y tejida en una malla ortogonal de 30 mm de separación.

El estudio emplea una metodología analítica y de ensayo error, mediante pruebas de laboratorio y la construcción de un encuentro en T de muros de adobe reforzado con esta malla de Junco. Se basa en el Anexo N°1 de la Norma E80 del RNE del Perú (Ministerio de Vivienda, 2008) y en estudios previos sobre construcciones en adobe.

2. LA PROPUESTA

A diferencia de otros materiales, el adobe al estar elaborado de barro, prácticamente no produce contaminación ambiental. En su preparación, transporte y trabajabilidad el adobe emplea solo el 1 % de la energía requerida para la preparación, transporte y elaboración de hormigón armado o de ladrillos cocidos. Así mismo el adobe, por estar elaborado de barro, no contamina el medio ambiente debido a que su reutilización es ilimitada (Blanc, 2008).

Con el fin de encontrar un sistema estructural que responda a los requerimientos sismorresistentes de las construcciones en adobe, a la vez que recuperar un modelo de vida comunitaria saludable bajo un concepto integral: identidad cultural, hábitat, medio ambiente y salud, iniciamos el estudio de un material natural y de fácil adquisición, como es el caso del junco, planta que crece en zonas húmedas del país entre los 0 y 4000 m.s.n.m.

Nuestra propuesta es la consecuencia de un análisis comparativo de los beneficios constructivos, estructurales, socioculturales, económicos y medioambientales, entre alternativas existentes. Se extiende a las comunidades rurales de las provincias costeras del Perú, pues a partir de este estudio se pueden generar modelos replicables. Se puede considerar como una primera aproximación para futuras propuestas de comunidades rurales saludables a ser aplicadas en nuestro país.

El estudio parte de las siguientes consideraciones teóricas (Morales et al., 1993):

“1° Los objetivos, implícitos en la mayoría de normas de diseño sismorresistente, son que la estructura sea capaz de:

- a. Resistir sismos sin daños
- b. Resistir sismos moderados, con daños estructurales leves y con daños no estructurales moderados.
- c. Resistir sismos catastróficos sin colapsar, entendiéndose por colapso: aquel estado que no permite que los ocupantes salgan del edificio debido a la falla de la estructura.

2° El comportamiento sísmico de las construcciones de adobe se atribuyen, principalmente, a que tienen poca resistencia en tracción y reducida adherencia entre el adobe y el mortero”.

Así mismo los autores mencionan al respecto que “los tipos principales de falla, que a menudo se presentan combinados, son los siguientes:

1. Falla por tracción en los encuentros de muros. Esta situación se agrava cuando a este efecto se superponen los esfuerzos de flexión.
2. Falla por flexión se debe a los esfuerzos de tracción por flexión al actuar el muro como una losa, apoyada en su base y en los elementos verticales que lo arriostran. La falla puede ocurrir en secciones horizontales, verticales u oblicuas”

Estudios realizados por Minke (2001) concluyen que, “impactos verticales de la tierra provocados por el sismo, son mucho menores que los horizontales. Hay dos tipos de impactos horizontales que deben tenerse en cuenta: los que son paralelos al plano del muro; y los que son perpendiculares al mismo (las fuerzas que son diagonales al muro se pueden dividir en dos componentes una paralela y la otra perpendicular) (figura 2).

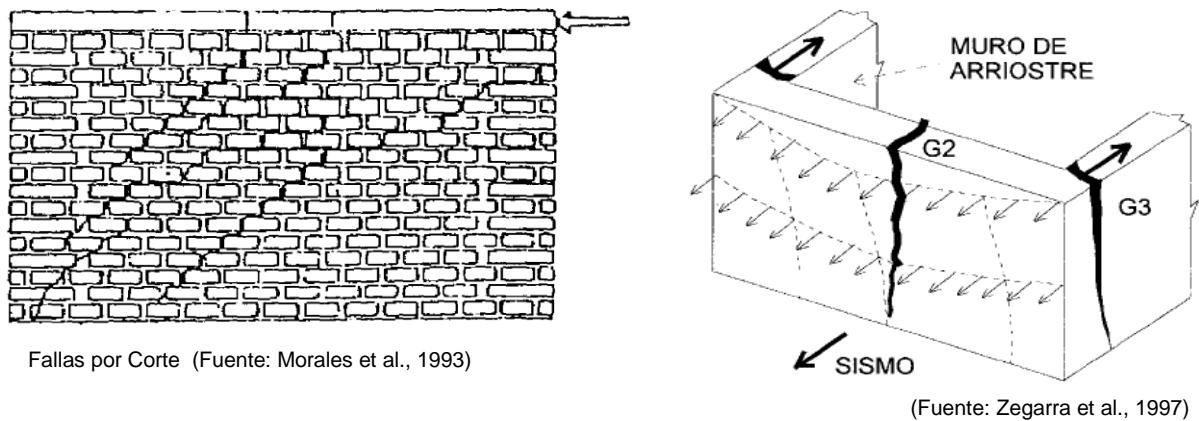


Figura 2. Principales fallas en las construcciones de adobe

El impacto de las fuerzas paralelas al muro, produce un desplazamiento menor de la sección superior del muro en relación a la inferior, debido a la inercia de la masa. **Los impactos perpendiculares al muro provocan un momento que puede provocar su colapso.** Para disminuir este riesgo, este debe ser suficientemente ancho o estar reforzado mediante muros intermedios, contrafuertes y un encadenado.

Los muros altos y delgados pueden colapsar aunque estén reforzados con contrafuertes o muros intermedios, ya que estos se pandean y quiebran. Los daños mayores provocados por un sismo, ocurren cuando los muros colapsan hacia el exterior dejando caer la estructura de la cubierta. Por ello, la tarea principal del diseño antisísmico es asegurar que los muros no caigan hacia el exterior (Minke, 2001).

A partir de estos conceptos es que el presente estudio propone el refuerzo de las zonas vulnerables de los muros de adobe con mallas de junco tejido (figura 3).

El desarrollo del estudio se fundamenta en dos etapas:

- a. Definición de las características físicas del junco mediante la realización de pruebas en laboratorio.
- b. Definición de la resistencia de la malla de junco mediante una prueba in situ, a escala natural.

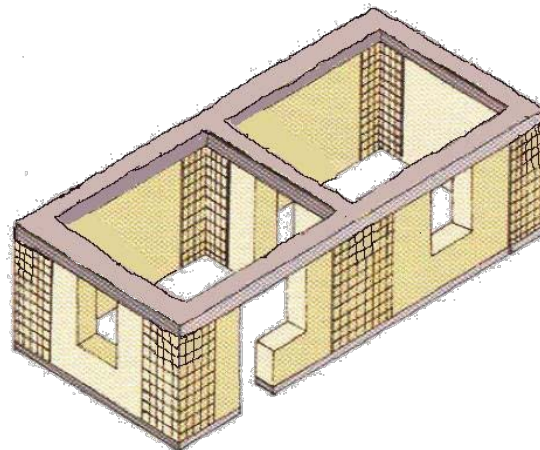


Figura 3 Propuesta de colocación de mallas de junco (Fuente: CTAR/COPASA, 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características físicas del junco

El Anexo N°1 de la Norma E80 del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú (Ministerio de Vivienda, 2008), da los siguientes parámetros:

“1 – Definición: La geomalla, constituida por material sintético, deberá reunir las siguientes características para ser usada como refuerzo de edificaciones de adobe.

- Conformación de una retícula rectangular o cuadrada, con abertura máxima de 50 mm y nudos integrados.

- Capacidad mínima de tracción de 3,5 kN/m, (350 kgf/m) en ambas direcciones, para una elongación de 2%.
- Flexibilidad y durabilidad para su uso como refuerzo embutido en estructuras de tierra.”

Para definir las características de resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad del junco, se realizaron diferentes pruebas de laboratorio, considerándose:

- Una fibra simple de junco,
- El junco en trenza simple (3 fibras) y,
- Por último, una trenza de fibra doble (6 fibras).

Con esta finalidad se les aplicó fuerzas en ambas direcciones con pistones neumáticos, a fin de ejercer fuerzas puntuales uniformes, utilizando el módulo neumático del Centro Integrado de Manufactura por Computador (CIM) de la Universidad Ricardo Palma.

3.2 Resistencia a la flexión de la malla de junco

Se toman como referencia características predefinidas del bloque de adobe:

- Contenido de humedad, según Norma ASTM D2216-05: 2,91%
- Límite líquido, basado en la ASTM D4318-05: 23,1%
- Índice de plasticidad, basado en la D4318-05: 6,3%
- Pesos específicos de las muestras (natural y relativo de sólidos):
Densidad del adobe: 1,79 g/cm³
Gravedad específica²: 2,56
- Resistencia a la compresión 15,926 (kgf/cm²) basado en NT E-080 RNE (Vivienda, 2006) y, NTP 331.202 (ITINTEC, 1979) para métodos de ensayos de la unidad del adobe” (Méndez et al., 2008).

Así mismo, partiendo del Anexo N°1 de la Norma E 80 del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú (Ministerio de Vivienda, 2008), se analizaron diferentes técnicas de confección de mallas de junco, optándose por aquella que permite utilizar las propiedades físicas de éste, de manera más eficiente (figura 4).

Se encontró que el trenzado que brinda la mejor relación entre resistencia y elasticidad es la elaborada con fibra doble (6 fibras), formando un entramado ortogonal a una distancia de 30 mm.



Figura 4. Malla de junco

Esta malla se coloca amarrada al muro con mechas de soguilla, cada 400 mm., envolviendo las zonas críticas del muro a partir del sobrecimiento y amarrándola en la parte superior del muro para templarla y lograr una mayor adherencia, brindando así un mejor acabado exterior.

Con la finalidad de comprobar la resistencia de esta malla se procedió a la construcción de dos muros de adobe de 40 cm de ancho, formando un encuentro en T, reforzándose las zonas de mayor vulnerabilidad de éste con la malla propuesta.



Figura 5. Colocación de la malla

Se sometió a condiciones reales de trabajo, soportando el impacto de fuerzas puntuales horizontales, las que se fueron incrementando progresivamente.

Se planificaron impactos con tres fuerzas diferentes:

- a. Fuerza A: 61,91 kgf/cm² (1 impacto)
- b. Fuerza B: 132,75 kgf/cm² (2 impactos)
- c. Fuerza C: 861,56 kgf/cm² (9 impactos)

Cabe mencionar que previo a estas pruebas, se registró en la ciudad de Lima un movimiento sísmico de aproximadamente 4.3 grados en la escala de Richter, el que sirvió como prueba natural a la muestra.

4. RESULTADOS

4.1 Características físicas del junco

Las pruebas de laboratorio realizadas, determinaron para el junco, los siguientes valores:

- Módulo de elasticidad de 36 kN/m² en 5% de deformación.
- Resistencia máxima a la tracción de 76 kg en ambas direcciones con 12% de elongación.
- Capacidad mínima de tracción de 11,5 kg/cm² (1,130kgf/m)¹ en ambas direcciones.

Estos valores permiten comprobar que el junco es un material natural cuyas características más resaltantes son su resistencia a la tracción, así como su grado de elasticidad.

4.2 Resistencia a la flexión de la malla de junco

Previo a la realización de la prueba de esfuerzo, se inspeccionó el estado del muro, luego de haber pasado el movimiento sísmico de 4.3 grados. Se encontró que el muro no sufrió ningún tipo de falla.

Los resultados de la aplicación de los impactos de fuerzas horizontales en los muros, según Figura 6, se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Resultado de la prueba de esfuerzos

Impactos	Fuerza (kgf/cm ²)	Descripción
1°	61,91	Sin daños
2°	132,75	Desprendimiento del tartajeo
3°	132,75	Reacción del muro A, a la flexión
4°	861,56	Muro soporta fuerza de corte sometiendo a muro A, a flexión. Trabajan las mallas
5°	861,56	
6°	861,56	Trabaja malla muro A
7°	861,56	
8°	861,56	
9°	861,56	
10°	861,56	Fractura del muro A y trabajo de la malla
11°	861,56	
12°	861,56	

El sistema de prueba empleado no permite definir con exactitud la fuerza a la que empieza a trabajar la malla de junco, pero hemos determinado que trabaja a fuerzas de $861,56 \text{ kgf/cm}^2$. A simple vista no ha sufrido daños por fatiga, pese a la cantidad de impactos a la que fue sometida.

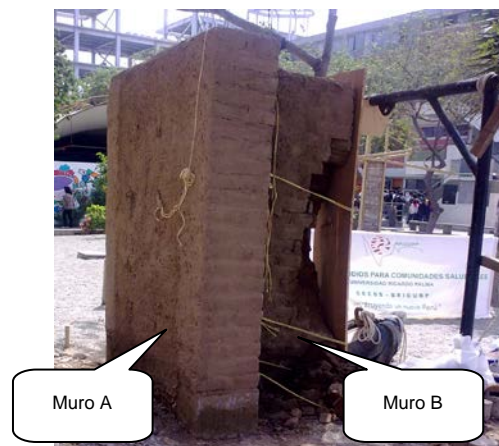


Figura 6. Muros sometidos a esfuerzo

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El trabajo de investigación concluye que:

- 1° El junco es un material que se emplea luego de un proceso natural de secado. Por lo tanto, es un material no contaminante que se complementa con las características del adobe.
- 2° Según las pruebas de laboratorio, la fibra de junco posee una alta resistencia a la tracción.
- 3° Según la prueba in situ, la malla de junco no perjudica al adobe en su trabajo a compresión.
- 4° La malla de junco, tejida con 6 fibras, trabaja perfectamente como refuerzo en las zonas más críticas de las construcciones en adobe.
- 5° La malla de junco por sus características naturales, al igual que el adobe, se complementan perfectamente en el trabajo estructural, adhiriéndose y otorgando mayor resistencia al muro, así como soportando mejor los cambios de temperatura, sin alterar su forma.
- 6° La malla de junco ofrece mayores ventajas que cualquier otro material de fabricación industrial:
 - Ventajas técnicas-estructurales
 - Ventajas ambientales
 - Ventajas económicas
 - Ventajas socio culturales

5.2 Recomendaciones

- 1° Para las construcciones en tierra deben buscarse alternativas naturales con recursos endémicos, que complementen las carencias estructurales de este material. De esta forma se evita el incremento del costo de la materia prima por transporte.
- 2° De preferencia debe evitarse el empleo de materiales industrializados debido a que son costosos, no son de fácil adquisición en las zonas rurales, su producción no ayuda a la conservación del medio ambiente.
- 3° Cualquier mejora en las técnicas constructivas, para ser empleadas en poblaciones rurales, deben tomar en cuenta la identidad cultural de estos pueblos, a fin de que sean integrados a sus sistemas constructivos.
- 4° Para las construcciones en adobe, debe respetarse un proceso constructivo adecuado. Los bloques de adobe deben cumplir con la Norma E80 del RNE (Ministerio de Vivienda, 2006). La

mezcla para el mortero debe ser elaborada adecuadamente, y, la cimentación debe responder a las características del suelo del lugar.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials. ASTM International. Norma ASTM D2216-05 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. USA: ASTM.
- American Society for Testing and Materials. ASTM International. Norma ASTM D4318-05 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. USA: ASTM.
- Blanc, F. (2008) *La vivienda de interés social en la región chaqueña argentina: proyecto de aldea rural en tierra*. En: Las Tesinas de Belgrano. Argentina: Universidad de Belgrano.
- Blondet, M., Villa García G., Loaiza C. (2003) *¿Viviendas sismorresistentes de tierra? Una visión a futuro*. En: XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- CTAR/COPASA, GTZ, PUCP y SENCICO (2002) *Terremoto? ¡Mi casa sí resiste! – Manual de construcción para viviendas sismo resistentes en adobe*. 2da. Edición. Perú: PUCP
- Fischer, A. (2009) *Manual de construcciones sismorresistentes en adobe, tecnología de geomalla*. Perú: Cooperación Alemana al Desarrollo / GTZ. 66 p-p 7,8
- Méndez, Vásquez, Corasao y otros. (2008) *Prototipo de Comunidad Saludable para áreas rurales del Perú: distrito de Chincha Baja, Ica*. En: Libro de Ponencias del Congreso TERRA BRASIL 2008. Sao Luis de Marañao. Brasil: Ed. Anais.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2008) Anexo N°1, Norma E80 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú: autor.
- Minke, G. (2001) *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Alemania: Universidad de Kassel. 51 p.- p 5,7 y 13
- Morales, R., Torres, R., Rengifo L., Irala C. (1993). *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. 2ª. Edición. Perú: CISMID-FIC-UNI
- Morales R., Yamashiro R., Sánchez, A. (1970). *Diseño Sísmico de Construcciones de Adobe. Investigación Experimental de Construcciones de Adobe y Bloque Estabilizado*. Disponible en: <<http://www.crid.or.cr/cd/ca>> Última revisión: 23 de Abril del 2010 22.00 hrs.
- Vargas, J., Torrealba, D., Blondet, M. (2007) *Manual: Construcción de casas saludables y sismo resistentes de adobe reforzado con geomalla*. Perú. PUCP. 43 p-p 29
- Zegarra, L., San Bartolomé, A., Quiun, D., Giesecke, A. (1997) *Manual Técnico para el reforzamiento de las viviendas de adobe existentes en la costa y sierra*. Perú: GTZ-CERESIS-PUCP.

NOTAS

- (1) Datos expresados en el Sistema de Unidades Métrico Imperial.
- (2) Gravedad específica: es el cociente de la densidad de una sustancia con respecto a la densidad de agua, cuando ambos están en la misma temperatura, es una cantidad sin dimensiones.

AUTORES

María Teresa Méndez Landa, Magister y con estudios de doctorado en Educación por USMP, Arquitecta UNI. Docente Facultades de Arquitectura e Ingeniería - Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú y Coordinadora del Centro de Estudios para Comunidades Saludables URP. Especialista en Gestión de Riesgos por Desastres. Docente Asesora y Coordinadora del Proyecto.

Rodolfo Palermo Palacios Villodas, estudiante de Ingeniería Electrónica. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP. Coordinador de Ingeniería.

Diego Machuca Vargas Machuca, estudiante de Arquitectura. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP. Coordinador del Proyecto por Arquitectura.

Luis Gustavo Sosaya del Carpio, estudiante de Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Ernesto Antonio Bustamante Zevallos, estudiante de Arquitectura. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Fabrizio García Ortíz, estudiante de Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Trabalhos práticos ou teóricos que discutam os vários aspectos relacionados ao patrimônio arquitetônico construído com terra, tais como: inventário/documentação; teoria e prática de conservação, reabilitação e restauro.



Tema 2

**História,
conservação
e patrimônio**



AVALIAÇÃO DE CASA DE TAIPA DE MÃO EM TERESINA, PIAUÍ

**Wilza Gomes Reis Lopes¹, Thaís Márjore Pereira de Carvalho²,
Karenina Cardoso Matos³, Thiago Melo Braga⁴**

Departamento de Construção Civil e Arquitetura, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Piauí - UFPI, Rua Major

Manoel Lopes, 1714, Morada do Sol, Teresina, Piauí. Telefone: (86)3233 1274

(1) izarlopes@uol.com.br; (2) thaismarjore.pc@gmail.com;

(3) kareninamatos@hotmail.com; (4) thiago.a.melo@hotmail.com

Palavras-chave: avaliação, habitação, sustentabilidade, pau-a-pique, parâmetros construtivos

Resumo

Durante a colonização brasileira, a arquitetura de terra foi bastante utilizada, destacando-se técnicas construtivas como o adobe, a taipa de pilão e a taipa de mão ou pau-a-pique. No entanto, foram esquecidas e abandonadas após a chegada dos novos materiais. Em Teresina, capital do Estado do Piauí, ainda é comum a construção de casas com taipa de mão, especialmente em áreas de invasão, que são realizadas sem os devidos cuidados técnicos, resultando em construções precárias. Nos dias atuais a construção de taipa de mão, geralmente, está associada a processos sociais transitórios, ao rural, à pobreza ao status de favela e barraco. Em contraposição, vários exemplos de construção em taipa de mão, construídos em tempos remotos, persistem até nossos dias, desafiando às intempéries e ao próprio tempo, demonstrando o potencial de seu uso, e sua durabilidade. Porém não só exemplos históricos comprovam a viabilidade desta técnica, sendo possível encontrar diversas construções contemporâneas em taipa, localizadas em várias partes do país, em que foram respeitados procedimentos construtivos adequados, que podem atestar o bom desempenho desta técnica. Percebe-se a importância em divulgar a existência de edificações devidamente executadas, que possam demonstrar a viabilidade do uso destas técnicas em termos, estéticos e de durabilidade, contribuindo para desassociar a imagem da arquitetura de terra com a pobreza e a miséria. Este trabalho tem como objetivo apresentar a descrição e a análise de construção com taipa de mão, projetada pelo arquiteto Paulo Frota, executada em 1984, na cidade de Teresina, apontando os métodos construtivos, procedimentos de manutenção e as modificações e os problemas ocorridos.

1. INTRODUÇÃO

A terra crua vem sendo usada para a construção há milênios, e tem demonstrado seu potencial e sua durabilidade, por meio de exemplos construídos em tempos remotos, que persistem até nossos dias, desafiando às intempéries e ao próprio tempo. Tem sido utilizada nos mais remotos e mais diferentes recantos do planeta, e sob técnicas variadas, visando resolver o secular problema de habitação da humanidade.

Segundo Houben e Guillaud (1994), desde que os homens começaram a construir casas e cidades, há 10 mil anos, a terra vem sendo um dos principais materiais de construção utilizados no mundo, para edificar cidades inteiras; palácios e templos, igrejas e mesquitas, armazéns e castelos, praças fortificadas e soberbos monumentos. E hoje cerca de um terço da população mundial vivem em construções de terra crua, sendo difícil encontrar um país que não possua herança de edifícios em terra.

Neste sentido, Minke (2001) menciona habitações de terra que foram descobertas em Tuquestán, datadas do período de 8.000 a 6.000 a.C., e também, restos de construções de terra, datadas de 5.000 a.C., que foram encontradas na Assíria. O autor afirma ainda que, no México, América Central e do Sul, quase todas as culturas pré-colombianas utilizavam o adobe em suas construções.

Desta forma, a arquitetura de terra é encontrada em todas as partes do mundo, por meio de técnicas diversas, devido à sua versatilidade. Em cada local, é adaptada ao clima e aos

condicionantes físicos existentes e aos materiais encontrados, adaptando-se ao meio local e às particularidades de cada região e satisfazendo às necessidades de bem estar do homem.

A arquitetura de terra foi trazida ao Brasil, por meio dos primeiros colonizadores portugueses, estando comprovado que os indígenas não as utilizavam. Além disso, os africanos, que foram trazidos ao país como escravos, também tinham conhecimento do uso da terra para construção (Milanez, 1958). No Brasil as técnicas mais utilizadas para construção, envolvendo a terra, foram a taipa de pilão, o adobe e a taipa de mão ou pau-a-pique.

Para Del Brenna (1982), a terra crua adotada desde o início da colonização, em todo o território brasileiro, permaneceu e se desenvolveu quando e onde seu uso foi possível, pelas condições do solo e do clima, configurando-se em soluções de grande singeleza, funcionalidade e perfeita adaptação ao meio. Segundo Souza (1996), nas localidades do Brasil onde a pedra era rara e de difícil extração, prevaleceu a arquitetura de terra crua sob diversas formas de construção.

Lemos (1989) afirma que a taipa de pilão foi a técnica, inicialmente, mais usada na cidade de São Paulo, devido à ausência de pedras e calcários, na região. As madeiras de lei também eram de difícil acesso, o que restringia o uso de outras técnicas. Salienta, ainda, que a taipa de mão era usada nas divisões internas, das construções em taipa de pilão.

A primeira técnica de terra usada em Minas foi a taipa de pilão, trazida pelos bandeirantes. Posteriormente, foi substituída pela taipa de mão, em terrenos mais acidentados, como nas vilas do ouro, devido aos problemas de erosão, freqüentes durante as enxurradas (Mello, 1985).

Segundo Neves (2007, p.121), “as construções com terra constituem a grande maioria da arquitetura colonial [...]”. Portanto, em nossas cidades históricas, é comum a existência de exemplos de construção com terra.

As construções de taipa de mão não estão restritas às residências e às pequenas obras. Mello (1985) cita que com esta técnica, foram construídas capelas como a de Nossa Senhora do Ó, em Sabará, a de São Francisco, em Caeté e a de Nossa Senhora das Mercês, em Mariana, todas no Estado de Minas Gerais.

Sobre o centro histórico da cidade de Marechal Deodoro, no estado de Alagoas, Ferrare (2008, p.4) afirma que “[...] grande parte das edificações que compõem o perímetro considerado pelo Tombamento Federal”, foram executadas em taipa de mão. A autora destaca ainda que “[...] “no que pese a boa qualidade das madeiras utilizadas, tanto na taipa como na cobertura, grande parte das edificações encontram-se bastante degradadas devido à falta de manutenção que minimizasse a absorção da umidade climática, típica da região lagunar na qual estão inseridas” (Ferrare, 2008, p.4).

A taipa de mão, conhecida também por taipa de sopapo ou pau-a-pique, é um sistema construtivo artesanal, fundamentado no emprego combinado de dois materiais abundantes na natureza: a madeira e a terra. De acordo com Vasconcellos (1979), consiste em paus colocados perpendicularmente entre os baldrames e os frechais, nele fixados por meio de furos ou pregos. Perpendiculares a estes são colocados outros mais finos, ripas ou varas, tanto de um lado como de outro, amarrados por meio de tiras de couro, prego ou arame, de cipó, barbante de sisal, tucum, imbé, buriti e outros gêneros próprios para cordas. Depois de feita a trama ou armação, a terra, misturada à água, é jogada e apertada sobre ela, utilizando-se apenas as mãos, o que deu origem ao seu nome.

Atualmente, observa-se que a taipa de mão, mesmo ainda sendo uma técnica de uso corrente em quase todo território brasileiro, amplamente utilizada, desde os primórdios de nossa colonização, e integrada à nossa cultura, principalmente, à do caboclo da zona rural, encontra-se em desuso, associada a construções pobres e transitórias. Segundo Lopes e Ino (2001, p. 8), foi bastante utilizada no país “desde o início de sua colonização,

apresentando excelentes resultados, quando bem executada. No entanto, encontra-se hoje restrita a exemplos pontuais e esparsos e desconhecida como possibilidade construtiva [...]”.

Inúmeras construções históricas centenárias, executadas com terra, podem ser encontradas, ainda hoje, em perfeito estado de conservação, como também, edificações contemporâneas, localizadas em diversos locais do Brasil, em que foram utilizados os procedimentos construtivos adequados, comprovando o potencial e a durabilidade deste tipo de construção (Lopes, 1998).

Em Teresina, é comum o uso de construções com taipa de mão, mas realizadas sem os devidos cuidados técnicos, associadas a processos sociais transitórios em áreas de invasão, resultando na maioria das vezes, em construções precárias, o que faz com que se perpetue a imagem da construção de terra associada à pobreza. Portanto, percebe-se a importância em divulgar exemplos de edificações de terra, devidamente executadas, demonstrando, dessa forma, a viabilidade destas técnicas.

Neste trabalho é apresentada a descrição e a análise de construção com taipa de mão, projetada pelo arquiteto Paulo Frota, executada em 1984, na cidade de Teresina, apontando os métodos construtivos, procedimentos de manutenção e as modificações e os problemas ocorridos.

2 ANTECEDENTES DO PROJETO

A construção a ser analisada, executada em 1984, de propriedade de Amauri Barbosa, engenheiro e professor do Departamento de Construção Civil e Arquitetura da Universidade Federal do Piauí, onde ministra a disciplina de Materiais de Construção, para os cursos de Arquitetura e de Engenharia Civil, está localizada no bairro da Piçarra, cidade de Teresina, Piauí.

A intenção do proprietário era realizar uma construção mais econômica, onde fosse possível a utilização de materiais regionais, e ainda, ecologicamente mais sustentáveis. Para concretizar esta ideia, contou com o apoio do arquiteto Paulo Frota, autor do projeto arquitetônico, que já tinha vivência com este tipo de construção, tendo desenvolvido Trabalho de Final de Graduação, na Universidade Nacional de Brasília, sobre este tema, a partir de estudo realizado na cidade de São Miguel do Tapuio, estado do Piauí.

Para o arquiteto Paulo Frota, as técnicas tradicionais devem ser usadas aliadas às novas tecnologias e novos materiais. Ressalta, ainda, que nenhum tipo de técnica de construção é ultrapassado, tendo-se apenas a necessidade de reciclar os conhecimentos já existentes e adaptá-los à realidade de cada local (informação verbal)¹.

Com área construída em torno de 300 m², a edificação foi projetada em dois pavimentos, com cinco quartos, quatro banheiros, sala de estar e jantar, lavabo, varanda, copa-cozinha, despensa, área de serviço e abrigos de carros. Atualmente foi acrescentada uma área de lazer com piscina (figura 1).

3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

Para esta construção foram utilizados materiais locais, conhecidos e usados na região, como a palmeira carnaúba e a madeira conhecida como sabiá ou unha-de-gato e a terra do local.

3.1 Estrutura e cobertura

O material usado na estrutura para os pilares e vigas foi a palmeira de carnaúba (*Copernicia prunifera*), proveniente de área desmatada, fixada em fundação de pedra com argamassa.



Figura 1. Fachada principal (Foto Wilza Lopes, 1997)

A carnaúba (*Copernicia prunifera*), pertencente à família Areaceae, é uma palmeira de tronco solitário e reto que é recoberto na parte inferior, por uma camada áspera e espinhosa. Desta característica teve origem seu nome carnaúba, que “é derivado da língua indígena tupi e significa árvore que arranha” (Lima; Barroso; Holanda, 2001, p. 2).

Trata-se de planta nativa da região semi-árida do nordeste do país e do vale do São Francisco, com altura entre 10 a 15 m, possuindo folhas em leque rígidas, cobertas por uma camada de cera (Lorenzi; Mello Filho, 2001). De acordo com Lorenzi (2002) sua ocorrência se dá nos vales de rios da região de caatinga e nos Estados do Pará, Tocantins, Maranhão, Piauí até Goiás e Salvador. Na região do Pantanal Mato-grossense existe a espécie *Copernicia alba* (carandá) com características muito semelhantes à carnaúba

Possui grande importância econômica para a região Nordeste, segundo Mendes e Moreira (1998), a carnaúba é conhecida como “árvore da vida” ou como “boi vegetal”, pois dela tudo se aproveita. Das folhas, além da cera, são produzidos celulose e artigos artesanais. O tronco, além de fornecer o palmito, é empregado na fabricação de cumeeiras, terças, caibros e ripas, enquanto que, os frutos podem ser utilizados na alimentação humana e animal e as raízes têm propriedades medicinais. Em ensaios de resistência mecânica, usando corpos-de-prova sem aparelhamento, os autores encontraram valores de 23,62 MPa para a resistência à compressão, de 57,65 MPa para a resistência à flexão e de 2,70 MPa de resistência ao cisalhamento.

De acordo com Barreto (1975), a carnaúba foi muito usada, no Piauí, como material de construção nas casas de fazenda. Usado na estrutura, nas paredes de pau-a-pique, no madeiramento da cobertura, no ripamento, o tronco de carnaúba, funcionou como solução na edificação de residências, pois os carnaubais, na época eram abundantes e pouco valiam.

Frota e Le Roy (1978) destacaram que a carnaúba reta e boa para construção é achada facilmente, com o comprimento de até 4,50 m, podendo ser utilizada em balanço de até um metro, com o peso do telhado. Segundo Mendes e Moreira (1998), a carnaúba apresenta as camadas externas mais resistentes, portanto não é comum aparelhá-la.

Lorenzi (2002) afirma que seu tronco inteiro é utilizado para postes, moirões, construções rústicas e lenha. Quando cortada ou serrada é empregada para caibros, barrotes, ripas e ainda confecção de artefatos como bengalas. As folhas secas são usadas em coberturas de

casas e também na confecção de chapéus, bolsas, esteiras, cordas, cestos, colchões e outros artigos. Ainda segundo o autor, a carnaúba é uma madeira moderadamente pesada, com densidade de $0,94 \text{ g/cm}^3$, fácil de aplainar, resistente e de longa durabilidade em água salgada.

Antes da fixação dos pilares, com dimensão entre 12 e 15 cm de diâmetro, a parte da carnaúba que ficou em contato com o solo foi protegida por emulsão asfáltica. Como forma de evitar a umidade por capilaridade, os pilares de carnaúba foram assentados em cavas de 0,60 m de profundidade, preenchidas com concreto. Nas demais peças, aplicou-se um cupinicida à base de aldrin.

A carnaúba contorna as janelas e portas, sendo, em alguns locais, usada como peitoril, através de peças colocadas sobrepostas horizontalmente (figura 2). Faz parte ainda da estrutura e do corrimão da escada, sendo ainda usada como guarda-corpo na circulação do pavimento superior (figura 3). Os degraus da escada foram executados em madeira serrada da espécie ipê (*Tabebuia serratifolia*).



Figura 2. Peitoril de carnaúba e janela de ipê e vidro (Foto Wilza Lopes, 1997)



Figura 3. Escada de carnaúba e ipê e parede do piso superior (Foto Thaís Carvalho, 2009)

No madeiramento da cobertura, foram utilizados linhas e tesouras de carnaúba (figura 4), sendo os caibros e ripas de madeira serrada. Foi empregada a madeira da espécie aroeira (*Astronium concinnum*) para confecção das pérgulas do jardim interno.

3.2 Estrutura para sustentação da terra

Para a execução da trama interna, das paredes de taipa de mão, foram usadas a palmeira carnaúba e a madeira roliça conhecida como sabiá ou unha-de-gato (*Mimosa caesalpiniaefolia*), muito encontrada na região, para as peças verticais, enquanto que, em substituição às varas horizontais, foi usado arame nº 18 ($\phi 1,24 \text{ mm}$).

Segundo Lorenzi (2002, p. 196) a espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá) é encontrada em toda a região nordeste e trata-se de madeira “pesada dura, compacta, superfície brilhante e lisa, de grande durabilidade mesmo exposta à umidade e enterrada”.

A partir de estudos, físicos, mecânicos e analíticos com a *Mimosa caesalpiniaefolia Benth*, Nascimento (1998, p.98) conclui que esta espécie “poderá ser utilizada tanto como elemento estrutural como elemento de vedação”. A autora afirma ainda que, ela pode ser usada serrada ou roliça, e aponta, entre outros, os seguintes usos: como estacas, vigas, pilares, caibros e ripas, esquadrias, mobiliário e na construção com taipa de mão.

As peças de carnaúba, com diâmetro em torno de 15 cm, deixadas aparentes no final da construção, foram colocadas em intervalos de 1,00 m e de 1,50 m. Neste espaço foram inseridas varas verticais de sabiá, distanciadas 50 cm, entre si. Na coluna de carnaúba, por meio de pregos, era fixada a madeira sabiá, em torno de 7 cm de diâmetro, na qual se prendia o arame, com o uso de grampos comuns usados na fixação de cercas. Os fios de arame eram dispostos na posição horizontal, distantes verticalmente, em torno de 15 cm, um do outro. Depois de fixado, o arame na a circundava madeira roliça sendo levado até ao outro apoio vertical, esticado ao máximo para conferir estabilidade ao entramado, dando a voltando ao ponto inicial, quando era preso novamente na madeira sabiá.



Figura 4. Estrutura de carnaúba e acesso que liga a sala à piscina. (Foto Thaís Márjore, 2009)

3.3 Preenchimento das paredes

A terra usada para preenchimento das paredes de taipa consistiu de um tipo bastante comum na região, conhecido por massará, composto de argila, silte e areia grossa, ao qual foi adicionado cimento, em um traço (em volume) de 1:9. A água foi colocada em quantidade suficiente, para se obter uma massa consistente e bem plástica. A aplicação da primeira camada de terra se fez com as mãos, acrescentando-se pedras (pedra cabeça-de-jacaré ou pedra-de-fogo), na medida em que se formava a parede (figura 5).

Já a segunda camada, correspondente ao emboço, foi aplicada para corrigir as falhas existentes. Em seguida, para o reboco, que apresenta cerca de 2 cm de espessura, foi utilizado massará peneirado, acrescido de cal e cimento, sendo este último, usado para agilizar a cura do material. A proporção de cimento, cal e massará fino era de 1:2:8. Na pintura, utilizou-se hidracal.

3.4 Outros materiais utilizados

Atualmente, o piso do pavimento térreo é de cerâmica, porém, originalmente, era de pedra de Castelo, rejuntada com pedrisco nas cores preto e branco. As pedras, de todas as formas e tamanhos, foram adquiridas em uma pedreira, provenientes de material descartado. Foi utilizado um corante no tom verde, após o polimento à máquina, conferiu um brilho bem

peculiar ao piso. Como a pedra utilizada apresentava estrutura folicular, com o tempo e o desgaste, as camadas foram se desprendendo, motivo pelo qual teve que ser substituída pelo piso cerâmico (informação verbal)².



Figura 5. Parede após o primeiro barreamento (Foto Paulo Frota, 1984)

O pavimento superior é em madeira ipê, assim como os degraus da escada. Este assoalho em ipê é assentado sobre barrotes de madeira, com dimensões de 7 cm x 7 cm, apoiados nos pilares de carnaúba.

As portas foram executadas em réguas de madeira de cedro, com encaixe macho e fêmea. As janelas, por sua vez, foram confeccionadas por quadros de madeira com vidro. E finalmente, as instalações hidráulicas e elétricas foram embutidas nas paredes de taipa.

Além das paredes de taipa, a construção possui um volume executado em alvenaria de pedra bruta, que abriga a caixa d'água e banheiros. A pedra aparece também, na parede que limita o jardim interno, contrastando com o branco das paredes de taipa e o escuro da carnaúba.

Segundo informações do arquiteto a obra teve a duração de seis meses, com relação aos custos, destaca que não dispõe, atualmente, do valor gasto na construção, mas acredita que na época (1984) o custo por m² da parede de taipa representava o valor, em torno de 40% a menos, em relação às paredes de alvenaria de tijolo.

4. SITUAÇÃO ATUAL

Esta edificação foi analisada em 1997 (Lopes, 1998), após 13 anos de uso, observando-se que apresentavam excelente estado de conservação, como pode ser comprovado pelas fotos apresentadas (figuras 1 e 3). Na ocasião, foi constatado que não houve grandes alterações no seu aspecto inicial, tendo apenas o piso de pedra sido trocado pelo piso de cerâmica.

De acordo com informações do proprietário, em 2009, após 25 anos de sua construção, foi necessária a substituição dos pilares de carnaúba, por pilares de concreto, no pavimento térreo, pois aquelas peças sofreram apodrecimento, devido ao efeito da umidade. Os pilares de concreto foram executados nas mesmas dimensões dos pilares de carnaúba (figura 6). Mas as paredes de taipa não sofreram danos, portanto, vale destacar que nenhuma modificação relacionou-se à resistência ou à eficácia da taipa de mão.



Figura 6. Fachada principal, nos dias atuais (Foto Thais Carvalho, 2009)

Com a retirada dos pilares de carnaúba, que eram embutidos na parede de taipa, algumas paredes tiveram que ser refeitas e foi utilizada, então, a alvenaria de tijolo cerâmico. A parte da casa que foi executada em taipa e que se encontra completamente preservada é o pavimento superior.

Segundo Amaury Barbosa, proprietário da residência, os gastos em manutenção da edificação são aqueles comuns a qualquer tipo de construção, independente do material ou técnica empregada, destacando como mais freqüentes os reparos no reboco e a pintura periódica.

Ferraz (1992) reforça a necessidade da manutenção periódica, apresentando várias construções no sul de Minas Gerais, região da Mantiqueira, executadas com taipa de mão ou pau-a-pique, comuns naquela região, devidamente conservadas, que têm sua pintura refeitas anualmente, afirmando que [...] “A pintura, em geral, serve também como assepsia contra os insetos e numa rotina incorporada à vida como o plantar e o colher, é refeita todo o ano”.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na construção de taipa de mão analisada foram utilizados materiais regionais, conhecidos pela população como a palmeira carnaúba, a madeira sabiá e a terra, através da técnica da taipa de mão. Aliado aos materiais tradicionais foi incorporado o uso do arame, em substituição à madeira horizontal, e a colocação de pedras junto com a terra, no preenchimento das paredes. A edificação apresenta-se em bom estado de conservação, comprovando a durabilidade e versatilidade da técnica construtiva empregada.

Sabe-se que inúmeras construções históricas executadas com terra crua são encontradas, ainda hoje, perfeitamente conservadas, como também, edificações contemporâneas, localizadas em locais diversos do Brasil. Entretanto, como qualquer outra técnica construtiva, a arquitetura de terra requer certos cuidados, como a proteção da umidade e a manutenção periódica.

O processo de manutenção das construções é inerente a qualquer tipo de técnica construtiva, seja de terra, de alvenaria de tijolo cerâmico, ou concreto, para que se consiga sua preservação e durabilidade.

Observa-se, ainda, que a taipa de mão pode ser usada na construção civil, de maneira geral, podendo ser empregados, na sua execução, materiais diversos, disponíveis e adaptados ao local, resultando em edificações com resultados excelentes, desde que seguidos os parâmetros técnicos necessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barreto, P. T. (1975). O Piauí e sua Arquitetura. *Arquitetura Civil I*. (Textos escolhidos da Revista do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional). São Paulo, SP: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo, MEC-IPHAN.

Del Brenna, Giovanna Rosso (1982). Para arquitetos e não. In: Dethier, Jean; Zbinden, Catherine. *Arquitetura de Terra ou o Futuro de uma Tradição Milenar*. Rio de Janeiro: Avenir Editora.

Ferrare, Josemary Omena Passos (2008). Análise e proposições para a recuperação do acervo patrimonial em 'taipa de pau-a-pique' na cidade histórica Marechal Deodoro – Alagoas. In: *Seminário Ibero-americano de Construção com Terra, 7 e Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2*. São Luís. *Anais...* São Luís: UEMA.

Ferraz, M. C. (1992). *Arquitetura rural na serra da Mantiqueira*. São Paulo: Quadrante.

Frota, P.; Le Roy, L. (1978). *A casa de taipa em S. Miguel do Tapuio*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura). Departamento de Arquitetura, UNB – Universidade de Brasília.

Houben, H.; Guillaud, H. (1994). *Earth construction: a comprehensive guide*. London, UK: Intermediate Technology Publications.

Lemos, C. A. C. (1989). *Alvenaria burguesa*. São Paulo: Nobel.

Lima, M. A.; Barroso, A. M.; Holanda, D. C. (2001). Aplicação e possibilidades de uso de fibras vegetais na arquitetura. In: *Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 6 e Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 3*. São Pedro, SP. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC.

Lopes, Wilza Gomes Reis (1998). *Taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

Lopes, Wilza Gomes Reis; Ino, Akemi (2001). Construções com taipa de mão no Brasil. *Revista Baiana de Tecnologia – TECBAHIA*. Camaçari, BA, v. 16, n. 2, p.7–14, maio - ago. 2001.

Lorenzi, H. (2002). *Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. 2 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. v.2.

Lorenzi, H.; Mello Filho, L. E. de (2001). *As plantas tropicais de R. Burle Marx*. 1.ed. São Paulo, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 504 p.

Mello, S. de.(1985). *Barroco Mineiro*. São Paulo: Brasiliense.

Mendes, P de T. C.; Moreira, M. de L. T. (1998). Características da carnaúba para uso estrutural. *Anais do VI In: Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira, 6*. Florianópolis, SC. *Anais...* São Carlos: IBRAMEM. v.3. p. 252-257.

Milanez, A. (1958). *Casa de Terra: As técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo*. Rio de Janeiro: Serviço Especial de Saúde Pública – Ministério da Saúde.

Minke, Gernot (2001). *Manual de construcción en tierra*. 2 ed. Montevideo: Editora Nordan-Comunidad.

Nascimento, Maria Fátima do (1998). *Madeira do agreste para uso em habitação*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

Neves, Célia (2007). *Arquitectura y construcción con tierra en Iberoamérica: pasado, hoy y futuro*. In: *Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, 6 e II Seminario Internacional: Investigación del Diseño Sustentable, 2*. Tampico, México. *Anuário...* Tampico: FADU.

Souza, Renato César José de (1996). *Problemas de conservação em construções típicas de Minas Gerais*. *Cadernos de arquitetura e Urbanismo*. Belo Horizonte, n.4, p. 103-120.

Vasconcellos, Sílvio de (1979). *Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

NOTAS

(1) Informações obtidas com o arquiteto Paulo Frota, por meio de entrevista concedida a Thiago Melo Braga, em julho de 2008.

(2) Informações obtidas com o engenheiro e proprietário da casa, Amaury Ribeiro, por meio de entrevista concedida a Thais Melo Braga, em julho de 2009.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Pesquisa Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio dado pesquisa: Levantamento e análise de edificações executadas com técnicas de construção com terra no Estado do Piauí (Edital CNPq 061.2005/Processo 401610/2006-3), que deu origem a este trabalho.

AUTORES

Wilza Gomes Reis Lopes. Arquiteta, Especialista em Urbanismo, Mestre em Arquitetura, Área de Concentração em Tecnologia do Ambiente Construído, Doutora em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Construções Rurais e Ambiência. Professora do Departamento de Construção Civil e Arquitetura– DCCA/CT/UFPI e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da UFPI. Membro da Rede Ibero-americana Proterra. Coordenadora do Laboratório Urbano da Paisagem – LUPA.

Thaís Márjore Pereira de Carvalho. Estudante do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Piauí. Bolsista do Programa de Pesquisa em Iniciação Científica – PIBIC/UFPI, período 2008/2009. Membro do Laboratório Urbano da Paisagem - LUPA da UFPI.

Karenina Cardoso Matos. Arquiteta e Urbanista, Especialista em Meio Ambiente, Mestre em Arquitetura, Doutoranda em Urbanismo pela Universitat Politècnica de Catalunya-UPC, Barcelona, Espanha. Professora do Departamento de Construção Civil e Arquitetura da Universidade Federal do Piauí - UFPI. Coordenadora do Laboratório Urbano da Paisagem – LUPA, da UFPI.

Thiago Melo Braga. Estudante do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Piauí. Bolsista do Programa de Pesquisa em Iniciação Científica – PIBIC/UFPI, período 2007/2008. Membro do Laboratório Urbano da Paisagem - LUPA da UFPI.



CATEDRAL DE CAMPINAS: O EMPREGO DA TAIPA DE PILÃO EM CONSTRUÇÕES DE GRANDE PORTE NO SÉCULO XIX

Ana Paula Farah¹; Marcelo Cachioni²

- (1) Arquiteta e Urbanista - Especialista em Patrimônio Arquitetônico pela FAU PUC Campinas e PUCPR, Mestre em Tecnologia do Ambiente Construído pela EESC USP, e Doutoranda em História e Fundamentos da Arquitetura pela FAU USP, Rua Domingos Aldemar Boldrini, 240, Campinas - SP, (19) 3253-2686, anafarah@usp.br.
- (2) Arquiteto e Urbanista - Especialista em Patrimônio Arquitetônico e Mestre em Urbanismo pela FAU PUC Campinas, e Doutorando em Projeto de Arquitetura pela FAU-USP, Rua Ipiranga, 435, Piracicaba - SP, (19) 3433-7118, mcachioni@gmail.com.

Palavras-chave: Taipa de Pilão, Catedral Metropolitana de Campinas, Ramos de Azevedo, Campinas, Patrimônio Histórico.

Resumo

A Catedral Metropolitana de Campinas, ou Matriz de Nossa Senhora da Conceição foi construída para substituir a antiga Matriz, tendo sido conhecida durante muitos anos como Matriz Nova. Suas obras duraram 76 anos, e na sua inauguração oficial, em 1883, muito havia ainda por ser feito. Seu projeto original não é conhecido, nem mesmo seu autor. Muitos diretores e profissionais interferiram no canteiro de obras até a inauguração, por questões econômicas e políticas. Os entalhes de cedro são de autoria de vários profissionais, comandados primeiramente por Vitoriano dos Anjos, e num segundo momento por Bernardino de Sena. Sua fachada principal teve vários projetos preliminares, três deles, neogóticos. A fachada principal neoclássica foi projetada pelo engenheiro Cristovam Bonini, e finalizada por Ramos de Azevedo que alterou alguns elementos e também foi o responsável pelo término das obras do interior da Catedral. Em 1923 uma grande reforma geral foi promovida, para corrigir os problemas e terminar o que não havia sido feito por falta de verbas e técnica. Posteriormente, em 1952, outra reforma foi executada. Desde sua inauguração foram realizadas algumas intervenções pontuais, as quais não vieram a descaracterizar significativamente sua arquitetura. Apesar de construído em taipa de pilão e considerado o maior edifício do gênero na América Latina, com paredes de largura superior a 1,5 m, sua fachada principal foi acrescida de alvenaria de tijolos como recurso para viabilizar o projeto neoclássico. As sólidas paredes do edifício são os elementos construtivos do edifício em melhor estado de conservação, sendo que os forros em madeira foram atacados pela ação do tempo e insetos xilófagos, os quais passaram por um processo de restauração recentemente. A estrutura de taipa enfrenta, porém, perigo potencial causado por insetos xilófagos, tráfego de veículos e manutenção deficiente.

1. ORIGENS DA CATEDRAL METROPOLITANA DE CAMPINAS

A origem de Campinas ocorreu a partir da rota dos bandeirantes do século XVIII, a qual passava pelo território com destino a Mato Grosso e Goiás. Foi uma das primeiras povoações a surgir no 'Caminho dos Guaiazes' entre as vilas de Jundiaí e Mogi-Mirim. No governo da capitania de São Paulo, dirigida pelo Morgado de Matheus, foi nomeado Francisco Barreto Leme como '*Fundador, Administrador e Diretor*' de Campinas, que pertencia à vila de Jundiaí. A fundação oficial ocorreu no dia 14 de Julho de 1774, quando foi elevada à categoria de freguesia com a denominação 'Campinas do Mato Grosso', numa missa realizada em uma capela provisória. O governador da capitania de São Paulo Antônio Manuel de Melo Castro e Mendonça, assinou a portaria à elevação da categoria de freguesia para vila, que se denominava São Carlos em 16 de novembro de 1797 (Cachioni; Farah et al., 1998).

A Vila cresceu rapidamente com os grandes negócios do açúcar. Começaram a surgir construções de casas novas luxuosas, como relataram os viajantes da época. Com todo esse desenvolvimento, Campinas, em 1842, foi elevada à categoria de cidade. A Matriz Velha que havia sido construída para Freguesia e para Vila, não mais atendia aos anseios

da população, a qual chegava a 4 mil moradores. Com isso, surgiu a necessidade da construção de uma nova e maior Matriz - a Matriz Nova, dedicada a Nossa Senhora da Conceição (hoje Catedral Metropolitana de Campinas), tendo o início da sua construção em 1807 (Cachioni; Farah et al., 1998).

A Câmara de Vereadores, antigamente chamada de *Associação dos Homens Bons*, em 9 de outubro de 1807, em reunião com 39 cidadãos representantes da sociedade, decidiu pela construção de uma nova Matriz, de proporções maiores que a antiga (atual Basílica de N. S. do Carmo), para mostrar o desenvolvimento da Vila. Nesta reunião foi escolhido Felipe Neri Teixeira para administrar as obras.

A construção seguiu em ritmo lento por falta de recursos, e durante muitos anos, os diretores da obra solicitaram, à Assembléia Provincial, recursos à sua conclusão. Durante as obras da nova Matriz, houve inúmeras trocas de diretores, problemas com falta de verbas, e posteriormente, disputa de poder entre monarquistas e republicanos. Todos estes fatores acabaram ocasionando a demora na conclusão, cuja autoria do projeto não foi documentada.

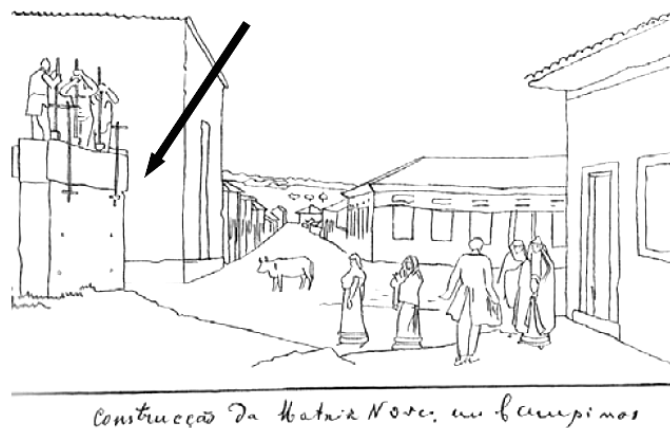


Figura 1. Desenho de Hércules Florence - mostrando o início da construção com a técnica de taipa de pilão (Leite, 2004).

Em 1842, acabaram de pilar as taipas (figura 1), a capela-mor e a sacristia foram cobertas; e as obras foram paralisadas por falta de recursos financeiros. O ano de 1845 trouxe um importante passo para a conclusão das obras, então sob a direção do Dr. Sampaio, a cobertura do edifício com telhas do tipo capa e canal. Passaram-se cinco anos e, em 1850, foram adquiridas as tábuas para executar o forro: "Parecia urgente ao administrador fazer as portas laterais do templo, aterrar os corredores e tratar do forro do corpo da igreja, o que se não havia feito ainda por falta de madeiras, que deviam ser de qualidades escolhidas" (Otávio, 1942).

O ofício-relatório, redigido pelo Dr. Sampaio, no mesmo ano, consta que um dos diretores da obra, Francisco José de Camargo Andrade, ofereceu as matas do seu engenho da Ponte Alta, conhecido posteriormente como Monte D'Este e atualmente Fazenda Tozan (grande produtora de café), para a retirada de 20 dúzias de tábuas para a Matriz.

O ano de 1853 marcou a chegada do artista do entalhe Vitoriano dos Anjos Figueiroa, vindo de Salvador na Bahia, para se incumbir da ornamentação interna da igreja. Outro diretor da obra, Antônio Francisco Guimarães, o *Baía*, se dispôs a pagar as despesas de sua viagem. Uma equipe de aprendizes foi nomeada para as obras de entalhe, com Antônio Dias Leite, José Antunes de Assunção e Laudíssimo Adolfo Melo (Cachioni; Farah et al., 1998).

Em 1862, o altar-mor, as tribunas, os púlpitos, a varanda para o coro, o paravento e as colunas destinadas à capela do Santíssimo Sacramento já haviam sido concluídas. No mesmo ano, Antônio Carlos de Sampaio Peixoto - o *Sampainho* - assumiu as obras, como

administrador. Por causa dos vários problemas que a obra enfrentava, foi ao Rio de Janeiro consultar os arquitetos Job Justino de Alcântara, Antônio de Pádua Castro e Dr. Bithencourt da Silva para montar um corpo de entalhadores. Chefiados por Bernardino de Sena Reis e Almeida, chegaram a Campinas em 1865, para concluir os trabalhos de entalhe: dois altares dos cantos da Nave, os laterais, as capelas e tudo o mais que se encontra entalhado na igreja, que não fora executado por Vitoriano dos Anjos (Cachioni; Farah et al., 1998).

Sampainho voltou ao Rio de Janeiro para tratar da fachada da igreja, e trouxe para Campinas uma planta do arquiteto Dr. Bithencourt da Silva, que acabou sendo modificada no canteiro, por ser de difícil construção para os padrões da época. A Câmara contratou o arquiteto local, Manoel Gonçalves da Silva Cantarino, para reformar a planta e executá-la, sendo que este se exonerou logo depois, e foi substituído pelo engenheiro Charles Romieu. No mesmo ano, Sampainho mandou abrir as escavações para os alicerces de uma torre, de pedra, cal e tijolos. A vala (de 8,80 m de profundidade) desmoronou em 1866, por causa das abundantes chuvas, soterrando 5 pessoas (Cachioni; Farah et al., 1998).

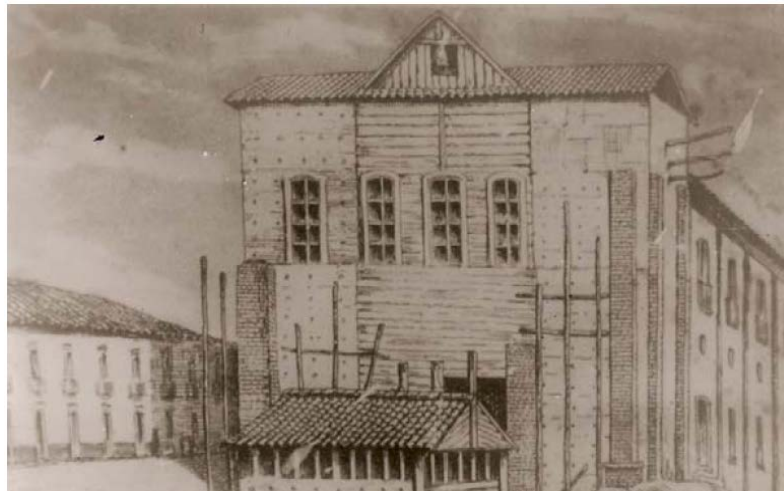


Figura 2. Matriz com a sua fisionomia da época da construção, mostrando ao mesmo tempo a técnica de taipa de pilão com alguns elementos em tijolos, as pilastras, e a tentativa de um edifício monumental (CMU - UNICAMP).

Com tantos problemas referentes à obra (figura 2), o diretório da construção lançou um concurso, em 1871, para a construção da fachada da igreja. A empresa José Maria Vilaronga, Faria e Comp., venceu a concorrência e foi contratada. O projeto trazia fachada em estilo gótico, para ser executado em dois anos. A Companhia começou as obras pelos trabalhos preliminares de arrasamento de taipas e algumas obstruções que estavam se formando com o tempo. O diretório determinou, por intermédio de Vilaronga, a colocação de quatro estátuas de santos na torre. A Companhia de Vilaronga não cumpriu o prazo contratual e a Câmara contratou o engenheiro Roberto Normanton, para terminar as obras da fachada (Cachioni; Farah et al., 1998).

Em 1876, o engenheiro italiano Cristovam Bonini, com idade bastante avançada, foi contratado pela Câmara a fim de concluir as obras da Matriz, com modificação da planta existente. Mais uma vez, o prazo não foi cumprido e o contrato do engenheiro Bonini terminou, antes da conclusão das obras, sendo substituído pelo engenheiro arquiteto, Francisco de Paula Ramos de Azevedo, que assumiu as obras como “*encarregado da fiscalização e administração técnicas*” da construção da Matriz nova de Campinas. O relatório de Ramos de Azevedo discrimina os serviços realizados sob sua coordenação-orientação. “... *Terminado o trabalho do estuque e ornamentação da grande nave; assentaram-se os tubos de gaz para a iluminação; montara-se uma das grandes escadas internas, do lado N., e foram colocadas as portas do paraventos e outras do interior, tendo-se levantado a capela-mór, segundo plano prévio. Assim também fôra feita a reconstrução da fachada posterior da igreja...*” (Otávio, 1942).

Em 1882, o relatório de Ramos de Azevedo discriminou os seguintes serviços realizados sob sua orientação - terminado o trabalho de estuque e ornamentação da grande nave; assentados os tubos de gás para a iluminação; montadas: uma das escadas, portas do paravento e interior; e levantada a Capela-mor além da reconstrução da fachada posterior da igreja. *“Ramos de Azevedo relata que os forros estavam geralmente em mau estado; todavia, poderiam ser aproveitados alguns, entre outros, o da grande nave, embora fizessem inteira desarmonia com a decoração da igreja”* (Otávio, 1942).



Figura 3. Catedral Metropolitana de Campinas (CMU - UNICAMP)

A nova Matriz campineira (figura 3) foi finalmente inaugurada no dia 8 de dezembro de 1883, dia da padroeira da cidade, Nossa Senhora da Conceição, e também aniversário de Ramos de Azevedo. Apesar das obras terem sido encerradas, em 1897 uma comissão foi formada pelo Cardeal Arcoverde para angariar donativos e promover a fatura dos trabalhos necessários com o fim de pintar a igreja e concertar o zimbório da cúpula. Até 1900, a comissão formada nada fez. Após alguns anos, os ‘Cooperadores Diocesanos’ mandaram colocar na fachada, as estátuas dos quatro evangelistas e de São Pedro e São Paulo (Cachioni & Farah, 1998).

Em 1908, foi criada a Diocese de Campinas, tomando posse o Bispo D. João Batista Correia Neri. Em 1917, o Bispo auxiliar D. Mamede formou uma comissão executiva para as reformas da Catedral, a qual angariou cerca de 40 contos. Em 1920, faleceu D. João Neri sendo sucedido por D. Francisco de Campos Barreto. O Bispo da Diocese de Campinas, D. Barreto, promoveu uma reforma geral na Catedral Metropolitana, sob a responsabilidade do engenheiro Adelardo Soares Caiubi. As reformas iniciadas em 15 de julho de 1923 consistiram em: troca das telhas côncavas (capa e canal) do telhado por telhas francesas; elevação dos forros da capela-mor e do transepto ao mesmo nível do forro da nave; elevação das paredes laterais (platibandas); execução de uma nova cúpula (cimento armado) e novo zimbório, com a colocação da imagem da N. S. das Graças; reforma da fachada posterior; colocação das imagens dos quatro anjos, da águia e do pelicano, na torre; colocação dos medalhões com datas significativas na fachada; pintura de toda a igreja; nivelamento do piso do transepto com ladrilhos e construção da cripta abaixo da capela-mór. As paredes foram rebocadas novamente, pois apresentavam rachaduras enormes, as tábuas dos forros foram em parte substituídas e em parte reformadas; as escadas da torre e os vitrais do paravento foram também substituídos (Otávio, 1942).

Em 1952, foi promovida a segunda reforma da Catedral Metropolitana, comandada pelo engenheiro Lix da Cunha, consistindo em: cobertura da Cúpula com revestimento, fechamento da iluminação do zimbório, aterramento de todo o porão com provável troca do

tabuado de madeira da grande Nave. Já em 1978, aproximadamente, o forro da grande Nave foi decupinizado, e algum tempo depois, os forros da Capela-mor e transepto foram novamente substituídos. Em 1982 os entalhadores: Ando e Victor Polsak restauraram os entalhes de Vitoriano dos Anjos e Bernardino de Sena (Empresas Lix da Cunha, 1988).

Foram documentadas reformas diversas no edifício da Catedral de Campinas, das quais as mais importantes ocorridas em 1923 e 1952. No relatório do eng. Caiubi aparece a informação sobre reparos no reboco das paredes por causa de rachaduras, no entanto não é possível afirmar se as mesmas atingiam as taipas.

2. RAMOS DE AZEVEDO FINALIZOU A OBRA

Francisco de Paula Ramos de Azevedo nasceu em São Paulo no dia 8 de dezembro de 1851, filho do Major João Martins de Azevedo e Anna Carolina de Azevedo. Iniciou seus estudos na escola regida por Quirino Campos, que era a única que ensinava Latim e Francês. Em 1869, com 18 anos, matriculou-se na Escola Militar da Praia Vermelha no Rio de Janeiro, onde estudou até 1872, quando voltou para Campinas, sem concluir os estudos. Iniciou sua carreira na Estrada de Ferro Mogiana, como ajudante de engenheiro (sem ônus), neste mesmo ano e depois se transferiu em 1874 para a Cia. Paulista como auxiliar de Antônio Rebouças (Cachioni, 2002; Farah, 2003).

No ano de 1873, Ramos de Azevedo foi iniciado como aprendiz, na Loja Maçônica Independência, em Campinas, onde estreitou seus laços de amizade com políticos republicanos como Francisco Glicério e os irmãos Quirino dos Santos (Monteiro, 2000, Farah, 2003). Em 1875, com 23 anos, embarcou para a Bélgica para cursar a *École Spéciale du Génie Civil e des Arts et Manufactures* da Universidade de Gand, e se formou engenheiro-arquiteto em 1878. A arquitetura de Ramos de Azevedo foi forjada em sua formação de arquiteto na Bélgica, sendo na época comum estudar no exterior. Também complementou seus estudos cursando disciplinas de cunho artístico da Academia Real de Belas Artes de Gand (Carvalho, 2000; Monteiro, 2000).

No ano seguinte 1879, voltou à Campinas (casou-se, em 1881 com Eugenia Lacaze - sobrinha de Francisco Glicério) e executou alguns projetos, dentre os quais, se destacam a Escola do Povo Ferreira Penteado, o Cemitério do Amparo e principalmente a conclusão das obras da Catedral de N. S. da Conceição em 1883. Em 1886 se mudou com a família para São Paulo, a chamado do Governador da Província, o Visconde de Parnaíba, e trabalhou em obras importantes como: reformulação do projeto e início das obras do Tesouro Nacional, com Maximiliano Hehl, Escolas do 'Circolo Italiano Uniti' e a reforma da Matriz de N. S. da Candelária de Itu, a convite de Paula Souza. Ramos de Azevedo remodelou também o Pátio do Colégio e fez os primeiros edifícios oficiais do governo (incluindo o do Tesouro), que serviram de modelo para outras construções na Praça da Sé e adjacências. *'Além de arquiteto era bom e rigoroso administrador, adepto da permanente hierarquia, virtude que dizia ter adquirido nos seus tempos de exército, e também hábil negociante, que se cercou de empreendimentos paralelos à sua atividade maior, que era a construção propriamente dita (...) os materiais de construção, por exemplo, eram importados exclusivamente pela firma de seu genro Ernesto de Castro, da qual foi diretor (...) foi proprietário da Cerâmica Vila Prudente, que produzia tijolos e telhas prensadas, e da Serraria Central, fabricante de esquadrias e fornecedora de madeirame em geral'* (Lemos, 1993).

Em 1889 fez parte da Companhia Melhoramentos de São Paulo. No ano seguinte, além de participar do projeto da Escola Normal da Praça da República, constituiu o Banco União de São Paulo com a carteira imobiliária. No ano de 1894 foi instalada a Escola Politécnica, onde foi professor e posteriormente diretor, e no ano seguinte o Liceu de Artes e Ofícios. Em 1896, com a falência do Banco União, reativou seu escritório, com Max Hehl, que cruzou o século XX como o arquiteto oficial do governo e arquiteto de grande parte da classe alta. Seu escritório que concluiu milhares de obras dominava o panorama das edificações e

remodelou vários pontos da cidade de São Paulo. Apresentou à Câmara o projeto do Teatro Municipal de São Paulo em 1900, e quatro anos depois foi eleito Senador estadual, cargo a que renunciou em 1905 (Lemos, 1993).

Em 1907 constituiu o Escritório Técnico 'F. P. Ramos de Azevedo' com Ricardo Severo como sócio e dois anos depois, admitiu seu genro Arnaldo Dumont Villares, como auxiliar. Villares foi recebido como sócio juntamente com Domiziano Rossi, em 1911 (Lemos, 1993).

Ramos de Azevedo também fundou a Companhia Iniciadora Predial que financiava construções em terrenos a ela hipotecados dirigida pelo seu sócio, Ricardo Severo, que ocupava ali o cargo de 'Engenheiro-gerente'. Foi eleito diretor da Estrada de Ferro Mogiana em 1914 e três anos mais tarde, assumiu a direção da Escola Politécnica, em decorrência da morte de Antônio Paula Souza. Em 1925 assumiu a presidência da Caixa Econômica Estadual, cargo que ocupou até morrer em 12 de junho de 1928 no Guarujá, litoral de São Paulo, onde costumava descansar (Lemos, 1993; Farah, 2003).

Sobre as obras da Catedral de Campinas (figura 4), Ramos de Azevedo relatou: *"Dei início à minha carreira de arquiteto nas obras da Matriz de Campinas. Não foi sem hesitação de minha parte, nem sérias apreensões da sociedade campineira, confiante nos meus verdes anos, que recebi a investidura de engenheiro diretor das obras seculares do grande templo. Estas obras, parte de consolidação, parte de construção nova, prosseguiram regularmente durante quarenta meses; e a elas dispensei, com discrição e probidade, os elementos de trabalho de que dispus, até que se inaugurou com sucesso essa colossal mole de terra comprida, de nacional taipa, que é, sem dúvida, no gênero, a mais ousada do mundo. Ficará sempre como padrão de arrojado empreendimento dos belos cultivadores dessa terra feraz, contemporâneo das primeiras fazendas do café"* (Ficher, 1989).



Figura 4. A Catedral de Campinas no início do século XX

No Processo de Tombamento da Catedral Metropolitana de Campinas pelo CONDEPHAAT, encontra-se o parecer do arquiteto Carlos A. C. Lemos: *"Sabe-se, também, que foi terminada por Ramos de Azevedo, logo após sua chegada da Bélgica, onde estudara arquitetura, ocasião em que havia dificuldades técnicas em suas obras levantadas até a altura do telhado em taipa de pilão. Não se sabia como levantar uma torre imponente sobre fundamentos, por todos considerados frágeis. E nessa ocasião o jovem arquiteto pode demonstrar, pela primeira vez, a sua capacidade de trabalho, projetando a almejada torre, para surpresa de todos, de taipa de pilão. Coube a Ramos de Azevedo finalizar, então, a obra e vestiu-a de uma roupagem classicizante típica de sua formação acadêmica, alheia aos esforços de renovação dos métodos construtivos e dos critérios estéticos do final do século XIX. A nosso ver o jovem arquiteto não foi feliz: conseguiu anular todo o caráter de originalidade porventura existente ou implícito na obra em andamento para dar lugar a uma*

composição acadêmica evidentemente desajustada ao arcabouço de taipa socada segundo a ingênua e sadia arquitetura dos mestres locais”⁽¹⁾.

3. DIFICULDADES NA PRESERVAÇÃO DA TAIPA DE PILÃO EM CONSTRUÇÕES DE GRANDE PORTE - O CASO DA CATEDRAL CAMPINEIRA.

No Estado de São Paulo, exceto nas cidades litorâneas que empregaram as alvenarias de pedra, a taipa foi a técnica construtiva predominante e caracterizou as construções paulistas dos séculos XVI até a primeira metade do XIX, numa persistência cultural decorrente, principalmente, do isolamento causado pela dificuldade de transposição da Serra do Mar⁽²⁾. De São Paulo, o uso da taipa expandiu-se por Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Paraná (Corona; Lemos, 1989).

O termo taipa significa a utilização de solo, argila ou terra crua como matéria prima básica de construção, sendo uma técnica herdada das culturas árabes e berbéres, constituída por paredes formadas por barro amassado e calcado, às vezes misturado com cal, comprimido entre os taipais de madeira desmontáveis (Pisani, 2007). O taipal é removido após a parede estar totalmente seca, formada por um material incombustível e isotérmico natural e de baixo custo com resistência comparável à do cimento⁽³⁾.

A técnica da taipa de pilão⁽⁴⁾ era a tecnologia construtiva disponível naquele momento na cidade paulista de Campinas e deveria dar conta de uma construção de grande porte, até então inusitada na cidade, enfrentando alguns inconvenientes como: a facilidade de ataque por roedores e a fraca estabilidade a esforços laterais provocados pelas cargas da cobertura, além das paredes ser facilmente degradadas pela água e a umidade. Tradicionalmente as construções de taipa são executadas sobre fundações de alvenaria de pedra ordinária com cerca de 60 cm acima do solo, para evitar a umidade ascendente. Podem ser revestidas geralmente com rebocos à base de cal apagada. Em comparação com técnicas que utilizam o barro em um estado mais úmido, a taipa tem uma retração mais baixa e uma maior resistência.

Ainda existem grandes exemplares significativos de taipa de pilão, principalmente no Estado de São Paulo, no entanto encontramos uma lacuna nas pesquisas referentes à conservação, restauração e preservação dessa técnica construtiva tradicional do âmbito brasileiro. O domínio da prática dessa técnica foi se perdendo ao longo do tempo e, portanto, temos dificuldades em ‘salvaguardar’ esse patrimônio tão valioso da identidade arquitetônica brasileira.

O processo de degradação da taipa implica várias condicionantes: idade do fabricado; características do material e da técnica empregada, como tipo do solo e a execução do apiloamento, entre outras; aspectos físicos e ambientais; características sócio-culturais e econômicas do usuário; além da falta de manutenção, utilização inadequada ou desuso. Os deflagradores no processo de degradação são: Intempéries (incidência solar, chuvas, ventos, mudança de temperatura); agentes biológicos (fungos, bactérias, raízes, umidade, poeira, sujeira, insetos e ação do homem) e agentes químicos presentes no ar (oxigênio, gás carbônico e gás sulfúrico). Já no caso da taipa, os principais deflagradores são a infiltração de água e a presença de insetos xilófagos como o cupim (Pisani, 2007).

A Catedral Metropolitana de Campinas é considerada a maior construção executada em taipa de pilão na América Latina com paredes medindo aproximadamente 1,50 a 2,0 metros de largura. A forma do fabricado divide-se em duas partes, sendo o comprimento de 73,50 metros e a largura e a altura da fachada principal, na qual está inserida a torre sineira têm 31,00 e 49,50 metros respectivamente. Sua fachada posterior mede 28,50 metros de largura e 24,50 metros de altura. As técnicas construtivas utilizadas ao longo de sua construção foram a taipa de pilão, alvenaria de tijolos, pedra e concreto (figura 5):

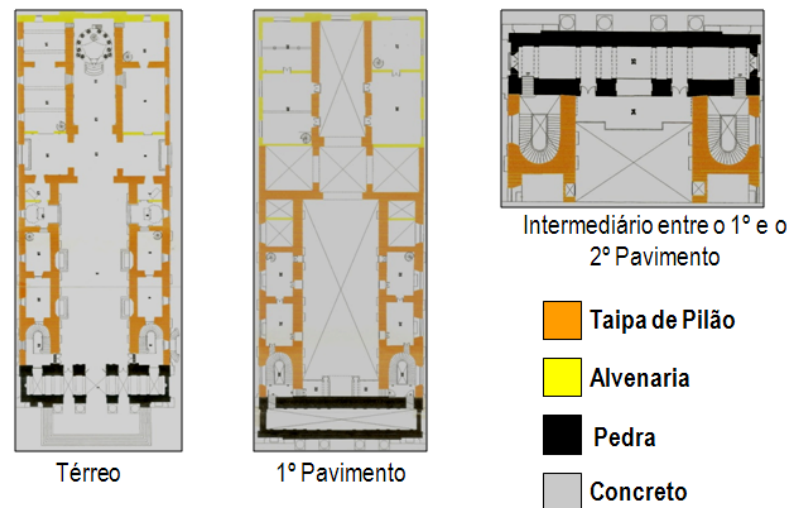


Figura 5. Técnicas construtivas da Catedral de Campinas (Morena; Mori et al, 2008)

4. PATRIMÔNIO HISTÓRICO PAULISTA: A CATEDRAL METROPOLITANA

A Catedral de Campinas (figura 6) é um importante exemplar do Patrimônio Histórico da cidade de Campinas e do Estado de São Paulo. O reconhecimento do valor histórico e arquitetônico deste edifício foi iniciado em 1969 com a abertura do processo de tombamento estadual, o qual foi finalizado apenas em 1981. No processo de Tombamento no CONDEPHAAT o arquiteto Carlos Lemos emitiu o seguinte parecer: “Somos de opinião de que o edifício da Catedral de Campinas não oferece interesse arquitetônico que justifique um tombamento, quanto aos interiores do templo há que se notar uma certa harmonia onde a continuidade espacial é conseguida através de trabalhosa obra de talha executada num estilo em que o rococó francês foi o tema inspirador ou a base ou o ponto de partida para uma apoteose de entalhes e guilandas que na verdade conseguem um efeito agradável, apesar de certos pormenores de mau gosto, como, por exemplo, os esguios e desproporcionados apoios das taças dos dois púlpitos laterais. Em todo o caso o interior da igreja é muitíssimo melhor resolvido que o exterior e merece o cuidado e o zelo do povo campineiro. Somos de opinião que se deva tomar unicamente o seu interior”⁽⁵⁾. Ainda no início da década de 1970 os órgãos de preservação tinham por prática privilegiar exemplares do período colonial de influência portuguesa da história brasileira, considerando os exemplares vinculados ao Eclétismo, de influência francesa ou italiana de menor importância ou mesmo irrelevantes. Apenas a partir das discussões travadas na capital do Estado ocorridas em meados dos anos 1970 quando da implantação das estações do Metrô, que ocasionariam a demolição de importantes exemplares do período, os estudiosos passaram a qualificar a arquitetura Eclética para fins de preservação.

Apesar do despacho desfavorável do professor Lemos pelo STCR, que posteriormente desenvolveu inúmeros estudos sobre a Arquitetura Eclética, levando-a para um novo patamar de qualificação na historiografia da arquitetura brasileira, o parecer final do conselheiro relator Pe. Jamil Nassif Abib prevaleceu, tendo sido tombado em nível estadual o edifício da Catedral campineira na sua totalidade: “A proposta contraria o parecer do STCR que aconselhou o tombamento, apenas, do interior - alegando que Ramos de Azevedo não foi feliz (...) Na verdade, a roupagem classicizante típica da formação acadêmica (de Ramos de Azevedo) (...) foi uma das muitas propostas de acabamento para a obra iniciada em 1807, sem projeto global definido, sofrendo peripécias e interferências diversificadas ao longo dos seus 76 anos de construção. Se não uma unidade de estilo, forma, ao menos, no seu conjunto, um autêntico documento de sua acidentada história” (Abib, 21/07/1980 in CONDEPACC, Resolução nº. 001/88 de 19/12/1988)⁽⁶⁾.



Figura 6. Aspecto atual da Catedral

O Conselho de Defesa do Patrimônio Cultural de Campinas - CONDEPACC decretou a mesma medida, no âmbito municipal, no ano de 1988 ex-offício, devido à documentação do tombamento estadual ser considerada suficiente para seu reconhecimento como patrimônio histórico da cidade de Campinas, tendo sido um dos primeiros edifícios a terem o reconhecimento municipal com Patrimônio Cultural de Campinas. No ano 2000 foi iniciada a restauração da Catedral a partir do forro da Nave Central com apoio da FAU PUC Campinas, sendo que o edifício ainda aguarda a restauração em sua totalidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerado o maior edifício construído em taipa de pilão da América Latina, a Catedral Metropolitana de Campinas teve diversas etapas de obras em 76 anos, período no qual o Brasil passou por diversas transformações culturais, políticas e sociais, inclusive com o surgimento da influência de outros países da Europa, além de Portugal. Ao longo do século XX a taipa, que originalmente era a principal técnica construtiva no território paulista passou a ser substituída pelos tijolos, principalmente no último quartel. A inserção da alvenaria trazia maiores possibilidades para a confecção da ornamentação de caráter eclético.

A obra iniciada aparentemente sem um projeto completo que contemplasse a fachada teve uma sucessão de administradores e projetistas que empregaram diferentes experiências na construção que foi terminada por Ramos de Azevedo, seguindo parcialmente o projeto de Cristovam Bonini. Além da taipa de pilão, foi empregado o uso de alvenaria de pedra, tijolos e posteriormente o concreto armado, sendo possível reconhecer o emprego de cada material associado a um período da história do edifício.

As paredes de taipa de pilão iniciadas há mais de 200 anos requerem especial atenção no sentido de sua conservação e recuperação, e quaisquer intervenções com o objetivo de conservação ou restauração devem levar em conta: o respeito com a originalidade do edifício; a possibilidade de reversão da intervenção, se necessária; e o emprego de materiais compatíveis com a estrutura do edifício, possibilitando desta forma sua sobrevivência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cachioni, M. (2002). *Arquitetura Eclética na Cidade de Piracicaba*. Dissertação de Mestrado. Campinas: FAU PUC Campinas.
- Cachioni, M. & Farah, A. P. et al (1998). *Relatório de Restauro do Forro da Nave Central da Catedral Metropolitana de Campinas*. Campinas: PUCCAMP.
- Carvalho, Maria C. W. (2000). *Ramos de Azevedo*. Col. Artistas Brasileiros. São Paulo: EDUSP.
- Corona, E.; Lemos, C. A. C. (1989). *Dicionário da Arquitetura Brasileira*. 2ª Ed. São Paulo: EDART.
- EMPRESAS LIX DA CUNHA (1988). *Campinas de Ontem e de Hoje*. Campinas: Empresas Lix da Cunha.
- Farah, A. P. (2003). *A Produção do Engenheiro-Arquiteto Francisco de Paula Ramos de Azevedo na província de São Paulo*. Dissertação de Mestrado. São Carlos: EESC USP.
- Ficher, S. (1989). *Ensino e Profissão: o curso de engenheiro-arquiteto da Escola Politécnica de São Paulo*. Tese de Doutorado. São Paulo: FFLCH USP.
- Monteiro, A. M. R. de G. (2000). *Ramos de Azevedo - presença e atuação profissional - Campinas: 1879 - 1886*. Campinas: FAU PUC Campinas.
- Lemos, C. A. C. (1993). *Ramos de Azevedo e seu Escritório*. São Paulo: Ed. Pini.
- Leite, R. (2004). *Catedral Metropolitana de Campinas: um templo e sua história*. Campinas: Komedi.
- Morena, J.; Mori, G. et al (2008). *Catedral Metropolitana de Campinas*. Trabalho Final apresentado à disciplina Arquitetura Brasileira. Campinas: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Campinas.
- Otávio, B. (1942). *Monografia da Catedral de Campinas*. São Paulo: Oficinas Gráficas Ave Maria.
- TAIPA DE PILÃO. Disponível em <<http://www.museudacidade.sp.gov.br/taipadepilao.php>> Acesso em 10/04/2010.
- TAIPA DE PILÃO. Disponível em <http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2004-1/arq_terra/taipadepilao.htm> Acesso em 10/04/2010.
- Pisani, M. A. J. (2007). *Restauração das paredes de taipa paulistas*. In: Ensaios. Volume II. nº 1. Disponível em <http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/N%C3%BAmero%203/3_RESTAURA%C3%87%C3%83O%20DE%20TAIPAS> Acesso em 10/04/2010.

NOTAS

- (1) Processo de Tombamento CONDEPACC in: Resolução nº. 001/88 de 19/12/1988.
- (2) Disponível em <<http://www.museudacidade.sp.gov.br/taipadepilao.php>>. Acesso em 25/04/10.
- (3) Disponível em <http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2004-1/arq_terra/taipadepilao.htm>. Acesso em 25/04/10.
- (4) A técnica tradicional da taipa é utilizada hoje ainda em países em desenvolvimento. Sistemas de fôrmas mais sofisticados e uma compactação mediante a utilização de pilões elétricos ou pneumáticos reduzem os custos de mão de obra significativamente e fazem desta técnica uma opção relevante em países industrializados. Esta tecnologia mecanizada para executar paredes de taipa em relação à construção tradicional com tijolos não é só uma alternativa viável do ponto de vista ecológico, mas também econômico, especialmente naqueles países desenvolvidos onde por razões climáticas não há grandes requerimentos de isolamento térmico. No sudoeste dos Estados Unidos e

na Austrália existem várias empresas que executam há anos esta técnica de construção. (http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2004-1/arq_terra/taipadepilao.htm).

(5) Processo de Tombamento CONDEPACC in: Resolução nº. 001/88 de 19/12/1988.

(6) Processo de Tombamento CONDEPACC in: Resolução nº. 001/88 de 19/12/1988.

AUTORES

Ana Paula Farah, Arquiteta e Urbanista. Especialista em Patrimônio Arquitetônico pela FAU PUC Campinas e PUCPR, Mestre em Tecnologia do Ambiente Construído pela EESC USP, e Doutoranda em História e Fundamentos da Arquitetura pela FAU USP.

Marcelo Cachioni, Arquiteto e Urbanista. Especialista em Patrimônio Arquitetônico e Mestre em Urbanismo pela FAU PUC Campinas, e Doutorando em Projeto de Arquitetura pela FAU-USP.



EXPEDIÇÃO CAMINHOS DA TERRA – LEVANTAMENTO FINAL DAS CONSTRUÇÕES EM ADOBE NAS REGIÕES NORTE E NORDESTE DO ESTADO DO CEARÁ

Ricardo M. Carvalho¹; Humberto Varum²; Alexandre A. Bertini³

- (1) Professor Assistente IV – Departamento de Eng^a Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, s/n, CEP 60.000-000 Fortaleza, Ceará, Brasil, Tel. (+55) 85 3366 9607, ricardomarinho@fortalnet.com.br
- (2) Professor Associado - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal, Tel. (+351) 234 370938, hvarum@ua.pt
- (3) Professor Adjunto II - Departamento de Eng^a Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, s/n, CEP 60.000-000 Fortaleza, Ceará, Brasil, Tel. (+55) 85 3366 9607, bertini@ufc.br

Palavras-chave: adobe, resistência mecânica, Ceará, Nordeste brasileiro, inquérito

Resumo

A região norte e nordeste do Estado do Ceará foi tema, ao longo do ano de 2009 e parte de 2010, da elaboração de um levantamento detalhado sobre suas construções em terra crua, especialmente em adobe. Neste período, oito expedições rodoviárias foram realizadas, sendo três delas com estudantes de graduação do curso de engenharia civil da UFC - Universidade Federal do Ceará. Foram coletadas amostras de terra para ensaios nos laboratórios da UFC, feita a documentação fotográfica e aplicados questionários em 32 localidades, totalizando cerca de 7.000 km de expedição rodoviária. Foram levantados dados de vários aspectos relevantes para a pesquisa, quais sejam: composição da terra, granulometria, plasticidade, processos de secagem do adobe, resistência mecânica à compressão, além de aspectos ligados ao detalhamento do revestimento, traço de rebocos e detalhes de fundação. A análise dos dados coletados permite compreender a construção em adobe na região. Esta pesquisa pode ajudar na manutenção do sistema construtivo tradicional, bem como na busca de um caminho de reavaliação das possibilidades de adaptações técnicas à casa típica do semi-árido cearense.

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga, bioma brasileiro, possui atualmente apenas metade de sua cobertura vegetal original. Em 2008, a vegetação remanescente da área era de 53,62%. Dados do monitoramento do desmatamento no bioma realizado entre 2002 e 2008 (MMA, 2010) revelam que, neste período, o território devastado foi de 16.576 km², o equivalente a 2% de toda a Caatinga. Com uma área total de 826.411 km², a Caatinga está presente nos Estados da Bahia, Ceará, Piauí, Pernambuco, Paraíba, Maranhão, Alagoas, Sergipe, Rio Grande do Norte e Minas Gerais. Segundo este estudo, os dois primeiros desmataram, sozinhos, a metade do índice registrado em todos os Estados. Ainda segundo este estudo, uma das principais causas do desmatamento é a utilização de lenha para olarias e fornos artesanais, principalmente para a confecção de tijolos. Além do intenso uso de recursos naturais na fabricação de tijolos, a construção civil aparece como uma das atividades que mais agride o meio ambiente devido à grande geração de resíduos (Alexandria; Lopes, 2006). Isto evidencia a relevância do estudo e proposta de alternativas ecologicamente sustentáveis.

Na busca por materiais que não impactem o meio ambiente, surge o tijolo em terra crua – o adobe – como importante opção construtiva, uma vez que não consome energia na sua fabricação (é seco ao sol), é de baixo custo e não apresenta perigo na sua manipulação. Segundo Corrêa et al. (2006), o consumo de água para fabricação do cimento chega a ser sessenta vezes maior que na produção de adobe.

As regiões norte e nordeste do Estado abrangem cerca de 30 municípios (com população variando entre 7.000 e 180.000 habitantes) (IBGE, 2007). A maior densidade populacional se concentra nos municípios de Sobral, Granja e Coreaú. Esses municípios apresentam, à exceção de Sobral, um dos mais baixos IDHs do Estado, mostrando o baixo índice de desenvolvimento humano nessa região (Fundação João Pinheiro, 2008).

Considerando o déficit habitacional do Estado que corresponde a 414.155 habitações, das quais 98.000 localizam-se em zonas rurais (Fundação João Pinheiro, 2006), o grande contingente populacional e o baixo IDH da região supracitada, procurou-se analisar a possibilidade do resgate de uma cultura construtiva que possibilitasse a adoção de técnicas sustentáveis e de baixo custo.

Através de pesquisas no acervo do IPHAN, detectaram-se no Estado três sítios históricos, nas cidades de Viçosa, Camocim, Sobral e seu entorno. No entanto, os levantamentos, desenvolvidos pelo órgão não levavam em conta os sistemas construtivos executados na região, e sim a caracterização das edificações nos seus períodos históricos.

Assim, uma pesquisa de campo, além da documental, que pudesse efetivamente identificar as edificações em adobe, se tornou indispensável para a caracterização das construções em terra crua no Ceará.

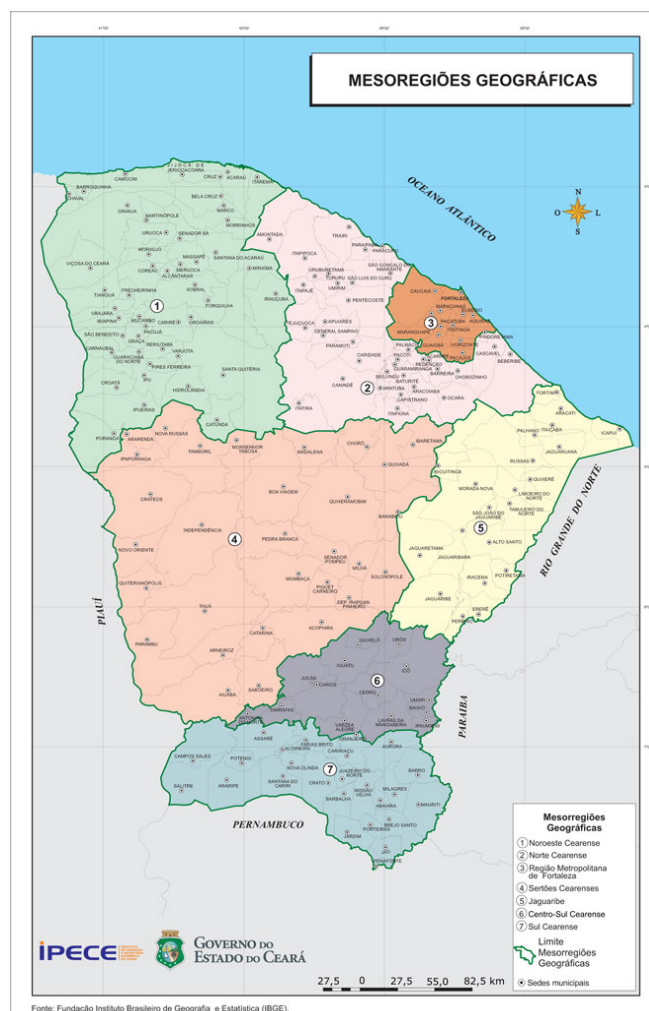


Figura 1. Localização dos municípios estudados e as mesorregiões geográficas do Ceará (Fonte: IPCE, 2009b)

2. METODOLOGIA

Foi elaborado inicialmente um roteiro das áreas onde potencialmente existia construção em terra nas regiões norte e nordeste do Ceará, já que não havia documentação bibliográfica que desse indícios sobre exemplares de construção em adobe na região.

A primeira etapa da pesquisa passou pela procura de dados no IPHAN sobre trabalhos anteriores de levantamento e de mapas. O IPHAN estudou, ao longo dos anos, três sítios históricos dentro do Ceará - Viçosa do Ceará, Sobral e Camocim. Apesar de vasto material documental sobre estilos arquitetônicos, períodos e adaptações construtivas executadas, nada foi encontrado sobre o sistema construtivo utilizado, não caracterizando nenhuma dessas construções dos Séculos XIX e início do Século XX. No entanto, a documentação histórica cita que as construções desse período, nessas três regiões, seriam construções preponderantemente em terra.

Numa segunda etapa, foi levantado junto do IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2009a), o mapeamento dos tipos de solo nas microrregiões do Estado. A análise resultou na definição de manchas de terra argilosa concentradas principalmente nas regiões norte e nordeste do Estado, sugerindo novamente o potencial para o adobe.

Numa terceira etapa, identificaram-se 10 cidades que apresentavam maior probabilidade de existência de construções em adobe. Foram elas: Sobral, Coreaú, Alcântaras, Araquém, Tianguá, Viçosa do Ceará, Alcântaras, Moraújo e Granja. Estas cidades foram objeto de um estudo de campo na primeira expedição realizada no âmbito deste projeto de pesquisa, no primeiro semestre de 2009.

Nessa primeira visita, aplicou-se um questionário contando com 16 perguntas básicas, listadas a seguir, com as quais se pretende registrar informação básica sobre o processo construtivo e as características específicas do sistema construtivo em cada município estudado.

Questionário:

1. Compra ou produz o adobe? Se produz, como iniciou a produção de adobe? Motivos, como aprendeu a técnica? Se compra, qual o preço?
2. Como são executadas as fundações? São estas impermeabilizadas de alguma forma?
3. De onde são extraídos os solos? Que utensílios são usados na extração?
4. Como é feita a mistura? Quais os traços adotados?
5. Quais as dimensões das fôrmas usadas na produção do adobe? Como são confeccionadas?
6. Como é feita a moldagem/desmoldagem do bloco? Quais os equipamentos utilizados?) quais os cuidados específicos na secagem?
7. Onde e como são armazenados os adobes?
8. Como são assentados os adobes? Que equipamento é utilizado para o assentamento?
9. Como é produzida e aplicada a argamassa de assentamento?
10. Como é feito o revestimento? Se com argamassa, qual o traço e espessura correntemente adotados?
11. Como é realizada a pintura da casa? Qual o material usado (cal, etc.) e que equipamentos são utilizados?
12. Como são executadas as instalações elétricas e hidrossanitárias?

13. Como é executada a cobertura da construção?
14. Qual o tempo médio de construção? Quantas pessoas trabalharam na construção?
15. Quais as dimensões máximas das paredes interiores e exteriores? Qual o vão máximo de portas e janelas? São usadas vergas e contra-vergas?
16. Existe algum cuidado na manutenção da construção?

A partir da segunda viagem adicionou-se um segundo questionário de onze perguntas, a fim de tornar as respostas mais objetivas.

Questionário 2:

1. Como se dá a secagem dos adobes?
2. Tipos de baldrame?
3. Existência ou não de revestimento cerâmico na construção.
4. Dimensão média da habitação
5. Como se dá a utilização da mão-de-obra
6. Existência ou não da adição de cal e cimento no reboco
7. Tipos de madeira na cobertura
8. Tipos de pintura na habitação
9. Número de cômodos na habitação
10. Números de habitantes/casa
11. Idade média do construtor

Coletaram-se ainda na expedição amostras de solos para a determinação da sua composição e plasticidade, bem como da resistência em compressão de adobe produzidos com cada tipo de solo. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Solos e Materiais de Construção da Universidade Federal do Ceará, seguindo as indicações da Rede Ibero-americana PROTERRA (Neves; Faria, 2008).



Figura 2. Ensaio de compressão de corpo-de-prova cúbico com 7 cm de aresta, segundo as recomendações PROTERRA

3. RESULTADOS

Dentre as 60 pessoas entrevistadas, 22 preencheram os dois formulários. Tais informações permitiram caracterizar o adobe nos vários municípios – em termos de dimensões,

moldagem, tipo de mão-de-obra, detalhes das fundações, traços adotados para os revestimentos, tipo de madeira usada nas cobertas, plantas arquitetônicas e fixação de esquadrias.

No intuito de caracterizar o sistema construtivo e de preservar a cultura associada, em suas várias etapas, montou-se um acervo fotográfico de 1.200 fotos digitais. Além de registrar e documentar detalhes arquitetônicos procurou-se recolher informação que permitisse entender a relação entre os vários atores – construtores e proprietários – informação em termos econômicos e sociais específicas para essas localidades. Isso tornou possível a caracterização da “casa da caatinga cearense” e a determinação, pela primeira vez, de um modelo de residência rural em adobe, nessa parte do Estado. A Figura 3 apresenta o sistema utilizado em vários municípios na região com paredes em adobe dobradas e sistemas de amarração.



Figura 3. Parede de adobe dobrada

A pesquisa concentrou-se em 12 localidades que, entre municípios e distritos, apresentavam traços desse sistema construtivo, entre elas: Sobral, Coreaú, Moraújo, Araquém, Granja, Viçosa do Ceará, Santo Expedito, Alcântaras, Meruoca, Tianguá, Ipu, Ipueiras e seus distritos e localidades de alguma relevância.

Em Sobral, encontram-se várias construções religiosas do Século XIX e casarões da elite da época, em estilo neoclássico e eclético, mas não foram identificadas construções recentes, ou a permanência desse sistema ao longo das áreas de transição para áreas rurais. Em resumo, o sistema de construção em terra foi absolutamente datado. Como qualquer cidade de médio porte (Sobral é 3ª cidade em população do Estado), houve um grande processo de favelização da sua periferia, basicamente urbana, baseada em sistemas mais industrializados de construção, pouco ligados às raízes culturais e aos processos construtivos históricos.

Em direção a Serra, identificaram-se áreas eminentemente rurais e núcleos habitacionais de municípios bastante limitados geograficamente e com baixos crescimentos populacionais, o que, de certa forma, parece ajudar a manutenção de elos culturais e históricos com suas sedes municipais. Viçosa do Ceará é um bom exemplo disso. Situada cerca de 85 km de Sobral e 354 km de Fortaleza, a uma altitude de 723 m, e com cerca de 53.000 habitantes e sete distritos, Viçosa tem um patrimônio arquitetônico em adobe de grande importância histórica, individualmente e como grupamento, numa seqüência de edificações mantidas em excelente estado, como a própria igreja matriz. Vale destacar as construções em adobe em distritos próximos à sede do município, como na localidade Santo Expedito, a 9 km do seu

centro. Neste local se localiza um importante núcleo de construção em adobe, iniciativa de construtores populares, muitos deles imigrados de localidades do Piauí e Maranhão.

Santo Expedito, com cerca de 150 a 200 casas, instituiu como padrão de construção de suas habitações, a construção em adobe com formas unitárias e sem adição de fibras, de dimensão aproximadas de 22 cm x 40 cm x 7 cm. A construção, em suas peculiaridades, se distingue pela compra do adobe como tijolos convencionais (em milheiros) e na construção com mão-de-obra especializada, não se utilizando dos sistemas de mutirão na comunidade.

A partir desse município, foi utilizado um questionário de 16 perguntas para ser respondido pelos vários atores envolvidos na construção – construtores, fabricantes e usuários. O objetivo foi realizar o mapeamento comparativo entre as várias localidades que, apesar de muitas vezes próximos, apresentam diferenciações no processo ou na adoção de detalhes construtivos. Estes passam a ser fundamentais, no entendimento da região, e do adobe no Ceará, como um todo.

Notou-se ainda a presença de construções em adobe nos distritos de Lambedouro, General Tibúrcio, Manhoso e Quatiguaba.

Alcântaras e Meruoca apresentam semelhanças ao processo construtivo observado em Viçosa. Estas cidades, com pouco mais de 9.000 habitantes, localizam-se em zonas afetadas por grandes abalos sísmicos (como aqueles ocorridos em maio de 2008 e maio de 2009). Nestas cidades, verificam-se as mais baixas rendas *per capita* do Estado, 70 dólares por habitante. Os municípios apresentam várias edificações históricas e construções populares em adobe em construção recorrendo ao adobe basicamente como único sistema construtivo. Na tabela 1 apresentam-se dados mais freqüentes relativos às características e detalhes construtivos de alguns dos municípios e distritos estudados.

Tabela 1. Características e detalhes construtivos das alvenarias em adobe

Localidade	Dimensões (cm)	Resistência à compressão (MPa)	Assentamento	Vergas	Contravergas
Alcântaras I	30x20x7	1,0	massa de adobe	madeira / concreto	madeira / concreto
Alcântaras II	27x14x7	1,3	massa de adobe	madeira / concreto	madeira / concreto
Ventura	30x20x7	1,2	massa de adobe	madeira / concreto	madeira / concreto
Coreaú	40x22x7	1,0	massa de adobe	madeira / concreto	madeira / concreto
Araquém	40x22x7	1,0	massa de adobe	madeira / concreto	madeira / concreto
Moraújo	40x22x7	1,0	massa de adobe	madeira / concreto	madeira / concreto
Viçosa do Ceará	40x22x7	1,7	massa de adobe	madeira / concreto	madeira / concreto

Em Coreaú, uma cidade de maior dimensão que Viçosa, Alcântaras e Meruoca, com cerca de 22.000 habitantes, encontraram-se poucas construções em adobe na sede do município, sejam históricas ou atuais. No distrito de Araquém, com população de 8.000 habitantes, a 18 km da sua sede, encontra-se uma das maiores concentrações de habitações em adobe, históricas e atuais. Neste distrito, nota-se fortemente algumas adaptações construtivas, como a utilização de sistemas mistos. Esses sistemas parecem muito mais ligados aos aspectos culturais, na tentativa de se adaptar a novos revestimentos na fachada principal, do que da abolição do adobe, de forma gradual. O conceito da habitação com adobe é um princípio já aceito há muitos anos e disseminado entre a população, que empiricamente já entende os conceitos da inércia térmica.

O município de Granja, distante 352 km de Fortaleza, e um dos povoados mais antigos do Ceará - final do Século XVIII, apresenta construções de adobe, principalmente em sedes de fazendas e em arquitetura religiosa. No entanto, nos seus sete distritos, principalmente Sambaíba, Timonha e Parazinho, encontra-se a legítima construção em adobe, em uma série de construções recentes. Verifica-se que o processo construtivo é bastante semelhante ao tipicamente executado no município de Coreau, evidenciando que a cultura da construção em terra continua presente nos dias de hoje, principalmente nos distritos mais rurais.

Após visita ao município de Granja, a expedição rumou ao Parque Nacional de Jericoacoara, onde se encontraram ruínas de construções antigas em adobe nos distritos de Monteiro e Preá sem, no entanto, algum indício de construções mais recentes.

Nos municípios de Ipú e Ipueiras, mais ao sul da região originalmente visitada, encontraram-se edificações em adobe, nas áreas rural e urbana. Como o processo ainda é utilizado corriqueiramente, foi possível analisar amostras de adobe e verificar que eles apresentam resistência mecânica e composição de acordo com as recomendações constantes da norma peruana de construção em terra. Os ensaios mecânicos estão sendo realizados seguindo as sugestões do PROTERRA (Neves e Faria, 2008).

O mapa dos solos do Ceará (figura 4) mostra que a maioria dos municípios em que se identificou um volume de construções em terra significativo, particularmente em adobe, estão localizadas na mancha correspondente a solos argilosos, na região norte do Estado.

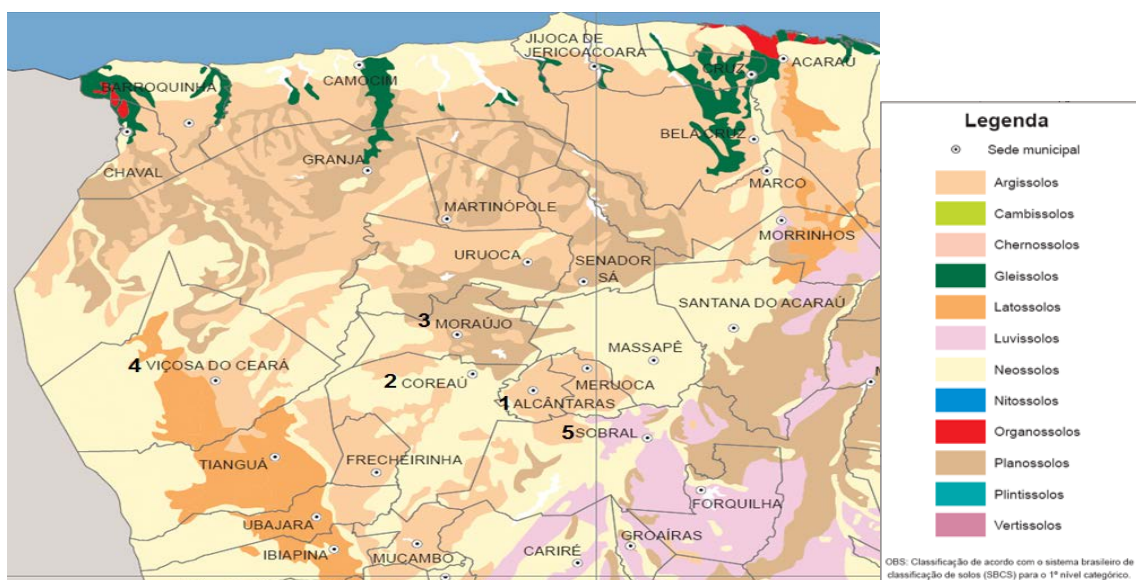


Figura 4. Mapa de solos do Ceará (Fonte: IPECEb, 2009)

Na figura 5 representam-se gráficos com os resultados do segundo questionário aplicado.

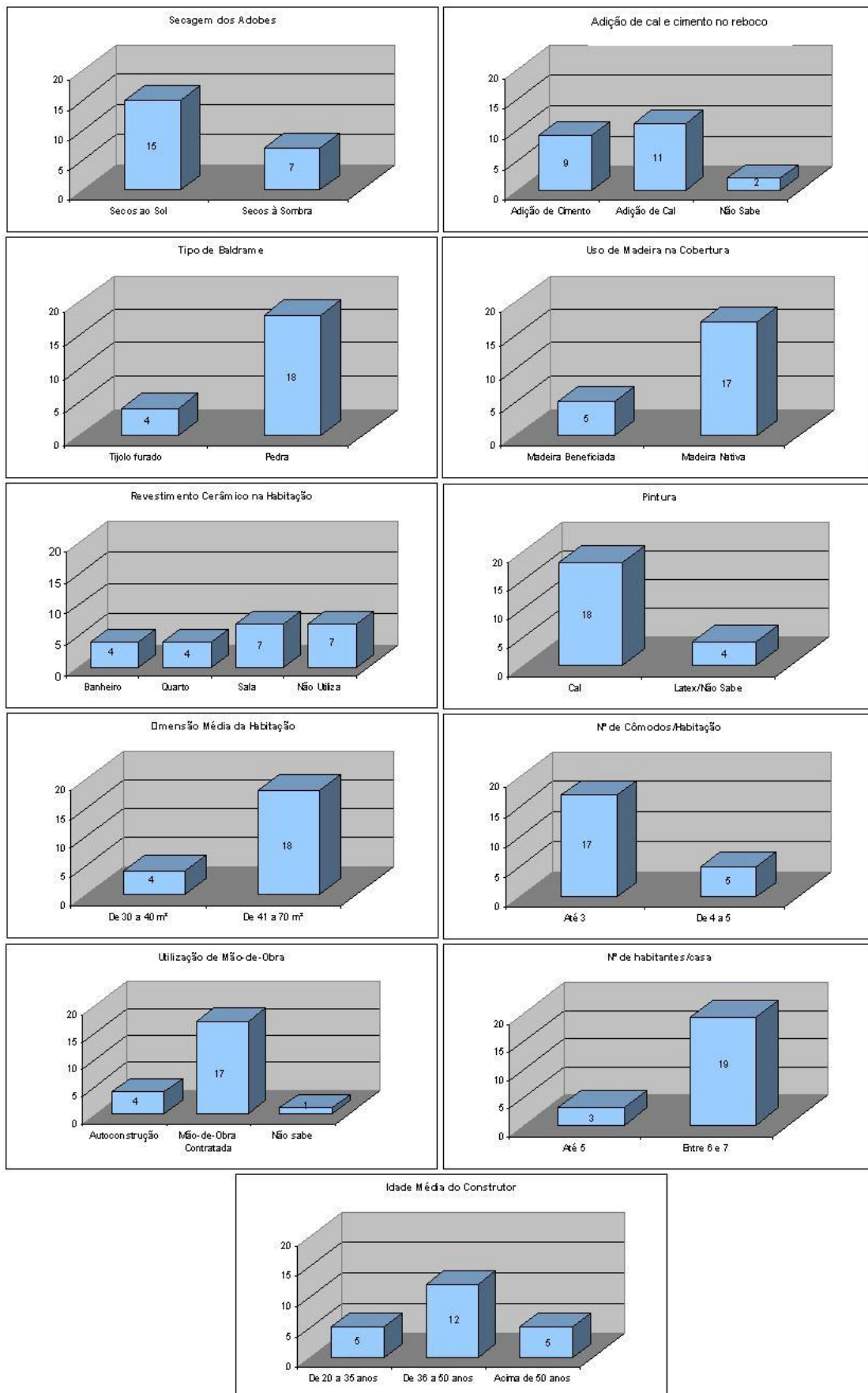


Figura 5. Resultados do segundo questionário aplicado nos 15 municípios estudados

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como principal objetivo o levantamento das principais características do processo construtivo em terra crua na região norte do Estado do Ceará, uma vez que se entende esta técnica como uma manifestação cultural legítima da região, percebendo-se que a habitação em adobe já se encontra internalizada e disseminada entre a população que, empiricamente, entende algumas propriedades importantes do adobe, tais como sua inércia térmica.

Através de entrevistas, aplicações de questionários e documentação fotográfica, foi possível caracterizar o adobe na região, identificando suas dimensões, processo de moldagem e tipo de mão-de-obra empregada, e conhecer o processo de construção da habitação, identificando os tipos das fundações, traços adotados para os revestimentos da alvenaria, tipo de madeira usada nas coberturas, a existência ou não de plantas arquitetônicas e modo de fixação de esquadrias. Coletaram-se ainda, na expedição, amostras de solos para a determinação da composição, da plasticidade e da resistência a compressão.

Além de registrar e documentar detalhes arquitetônicos procurou-se compreender também o contexto econômico e social das comunidades, assim como a relação entre os vários atores (construtores e proprietários).

A adoção de melhorias construtivas ao processo tradicional visa, em última instância, um resgate da cidadania do sertanejo. A compreensão da construção em adobe como um elo cultural com o passado, pode ser o ponto de partida para Políticas Públicas Habitacionais que levem em conta sustentabilidade do bioma e a cultura local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Alexandria, S. S. S. de; Lopes, W. G. R. (2006). *A utilização do adobe no município de Uruçuí: Técnica construtiva tradicional e sustentável*. Florianópolis, SC.

Corrêa, A. A. R. et al. (2006). *Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua)*. Lavras, MG.

Fundação João Pinheiro (2008). *Déficit habitacional no Brasil 2006*. Brasília, 98 p.

IBGE (2007). Contagem Populacional.

IPECE (2009a). Anuário Estatístico do Ceará.

IPECE (2009b). Perfil Básico Municipal 2009. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso em 6/11/2009.

Neves, C. e Faria, O. B. (2008). Programa Interlaboratorial Proterra. Ensaios de Adobe. In: Terrabrasil 2008. São Luis: UEMA;PROTERRA;TerraBrasil. 1 CD-ROM

AUTORES

Ricardo Marinho, Arquiteto e Urbanista, Mestre em Engenharia Civil pela UFC, Doutorando em Engenharia Civil na Universidade de Aveiro (UA), Professor Assistente IV da Universidade Federal do Ceará.

Humberto Varum, Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Civil pela UA, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

Alexandre Bertini, Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Civil pela EESC-USP, Professor Adjunto II da Universidade Federal do Ceará.



LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO COM TERRA EM MATO GROSSO DO SUL

**Raí Zanoni¹, Andrea Naguissa Yuba², Juliana Couto Trujillo³,
Ana Paula da Silva Milani⁴, Vanda Alice Garcia Zanoni⁵**

DEC/CCET/UFMS, Cidade Universitária – CP: 549, Campo Grande, MS – 79070-900, tel: 67 3345 7377
(1) rai.zanoni@hotmail.com; (2) naguissa@gmail.com; (3) trujillo@dec.ufms.br; (4) amilani@dec.ufms.br

(5) Engenharia Civil – UNIDERP, Av. Ceará, 333, Campo Grande, MS, tel: 67 3351 7044.
vandaz@terra.com.br

Palavras-chave: sustentabilidade, terra, patrimônio, técnica construtiva, Mato Grosso do Sul

RESUMO

A pesquisa de técnicas de construção vernácula e materiais ambientalmente menos impactantes pode ser uma forma de agregar mais sustentabilidade à produção de novas edificações. A terra é um material que vem sendo cada vez mais estudado, por ser disponível e abundante, não poluente, reciclável e cujas técnicas de construção são parte da própria história dos assentamentos humanos. No contexto de Mato Grosso do Sul, os raros exemplares remanescentes dessas construções estão suscetíveis a diversos fatores adversos, como clima, negligência, preconceito, desconhecimento de sua importância histórica e a falta de registro da tecnologia. Por essas razões, este trabalho tem o objetivo de realizar um levantamento e a caracterização técnica de parcela das construções remanescentes com terra, focalizando o detalhamento do seu método construtivo e a ocorrência de patologias, com vistas à melhoria da técnica. O método consistiu num levantamento bibliográfico e consulta a órgãos (IPHAN, museus) e pesquisadores da área, levantamento fotográfico e métrico in loco, registro e elaboração de dados sobre as edificações analisadas. Da bibliografia, foram obtidos os registros de seis edificações, sendo que no levantamento in loco, dois exemplares haviam sido demolidos (no todo ou em parte), restando apenas quatro, dos quais, um não foi possível localizar. Apenas o exemplar de Campo Grande, que hoje é um museu, apresentou bom estado de conservação e quantidade de informações satisfatória. Os resultados mostram que a técnica, apesar de bem difundida, foi pouco preservada, em razão de patologias causadas principalmente por umidade e ataque de insetos, a falta de conhecimento técnico dos construtores da época e de ações de saneamento como a realizada em Campo Grande. As patologias encontradas nas edificações analisadas indicam a necessidade de manutenções mais frequentes, associadas à uma política de valorização e preservação da técnica, sem as quais, a tendência será o progressivo abandono, desconfiguração e desaparecimento dos exemplares ainda existentes.

1. A AGREGAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DAS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO COM TERRA

A terra como matéria-prima na elevação de alvenarias abobadadas e outros elementos construtivos tem sido empregada desde o período pré-histórico. Na Turquia, Assíria e em outros lugares no Oriente Médio foram encontradas construções com terra apiloada ou moldada, datando de entre 9000 e 5000 a.C. (Minke apud Pisani, 2007).

Com o tempo as técnicas de construção com terra foram sendo modernizadas e sofrendo influências de outras culturas (Pisani; Canteiro, 2006, p. 2). No Brasil, os negros e indígenas influenciaram a forma de execução de taipas no período colonial, pois ambos conheciam processos construtivos que utilizavam a terra como matéria-prima. O uso da terra nas construções se dava por ser o material mais disponível no local em que era aplicado ou por falta de mão de obra que soubesse empregar outra técnica, fatores esses, também

determinantes para o uso da terra nas primeiras construções na cidade de Campo Grande, em Mato Grosso do Sul, no início da sua colonização, que eram erigidas em taipa de mão com barro proveniente do Córrego Bandeira e cobertas com telha de barro ou palha de bacuri. Essa tipologia arquitetônica foi muito útil, pois os tropeiros que chegavam precisavam de uma residência de rápida e fácil execução.

As propriedades propaladas mais comumente como vantagens do uso da terra são o fato de ser um material natural, reciclável, ecológico e sustentável, com características acústicas que absorvem o som e massa térmica que retarda a transmissão de calor, além de ser utilizada, aproximadamente, por um terço da população mundial que habita regiões rurais para a construção de suas casas (Correia, 2006, p. 12). Embora apresente tantas qualidades, a terra, atualmente, deixou de ser um material de uso difundido na construção civil, devido ao preconceito, a falta de profissionais que conheçam o uso correto da técnica e a necessidade de maiores cuidados quando comparada com outros materiais mais resistentes e populares, e passou a ser um material alternativo ao qual se recorre na busca do aumento do grau de sustentabilidade ao edifício, com exceção das ocasiões em que é aplicada na arquitetura vernácula de forma, muitas vezes, arcaica.

As técnicas de construção com terra têm uma variação bem extensa e o *Centre International de la Construcion en Terre* (CRATerre) as divide em três grandes famílias que englobam 18 sistemas antigos e modernos (Fernandes, 2006, p. 20):

- Monolítica e portante: não existe separação entre material e técnica construtiva sendo o produto já definitivo no próprio local. É onde se enquadra a taipa de pilão, o cob e a terra ensacada.
- Alvenaria portante: onde há manufatura prévia de unidades com terra que, depois de secas, podem ser usadas na construção de paredes, arcos, cúpulas e abóbadas. Inclui o adobe e o bloco de terra comprimido (solo-cimento).
- Enchimento de uma estrutura de suporte: aqui a terra é elemento secundário usada no enchimento ou revestimento de outras estruturas. É o caso da taipa de mão.

2. O USO DE TERRA NO MATO GROSSO DO SUL

No Mato Grosso do Sul são relatados por diversos autores, entre eles Congro (1919), Trubiliano; Martins Jr. (2008), Arruda (1995) e Vieira de Arruda (2003), os usos, principalmente das técnicas de adobe e taipa de mão, que podem ter sido utilizadas devido à facilidade de execução e/ou o conhecimento limitado a essas duas técnicas.

Das edificações analisadas nesta pesquisa, as de adobe são situadas nas cidades de Nioaque e Miranda e a taipa de mão em Ladário, Anastácio e Campo Grande, essa última influenciada pelo conhecimento dos imigrantes mineiros que provavelmente reproduziram a arquitetura produzida em Minas Gerais, resultando em obras de grande valor cultural do ponto de vista histórico e arquitetônico.

A fundação de Campo Grande ocorreu em 1872 e a colonização iniciada em 1875, com a chegada do grupo de bandeirantes de Minas Gerais, conduzida por José Antônio Pereira (Congro, 1919), fixando-se às margens do Córrego Prosa. A taipa de mão foi a primeira alternativa utilizada nas edificações e na Capela de Santo Antônio de Campo Grande, erguida em 1879. A Capela foi inicialmente coberta com palha e posteriormente foi substituída por telhas de barro, das ruínas de um templo jesuíta de Camapuã.

Em 1889, Campo Grande possuía cerca de 12 casas de esteio cobertas de telha e outras 30 cobertas de palha, todas às margens dos Córregos Prosa e Segredo. Gomes apud Vieira de Arruda (2003) diz que “em 1906 eram mais ou menos duas dúzias de ranchos de dois metros de altura, à moda das construções do interior de Goiás e Minas, plantados em formidáveis esteios de aroeira, com janelas de meio metro, paredes de barro, com o

reboque de excremento de gado”. Até 1910, a taipa de mão dominava as construções, pela falta de outras matérias-primas e mão de obra especializada. “Construída com a pequena riqueza dos migrantes mineiros e paulistas, a casa original de Campo Grande não é um casarão nem palacete, mas uma edificação rústica, rural, de taipa de mão, com piso em barro socado e apilado, instalação sanitária, quando havia, na parte externa, como convinham à cultura e às necessidades locais” (Vieira de Arruda, 2003).

A produção de construções com terra de Campo Grande passou a ser ameaçada com a introdução do Código de Posturas da Vila de Santo Antônio de Campo Grande, de 1905, que tinha como intenção a divisão social através do ordenamento e controle do espaço da cidade. Regras de higiene, limpeza e ordenamento para as áreas públicas, regulamentação na conduta moral e social, denominadas “operações de embelezamento e saneamento”, foram impostas para modificar o aspecto “ainda sertanejo” dos moradores (Trubiliano; Martins Jr, 2008). Esse código não cumpriu o seu papel, sendo modificado diversas vezes. Porém, o novo Código, de 1921, determina a demolição das construções de taipa de mão na área urbana central e substituição por construções de alvenaria de tijolos (Vieira de Arruda, 2003). Arruda (1995), citado por esses autores, relata a consequente expulsão dos mais pobres, proprietários dessas construções, que não tinham condições de executar as reformas exigidas.

3. OBJETIVOS E MÉTODO

O objetivo desta pesquisa foi realizar um levantamento e caracterização de construções com terra no Estado do Mato Grosso do Sul, tendo como enfoque o registro das soluções técnicas adotadas.

Os objetivos específicos foram: (1) identificar os materiais, soluções técnicas e estado de conservação; (2) analisar as patologias e relacioná-las com a forma, entorno imediato e grau de motivação dos usuários para a conservação das edificações; (3) identificar os fatores determinantes para modificação do cenário atual.

O trabalho foi iniciado com o estudo do histórico das construções com terra no Estado, a partir dos dados da colonização por mineiros, paulistas e gaúchos, tendo sido consultados os dados do Arquivo Histórico de Campo Grande e do Instituto Histórico e Geográfico de Mato Grosso do Sul. A identificação dos remanescentes das construções foi feita com base em Marques (2001), para a realização das visitas e levantamento de dados in loco.

Marques (2001) em seu levantamento relata seis edificações com terra: (a) Campo Grande - Museu José Antônio Pereira, (b) Miranda – Casa Colonial, (c) Nioaque - Residência Rui Alves Lima, (d) Ladário – Residência Ananias José Pereira, (e) Anastácio – Residência João Vicente Hermínio Amorim e (f) Nioaque – Bar Matogrossense. Dada a amplitude do trabalho realizado por esse autor, os dados coletados sobre as edificações com terra são superficiais, o que reforçou a necessidade do levantamento em campo. As visitas foram feitas em três etapas: (1) fevereiro/2009: Campo Grande, (2) dezembro/2009: Anastácio, Miranda e Ladário e (3) abril/2010: Nioaque.

Nas visitas, foi realizado o levantamento fotográfico do exterior e interior das edificações, com atenção para as patologias e detalhes construtivos, medição das paredes, entrevista com os usuários (conhecimento sobre as técnicas construtivas, hábitos de conservação, percepção sobre conforto ambiental) e caracterização do entorno (edificações, vegetação, declividade e outras possíveis condições geradoras de patologias).

Os dados coletados foram sistematizados para a geração de desenhos representativos do sistema construtivo de cada edificação e identificação dos materiais utilizados na construção. A análise das patologias mostrou os pontos vulneráveis nas edificações, causadas por equívocos na execução ou por agentes externos e nortearam as possíveis maneiras de combatê-las.

4. RESGATE HISTÓRICO E TÉCNICO DOS EXEMPLARES NO MATO GROSSO DO SUL

O levantamento foi satisfatório e ocorrido como planejado nas três primeiras (a, b e c), na edificações (d e e) o levantamento foi parcial e (f) não foi localizado.

4.1 Museu José Antônio Pereira – Campo Grande

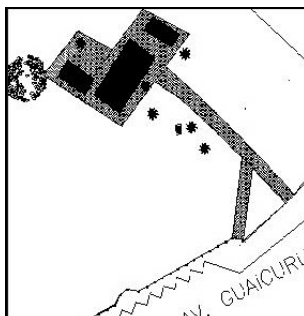
O Museu José Antônio Pereira está localizado na Fazenda Bálsamo, av. Guaicurus, s/ n°, em Campo Grande. É uma edificação construída pelo processo de taipa de mão, em 1873, por José Pereira, para um de seus filhos, Antônio Luiz Pereira. A estrutura portante em madeira de aroeira, executada pelos homens e reboco e as telhas, pelas mulheres (Ferraz apud Vieira de Arruda, 2003) (figura 1a).

A sede da antiga fazenda fica distante 8 km do centro da cidade, constituído de três edificações: a casa com 6 cômodos (98 m²), a casa do monjolo e cozinha caipira (42m²), local para guardar o carro de boi e moenda (figuras 1b e 1c). Esse é o único edifício ainda existente que retrata essa época (SPHAN, 1984). A Fazenda foi doada em 1966 por sua neta (D. Carlinda) para a Prefeitura Municipal de Campo Grande e foi inaugurado como museu em 1999 para festejar o centenário da emancipação administrativa da Cidade⁽¹⁾.

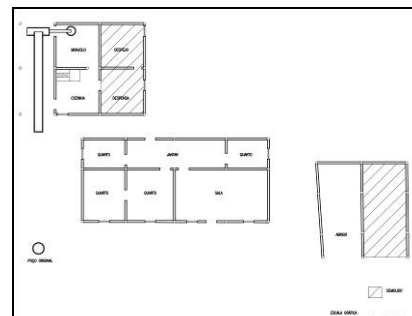
Após a doação, o prédio passou por uma reforma que a descaracterizou e, somente em 1979, foi feito um trabalho de restauro, que recuperou algumas de suas características originais (SPHAN, 1984). Outras obras de restauro foram realizadas em 1984, após ter sido tombado como patrimônio Histórico de Campo Grande e em 1998, quando o prédio foi aberto à visitação como museu. Desde então passa por manutenções periódicas. A intervenção de 1984 foi executada pelo Arq. José Marco da Fonseca (Marco Arquitetura, Engenharia, Construção e Comércio Ltda.). A intervenção de 1998 ficou a cargo do empreiteiro Gregório Correa e foi coordenada pela Arquiteta Zuleide Higa.



(a) Edificação principal do Museu José Antônio Pereira – Campo Grande, 2009 (créditos: Zanoni)



(b) Implantação do Museu José Antônio Pereira, 2009 (créditos: Zanoni)



(c) Planta do Museu José Antônio Pereira (PMCG, 1983)

Figura 1. Museu José Antonio Pereira, Campo Grande

As decisões tomadas durante as intervenções realizadas nas reformas e restaurações sempre tiveram a orientação e o acompanhamento da equipe técnica do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Ao longo dos diversos momentos de abandono e apropriação do bem histórico, ficaram poucos registros das informações sobre os processos construtivos adotados nas intervenções e o entendimento sobre o comportamento do sistema construtivo de taipa de mão. Poucas são as informações sistematizadas e confiáveis sobre os procedimentos e materiais utilizados nas intervenções. No restauro de 1998, o princípio adotado foi o de manter a técnica e arquitetura original, interferindo apenas o necessário para manter a conservação do prédio.

O terreno é relativamente plano, com ligeira inclinação para o fundo. A vegetação próxima não apresenta folhagem densa que possa contribuir para a geração de pontos de umidade.

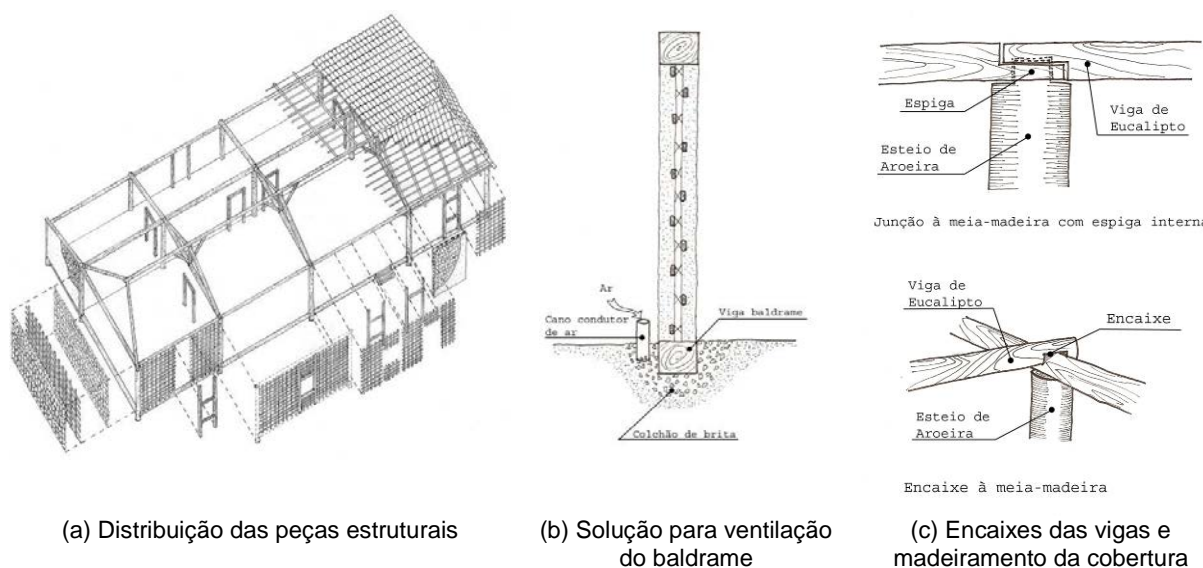
A estrutura é composta por pilares (esteios), viga baldrame e frechais (vigas superiores) que, originalmente, eram de aroeira e cumbaru. Os esteios de aroeira são roliços, desbastados em algumas partes e enterrados diretamente no solo, não sendo possível

identificar se possuem o nabo (continuação do tronco do esteio, crestado a fogo, segundo Pisani, 2007). Nos esteios, acima da superfície do solo, são encaixadas as vigas baldrames. O recurso é adotado para evitar a umidade do solo, embora em determinadas partes da edificação o piso cubra a viga baldrame. Os frechais são encaixados sobre os esteios apurados, com reentrâncias ou encaixe macho-fêmea, formando a “gaiola”.

A cobertura é formada por duas águas com madeiramento de mangue, pindaíva, cumbaru, pau-vidro, louro branco em estrutura convencional de quatro águas. As telhas originais são de coxa. As paredes são de taipa de mão com madeiramento de guariroba, bocaiúva e bambu (madeira roliça diferente da taquara). Na construção da parede, são fixados os bambus ao baldrame e ao frechal e, ortogonalmente ao bambu, ripas que formam uma trama que serve de base para o barreamento (aplicação da massa plástica de terra).

Na reforma de 1998, foram feitas algumas substituições das peças estruturais por ipê, faveiro, pau-terra da folha larga e eucalipto tratado (figuras 3a e 3c). Na cobertura, foram acrescentadas peças de eucalipto e as telhas de coxa, que precisaram ser repostas, foram trazidas de outra cidade, sendo lavadas e banhadas em corante. Para evitar perdas de peças por escorregamento, estas foram furadas nas extremidades e amarradas com fios de cobre à estrutura.

Algumas paredes feitas de tijolo no restauro de 1984 foram reconstruídas por paredes de taipa de mão. Na reforma, a proporção de materiais adotada foi 1:2:2:1 de barro forte de olaria (argila), barro de várzea, areia de várzea e esterco fresco⁽²⁾.



(a) Distribuição das peças estruturais

(b) Solução para ventilação do baldrame

(c) Encaixes das vigas e madeiramento da cobertura

Figura 2. Sistema construtivo do Museu José Antônio Pereira, Campo Grande, 2009 (crédito: Zanoni)

A manutenção, feita anualmente, consiste de retoques no reboco e pintura de cal. Alguns hábitos de limpeza do local são questionáveis, como a lavagem do piso interno, que contribui para aumentar a umidade das paredes.

Melhoria da técnica: na reforma de 1998, o beiral foi aumentado para proteger a taipa de mão das intempéries e, ao longo dos baldrames no abrigo da carroça, foi executada valeta preenchida com pedra britada para ajudar no processo de ventilação e redução da umidade ascendente do local, visando a preservação das peças (figura 2b). Porém, percebeu-se que a solução da valeta não foi totalmente compreendida pela equipe de manutenção, já que em reformas posteriores, o piso em torno dos baldrames foi refeito.

A análise desse exemplar mostra que a técnica originalmente empregada era deficiente em relação ao emprego de soluções para garantir a durabilidade e que hoje, apesar de existirem materiais e soluções tecnologicamente melhorados, houve a opção pela realização de manutenções constantes utilizando as mesmas técnicas e materiais rudimentares da época, influenciada principalmente pela sua importância como patrimônio histórico. Um

questionamento possível acerca dessa situação é se a manutenção do aspecto original necessariamente está atrelada ao uso dos mesmos materiais e se novos materiais seriam admitidos se houvesse a garantia de que a aparência possa ser mantida.

A realização de ensaios do solo local, pesquisa sobre a proporção de materiais da argamassa para revestimento mais adequado, a adição de produtos tecnologicamente mais recentes e o rebaixamento do nível do piso externo, seriam soluções a buscar que poderiam contribuir para a redução da frequência das manutenções, com vistas à redução de custos.

Analisa-se que esse impasse (preservar uma técnica com deficiências ou descaracterizar um edifício original) demanda a consideração do contexto em que se insere, pois se há dificuldade para a alocação de recursos para a manutenção constante de uma edificação, é provável que a melhor opção seja a de executar uma reforma substancial, que a preserve, para não haver o risco de enfrentar oscilações na manutenção e consequente danificação do patrimônio. Essa consideração parte do pressuposto de que a dependência de aporte externo de recursos é uma fragilidade e de que a realização de manutenções constantes também pode ser prejudicial à edificação

4.2 Casa Colonial – Miranda

A ocupação do interior de Mato Grosso do Sul, como no caso de Miranda, está relacionada à prevenção de invasões dos espanhóis que podiam se aproximar pelos rios da região, Miranda e Aquidauana. A primeira ocupação oficial de Miranda se deu com a construção de um presídio em 1778. O IBGE relata que, mesmo com o isolamento, em 1797 já havia 40 casas em pau a pique e adobe, cobertas de telhas, alocadas na atual Rua do Carmo, que atingia o Rio Miranda, e uma população de 500 pessoas, incluindo indígenas (IBGE, s.d.).

A Casa Colonial, registrada por Marques (2001), está localizada na Rua Aníbal B. Toledo, nº 132, e é uma construção originalmente em adobe. Desde o levantamento, realizado por Marques, algumas modificações foram realizadas: construção de um banheiro em um dos quartos e vedação de portas e janelas. As ampliações foram executadas em tijolo maciço e tanto essas como as paredes de adobe são revestidas com argamassa de cimento. Encontra-se em um estado de conservação razoável a ruim e nunca foi restaurada, sofrendo apenas reformas (figura 3a e 3b).

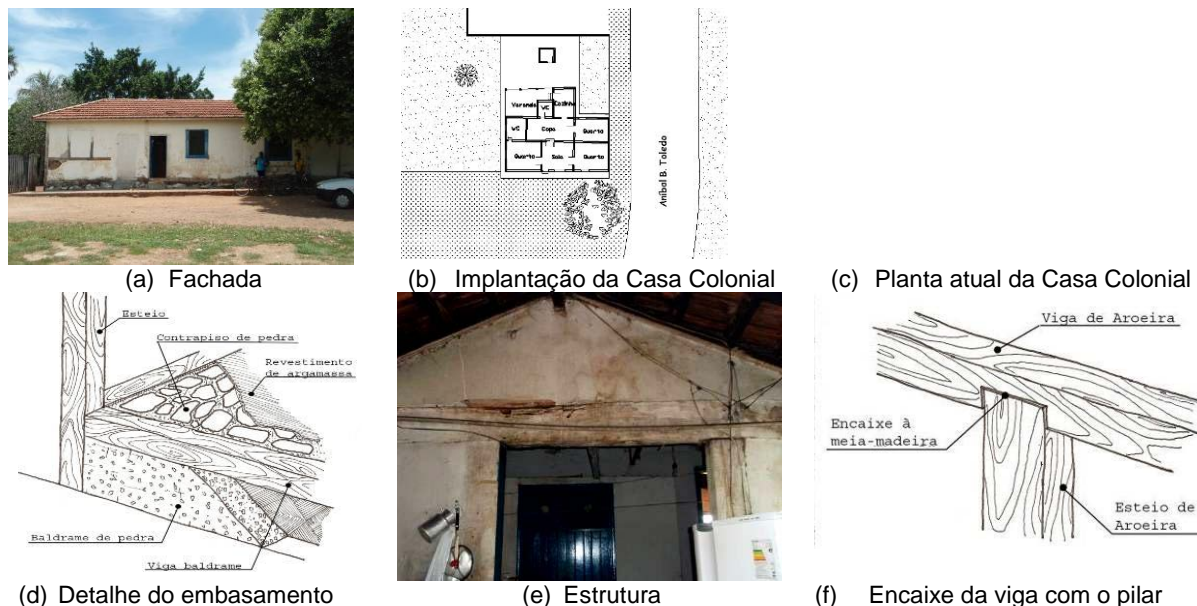


Figura 3. Casa Colonial, Miranda, 2009 (créditos: Zanoni)

A técnica utilizada na construção dessa residência consiste em uma estrutura de madeira com paredes de adobe e cobertura cerâmica. A estrutura é feita em aroeira, conformando esteios, baldrames e frechais que são unidas por meio de encaixes ou simples apoio (figura

3c). Apesar de antigos e sem cuidados de manutenção, as vigas e pilares apresentam boa resistência, graças às características naturais de durabilidade da aroeira. Não foi possível verificar a técnica de construção da fundação, mas o embasamento segue o modelo da figura 3d.

O piso construído acima do nível do solo é de pedra coberto por um piso de cimento queimado. A viga baldrame não aparenta ter função estrutural e está apoiada sobre o embasamento de pedra. Na cobertura, o telhado é formado por tesouras, caibros e ripas em madeira. Os esteios são encaixados no frechal cortado à meia madeira ou simplesmente apoiados sem encaixe e servem de apoio para os caibros. A parede, não portante, é feita com adobes unidos por uma argamassa de terra e recobertos por reboco, aparentemente de argamassa de cimento. Não foram obtidas informações sobre a proporção dos materiais utilizada para fabricar os adobes, mas, na observação, foi possível verificar a presença de fibra vegetal e algumas pedras.

Trata-se de uma casa para temporada⁽³⁾, sendo utilizada eventualmente pelo proprietário e ocupada atualmente pelo zelador e sua família, como uma estratégia para evitar roubos e invasões. Não há indícios de realização de manutenção significativa da casa que tenha sido executada pelo proprietário (reforçado pelas informações da entrevista) e nem dos anteriores, visto a situação precária em que se encontra.

Nessa edificação, percebe-se que as patologias foram causadas em parte pelo desgaste natural e em parte pelas escolhas equivocadas para a realização das reformas. Atualmente, em alguns pontos da estrutura e das paredes de terra, é possível perceber o ataque de insetos (figura 4a), desencadeado pela umidade na base dos esteios de aroeira (figura 4b) e no revestimento da parede em praticamente todo o entorno da edificação (figura 4c).

Estima-se que essa umidade excessiva, por sua vez, foi causada pelos beirais curtos (cerca de 40 cm) e pela execução de revestimento de argamassa de cimento nas paredes (cobrindo até mesmo os esteios, baldrames e frechais de madeira) e no piso em volta da casa que fissurou ou destacou (devido a recalques na fundação e diferenças de movimentação entre os materiais) (figura 4d), e prejudicou ainda mais a evaporação da água infiltrada.



Figura 4. Patologias da Casa Colonial, Miranda, 2009 (créditos: Zanoni)

A execução incorreta de um banheiro interno, o fechamento de vãos de janela e portas (figuras 4e e 4f), o descaso com infiltrações na cobertura e a execução de beirais curtos resultaram em um interior úmido, denotado pelo odor de mofo. Essa situação é agravada pelos maus hábitos de uso da edificação (falta de limpeza, ambientes escuros) que resultam em uma aparência desagradável e que podem contribuir para depor contra o material.

A análise global desse exemplar mostra que as reformas e ampliações realizadas são de baixa qualidade (sem grandes preocupações com as interfaces entre os materiais existentes e os novos, criação de espaços insalubres, uso de materiais convencionais que chocam com as características originais), não demonstrando preocupação com a preservação da técnica de construção com terra. Apesar disso, os moradores reconhecem as qualidades da construção com terra e consideram-na “mais fresca” do que outras casas, demonstrando reconhecer alguma vantagem desse material em relação a outros.

Melhoria da técnica: os dados coletados apontam que a longevidade dessa edificação pode ser atribuída à qualidade da madeira utilizada na estrutura (aroeira) e à proteção dos adobes dada pelo revestimento de argamassa. Os maiores problemas encontrados estão nas interfaces entre estrutura-paredes, paredes-revestimento e paredes-cobertura, para as quais soluções de desenho para aumentar a estanqueidade e um beiral maior seriam suficientes para eliminar a maioria das patologias.

4.3 Residência Rui Alves Lima – Nioaque

Essa residência foi construída em 1897 e já abrigou o Cartório do 1º ofício (1964-2000). O uso atual é residencial e, da mesma forma como a edificação anterior, não é ocupada pelo proprietário⁽⁴⁾.

A casa foi construída originalmente com paredes de adobe e estrutura de madeira. A fundação, aparentemente é de pedra e estrutura independente de madeira (aroeira, piúva e cedro)⁽⁵⁾.

Os esteios são fixados à fundação e as vigas encaixadas sobre os esteios à meia madeira. As paredes são de adobes, com tamanho aproximado de 5 cm x 10 cm x 20 cm e aparência arenosa (figura 5e). A cobertura é de telha cerâmica tipo capa-canal, com estrutura de madeira e sem forro. As aberturas possuem quadro e vedado de madeira, com um tamanho médio de 1,2 m x 1,5 m. O pé direito da casa varia, sendo que nos fundos é baixo (1,7 m) (figura 5d), o que contribui para tornar o espaço desconfortável, já que não conta com forro.

Desde o levantamento realizado por Marques (2001), a habitação sofreu alteração na planta com o acréscimo de um banheiro e a colocação de uma esquadria metálica na cozinha. Atualmente, está tendendo a perder as características originais à medida que os adobes deteriorados são substituídos por alvenaria de tijolo cerâmico, como já aconteceu em algumas partes (figura 5f).

A condição dessa edificação é precária, apresentando muitas patologias. Foram identificados variados pontos de infiltração de água na cobertura, ocasionado pelo deslocamento das telhas e que estão provocando o excesso de umidade nas peças de madeira – topo e ao longo da seção – com conseqüente ataque de insetos. As infiltrações estão presentes também nas paredes, pelos destacamentos e fissuras do reboco, que cobre equivocadamente os adobes e a estrutura de madeira. A umidade também propicia o crescimento de plantas nas fissuras, piorando ainda mais a sua condição.

Nas paredes, percebe-se que a fachada voltada para Sul apresenta mais sinais de deterioração do que a fachada Norte. Essa condição pode ter sido influenciada pelo melhor tratamento dado à fachada principal (visão da rua), a orientação em relação ao sol e agravada pelo beiral curto (cerca de 40 cm).

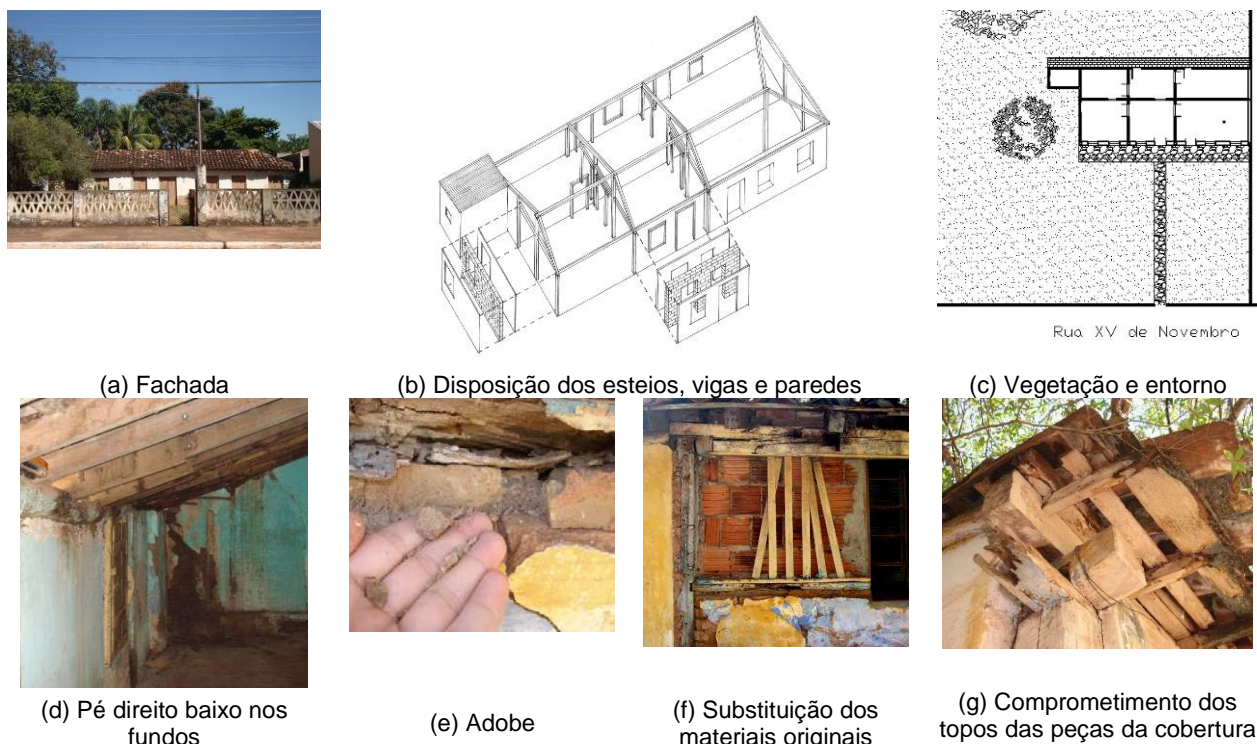


Figura 5. Residência Rui Alves Lima, Nioaque, 2010 (créditos: Zanoni)

Nesse exemplar, percebe-se que o morador não tem afinidade alguma com a realização de manutenções, o que determina a condição de abandono. Destaca-se o nível de deterioração da estrutura de madeira da cobertura, considerada na avaliação a parte da edificação mais comprometida e que demanda mais urgência de intervenção.

4.4 Residência Ananias José Pereira – Ladário

Essa construção em taipa de mão, localizada na Rua do Porto, nº 25, em Ladário, MS, caracterizada como uma arquitetura colonial, possuía estrutura com baldrame, esteios, frechais e cobertura de madeira aparente (Marques, 2001). Entretanto, na visita realizada no dia 21 de dezembro de 2009, verificou-se que a residência foi demolida, dando lugar às obras para construção de uma nova edificação em alvenaria de blocos cerâmicos.

Segundo informações fornecidas pelo mestre de obras, a edificação já estava bastante deteriorada e as poucas partes da casa foram destruídas por um vendaval em 2009. O único elemento que ainda restava no início da nova obra era um esteio, retirado no dia em que a visita foi realizada.

A casa era situada rente à uma encosta, na zona portuária, com vegetação densa. Nas laterais, há presença de outras edificações, sem recuos. E, em frente, o Rio Paraguai.



(a) Edificação original (Marques, 2001)

(b) Edificação em construção no local, 2009 (créditos: Zanoni)

(c) Esteio remanescente, 2009 (créditos: Zanoni)

Figura 6. Residência Ananias José Pereira, em Ladário

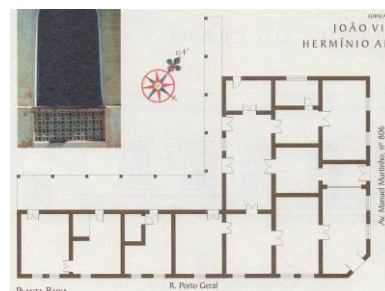
Evidentemente, a falta de manutenção foi a principal causa da destruição, mas outros fatores como a posição da edificação em relação à encosta, a presença de umidade do rio e da vegetação e a falta de recuos podem ter contribuído para acelerar esse processo.

4.5 Residência João Vicente Hermínio Amorim – Anastácio

Localizada na av. Manuel Murtinho, nº806 em Anastácio, MS, essa edificação consta em Marques (2001, p.134) como original em taipa de mão e ampliação acantoadada posterior. No levantamento realizado em 2009, o proprietário informou⁽⁶⁾ que as paredes originais foram substituídas há duas gerações por tijolos cerâmicos maciços.



(a) Fachada Sudeste, 2009 (créditos: Zanoni)



(b) Planta (Marques 2001, p.137)

Figura 6. Edificação da residência José Ananias, em Ladário.

A edificação atualmente está fechada, sendo utilizada em temporadas. Essa situação contribuiu para que infestações de cupins se instalem no madeiramento restante. Está bastante alterada nas suas paredes e cobertura. Apesar de manter a forma, os materiais vêm sendo substituídos, revelando a falta de interesse do proprietário para a manutenção da técnica.

5. CONCLUSÕES

Embora muitas construções com terra tenham sido produzidas no Estado de Mato Grosso do Sul, poucas são as remanescentes. É provável que seja resultado, primeiramente, de técnicas pouco eficazes que, com o tempo se deterioraram até a ruína e, posteriormente, da própria preferência dos construtores por materiais padronizados como o tijolo cerâmico e rejeição às técnicas rudimentares de terra. Em Campo Grande, o Código de Posturas de 1921, que exigiu a demolição de todas as construções em taipa de mão da área central da cidade, em nome da “salubridade, higiene e embelezamento”, foi determinante para confirmar que a técnica era considerada desprovida de estética e propícia a proliferar doenças.

Apesar disso, têm importância histórica por representar uma tipologia arquitetônica empregada no início da ocupação do Estado e é símbolo desse período. A preservação desses tipos arquitetônicos, especificamente, demanda, antes de qualquer atividade de restauro, uma conscientização por parte dos proprietários sobre o valor social das técnicas e das edificações.

Por um lado, as universidades e institutos de pesquisa buscam o aprimoramento e evolução tecnológica para o uso de terra e, por outro, através do Programa Monumenta⁽⁷⁾ do IPHAN e de outras ações relacionadas à educação patrimonial buscam cumprir o papel de preservação e conservação dessas técnicas empregadas no passado, mas que ainda estão bastante relacionadas com as construções de porte, geralmente relacionadas com a antiga elite.

A falta de um porte significativo de edificações como a Residência José Ananias (Ladário), que dificilmente tornar-se-iam museus ou centros culturais, tende à ruína, por desconhecimento da população e pela falta de políticas de preservação de exemplares da arquitetura vernácula.

A condição das edificações e o atual perfil dos seus ocupantes demandariam um esforço praticamente unilateral, por parte do governo, para a recuperação e manutenção, como feito no Museu José Antonio Pereira. Entretanto, questiona-se se essa seria a melhor forma de atuação e se não haveria outras formas, que agregassem um maior grau de sustentabilidade à ação.

As políticas de incentivo à recuperação, com abatimentos nos impostos são possibilidades, associados a uma mudança do perfil dos ocupantes das edificações. Entende-se que a falta de manutenção, o mau uso e a condição de pobreza de seus ocupantes contribuem para piorar a aparência dessas edificações atualmente. Nessa situação, é compreensível que ocorra a associação entre pobreza, insalubridade, baixa qualidade e o material, que geram a rejeição às técnicas de terra. Ponto crucial dessa política é garantir a ocupação, e que os ocupantes sejam os proprietários, para que os gastos com as manutenções sejam entendidos como “investimentos”.

Há fatores não técnicos que também influenciam no cenário e que precisam ser considerados para a busca de soluções mais sustentáveis: a prática popular de autoconstrução, a falta de conhecimento técnico na realização de reformas e ampliações, a ausência de incentivos à valorização de construções antigas e a pobreza.

Há indícios da existência de outras construções remanescentes com terra no Mato Grosso do Sul, nas cidades de Bela Vista, Coxim, Rio Brilhante, Guia Lopes da Laguna, entre outras. Em Iguatemi há relatos populares sobre os “ranchos” dos primeiros moradores, assim como uma igreja, construídos de taipa de mão, cobertos de capim e cascas de palmeiras e, em Costa Rica, a primeira igreja construída era de taipa de mão. Essas indicações retratam a oportunidade de realização de novos levantamentos que poderão ser realizados no Estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arruda, G. (1995). A Ferrovia Noroeste do Brasil: o último trem para o sertão. Cadernos de Estudos Urbanos. Campo Grande: Conselho Regional de Construtores de Imóveis, nº 3, p. 43.

Congro, R. (1919). O município de Campo Grande. Campo Grande: Intendência Geral.

Correia, M. (2006). Universalidade e diversidade da arquitetura de terra. In: Forma de construir, 10ª mesa redonda de primavera. Lisboa: Argumentum; Escola Superior Gallaecia. p.12-19.

Fernandes, M. Técnicas de construção em terra. Disponível em: Forma de construir, 10ª mesa redonda de primavera, 2006, p.20.

IBGE (s.d.) Miranda-MS. In: IBGE Cidades@. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=500560#>. Acesso em: 20 fev 2009.

Marques, R. M. da C. (2001). Trilogia do patrimônio histórico e cultural sul-mato-grossense. Campo Grande: Ed. UFMS.

Pisani, M. A. J. (2007). Taipas: a arquitetura de terra. Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/6661453/Bioconstrucao-Mariaaugustajustipisani-Taipas-Arquiteturade>

Pisani, M. A. J.; Canteiro, F. (2006). Taipa de mão: história e contemporaneidade. In: TerraBrasil 2006, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: Rede Ibero-americana PROTERRA.

SPHAN (1984). Museu José Antônio Pereira. Boletim n 28 – jan-fev.

Trubiliano, A. B.; Martins Jr., C. (2008). O progresso chega ao sertão: transformações urbanas em Campo Grande no início do século XX. Revista de História Regional 13 (2). p. 246-262. Inverno.

Vieira de Arruda, A. M. (2003). A casa em Campo Grande: Mato Grosso do Sul, 1950-2000 – parte 1. *Arquitextos*, n 36. [mai. 2003]. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp183.asp>. Acesso em: 20 mar. 2010.

NOTAS

- (1) http://www.prefeituradecampogrande.com.br/fundac/canaisTexto?id_can=900. Acesso em 20 de fev de 2009.
- (2) Informação do empreiteiro Gregório Correa, entrevistado em março de 2009 por A. Milani, A. Ventura, A. Yuba, R. Zanoni em Campo Grande.
- (3) Pertence a Remoaldo Bernardes, residente em Uberlândia, MG. Zeladores: Milton Lopes da Silva e Elizia Moraes de Oliveira.
- (4) Construída para Benedito Honório Barbosa. Atual proprietário: Rui Alves de Lima e ocupada por terceiros (sobrinho).
- (5) Informação do proprietário Rui Alves de Lima, entrevistado em abril de 2010 por R. Zanoni
- (6) Proprietário João Vicente Amorim, residente em Campo Grande, MS, entrevistado em dezembro de 2009 por A. Yuba, R. Zanoni em Anastácio.
- (7) Programa Monumenta (IPHAN) ações de recuperação e preservação do patrimônio histórico com desenvolvimento econômico e social (http://www.monumenta.gov.br/site/?page_id=164).

AUTORES

Raí Zanoni – Graduando do Curso de Arquitetura e Urbanismo, UFMS.

Andrea Naguissa Yuba – doutora em Ciências da Engenharia Ambiental (USP), mestra em Engenharia Civil (UFRGS), arquiteta e urbanista (USP); docente da UFMS. Tem experiência na área de Desenvolvimento Sustentável na Construção Civil, atuando principalmente nos seguintes temas: arquitetura, sistemas construtivos em madeira de plantios florestais, sustentabilidade e habitação social.

Juliana Couto Trujillo – mestra em Estudos de Linguagens (UFMS), arquiteta e urbanista (UEL); professora assistente da UFMS.

Ana Paula da Silva Milani – doutora e mestra em Engenharia Agrícola (UNICAMP), engenharia civil (UNESP), professora adjunta da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Tem experiência na área de Engenharia de Construção Civil e Rural e Ambiente, com ênfase em materiais de construção e sistemas construtivos e atuando principalmente nos seguintes temas: materiais não-convencionais de construção (aproveitamento de resíduos industriais e agroindustriais), tecnologia apropriada das construções, desempenho térmico e eficiência energética de elementos e componentes construtivos.

Vanda Alice Garcia Zanoni – mestra em Arquitetura (UFRGS), engenharia civil (UFMS), professora titular da UNIDERP e Coordenadora do curso de Engenharia Civil. Na Pós-Graduação da UNIDERP atua como professora e coordenadora do curso de Gerenciamento e Produção de Obras. Tem experiência na área de Engenharia Civil atuando principalmente nos seguintes temas: processos construtivos, avaliação pós-ocupação e patologia das construções. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Economia e Habitabilidade da Arquitetura, atuando principalmente nos seguintes temas: desempenho da construção, habitabilidade, conforto ambiental e habitação popular. Tem experiência na área da Construção Civil como profissional atuando na execução de obras.



TERRA BRASIL 2010
III CONGRESSO DE ARQUITETURA E
CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL
31 DE AGOSTO - 03 DE SETEMBRO
CAMPO GRANDE - MATO GROSSO DO SUL



SOUTH ITALY: CONSERVATION OF CULTURAL HERITAGE IN ADOBE

Ettore Pelaia

Address: Viale F. Redi, 61/E 50144 Firenze
Cell. (+39) 347 5070178 E-mail ettorepelaia@hotmail.com

Key words: Degradation, Intervention Strategies, Conservation and Intervention.

Abstract

The thesis has been done on the town of Lamezia Terme (a city near Catanzaro) and it is aimed at the recovery and identification of the local construction technique of this area. For this purpose, the research integrated the study of geometric significance, building materials and their degradation analysis. Nowadays, there has been a loss of the empirical knowledge, handed down for centuries. This research aimed to collect and identify some of this knowledge through interviews with the elderly and the masons, who know the local building construction.

The research had firstly begun with the identification of building types on an urban scale. Then, it evolved within the investigated area, to the scale of special technological features with specific characteristics. At Lametina region, it is clear that these constructions built in raw earth, reached 5-6 floors above the ground. During the investigation, from the researched archives, it was concluded that the area of the historical buildings was built after 1783. Therefore, it should have inside of the masonry a wooden structure called "*Casa Baraccata*". This is an appropriate technology similar to the "*Gaiola Pombalina*" used in Lisbon, after the earthquake of 1755. It consists in a bearing structure formed by three-dimensional beams and pillars in wood, made through solid connection of joints and nails. However, to preserve the wooden structure from decay, the structure was concealed within the masonry, which makes it difficult to be identified. The earthen raw walls have a significant thickness at the base (over 1m) and a tapering of approximately 20cm in every floor above. The walls of the top floor have a consistent thickness of about 30cm obtained by laying the bricks placed above. Another special feature of the area is the "*Muratura Civata*" (the outer wall made with small pebble stones and fragments of brick earthenware), a wall built with a lot of care. Whilst this is a "not finished" parietal; it is intended to protect the earth masonry from the atmospheric agents, which implies the use of a layer of earthen plaster.

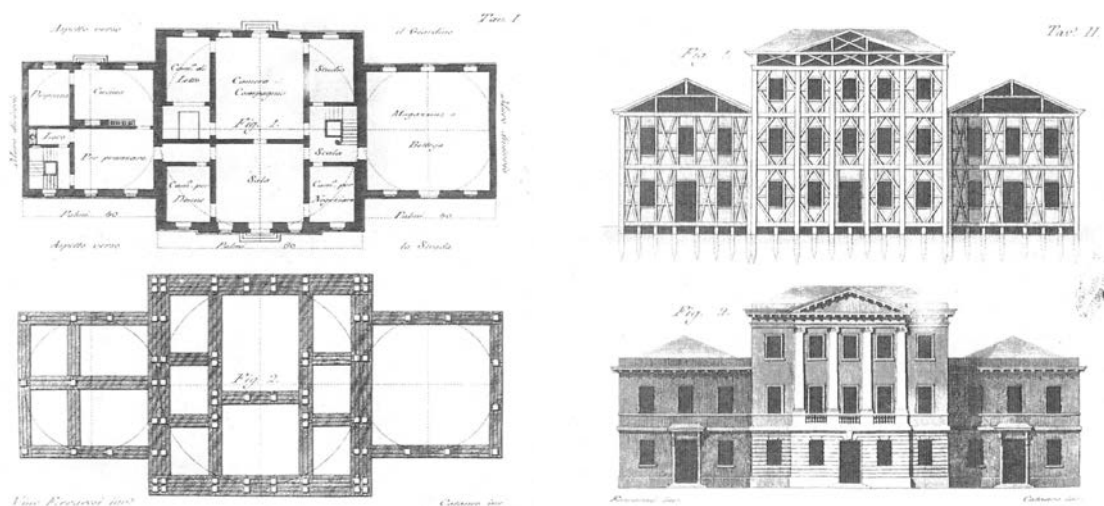


Figure1 – Constructive patterns of "Struttura Baraccata" (Vivenzio, 1788)

1. INTRODUCTION

The research is born from the collaboration between the town of Lamezia Terme and the University of Florence; the results of the research is to alert those who take part in the conservation of this buildings, starting from institutions to the citizens.

Today guaranteeing a correct planning, realization and vigilance regarding building and urban interventions is not enough. It is necessary to promote the right knowledge to improve the quality of the interventions and to provide the documentation of each one's operational experiences to draw useful methodological indications for the operators of the sector. The collection of constructive techniques and materials inside the building object of study is not exhaustive in comparison to the range of problems related to the recovery of historical buildings. However, this introduces a vast range of technical solutions, such as the constitution of a base for the operations of recovery.

The primary objectives of this research are:

- To inform all the stakeholders involved in the field of building and restoration, of the building actual conditions, and of limits and precautions with which they must operate;
- To provide them with a useful documentation to understand whether to intervene or not, when the intervention is on minor building components;
- To press the town administration to transform the acquired knowledge in "ordinary" activity, so that the study and the experimentation on the constructive tradition becomes a part of the cultural heritage for people who deal with restoration and recovery.

In many restorations, a generalized and often hasty use of the modern techniques, based on an ideology of the technical progress that sinks the roots in the Modern Movement, more than on demonstrable economic and structural necessity, leads to defective if not partial results. This requires new and radicals interventions to make up for the committed errors.

It becomes of fundamental importance the long-term behavior of the new technologies adopted in the interventions of restoration, in comparison to preexisting ones. New and different technological structures, endowed with elasticity and different behaviors, in comparison to those proper of the buildings in which they are inserted. If the transmission of the loads is disregarded when compared to the logic of the original balances, its the modern technical and technological solutions that provoke the worst damage to the building. From this perspective, an aspect of priority importance is the professional work necessary to propose some pre-modern techniques. The art to build is handed down with continuity from the fifteenth century to the Industrial Revolution; substantially unchanged until the workers born in the first years of last century, which can be considered as "privileged witnesses" of constructive techniques that would otherwise disappear. The re-acquisition of this cultural heritage cannot be resolved in the simple repetition of the old jobs. This is intended as a "smart" work by understanding and acquiring the "secret" jealously guarded and handed down, so it can be interpreted in a modern context, and be adopted in areas where particular materials and old construction techniques are no longer available and reproducible.

Examples of building types that are made using traditional techniques and the use of earth building in various forms, present in Lamezia Terme are varied, primarily because of the region's autonomy, not only economic and social, but also of the practical and artistic sense of the different actors involved in the construction. For the earthen technique, as well as for the remaining constructions, we can observe a building type that develops spontaneously, but also a more cultured one that, within the limitations of materials was able to make the most of the technical possibilities and expression. The houses present today are a mixture of many shades, proper of a cultural heritage obtained from the multiple encounters and meetings between these two building types which, over the centuries, have lessened their distance by multiplying the variety and artistic details of the buildings. The shapes of the

historical buildings, handed down spontaneously as a dogma, have now assumed the role of communication, transmission of thought and knowledge.

The active effort implemented during the reconstruction period after the Second World War, deleted values and traditions of local architecture, homogenizing and standardizing. Thus, it debased the structures shapes, the signs of low-cost and low-quality housing, anonymous building, and as in every place, making a faint memory, the deep meaning of constructing with "fragments".

The conservation of historical centers, and considering the seismic phenomenon widely present in the region, inevitably introduces a comparison with the construction technology used over the centuries, including their genesis and their evolution.

2. SOCIO-CULTURAL HISTORICAL CONTEXT

2.1 Knowing before taking actions



Figure2 – Facade of “Muratura Civata”

To safeguard and preserve the historical centers, it is necessary to know them thoroughly. A knowledge that does not move from the logic of the gain and short terms of typical of contemporary way of building, but from a careful study of the criteria and devices operated in the past. Although the earthquake-proof solutions existent at the historical buildings cannot be compared with current techniques and legislation, they are still a key to a proper recovery of the built heritage.

The space, open or closed, natural or artificial, should not be taken into account for the possibility of exploitation or serial repetition, but as *unique place*, with its ancient laws, and as the sedimentation of human experience. We can see the typical architecture of Lamezia Terme, as the result of the social and economic conditions of the agro-pastoral world and climatic factors have influenced its location, in relation to the territory, and more specifically, the structure of the particular building types.

The range of building types in earthquake zones has traditionally been marked, in its evolution, from the fear of the earthquake. Time, before science, has tested the sites that

people have chosen to live. But sometimes the necessity or geologic conformation, primarily influenced the choice of the site, putting at risk the safety of the population.

2.2 Constructive evolution over time

In the construction of a building, there are different stages, some of which are not always continuous. In most cases, especially in ordinary buildings, the construction of an historic building did not stop at the original phase, but was subjected to successive changes and transformations that could have changed in a more or less consistent way, the substance and the outward appearance of the building. With this in attention, it is possible to classify ordinary buildings also on the basis of completeness, deriving from the construction stages of each building or part of them.

The requirements of durability and maintenance are complementary, and assume a central role in the conservation strategy of an architectural reality, but also in the strategy of conservation and environmental balance. Durability is usually understood as the ability of a material or component to keep unaltered over time its physical, morphological and performance characteristics. Related to the individual components of the construction, reliability must satisfy the capacity to maintain its function unaltered.

At the same time, durability depends directly on the preservation of the object and then on the maintenance. It triggers a negative relationship between the two concepts, namely the higher the capacity of the item (or rather, the whole building) to maintain unaltered over time its own characteristics, the less there will be interventions. It is known that a brick building rejects the insertion of "prosthesis" made up of materials, extraneous to its construction; also, from a strictly mechanical point of view, inserting reinforced concrete structural elements, disowns the wall construction, intrinsically discrete, transforming it into a continuous structure that alters the static behavior.

3. CONSTRUCTION SYSTEM

3.1 Elements of connection

Today more than ever we must worry about the loss of quality of historic wealth, because little attention is devoted to the maintenance of the facades and the attention to materials of historical buildings. The connection devices may be divided into:

- Connection between the wall and land;
- Meshing between the stones forming the wall;
- Connection between wall and wall;
- Connection between roof or ceiling and wall.

The bumps are easier to predict if they are of the following type:

- Cylindrical hinges around, which rotates an outer wall when it is overturned away from the plane getting away from the transverse walls;
- Injuries that goes through a wall, from one band to another, separating portions originally continuous, or separating orthogonal walls along their intersection;
- Leakage of the beams of the floors from their site;
- Sometimes the expulsion of stones out of a wall that is too loaded and connected.

The walls are made of small parts without cross linking components (diatonic) to ensure the monolithic. The absence of these, leads to lesions in the wall and then generates a structural weakening. Another important aspect is the lack or otherwise deficient amounts of mortar in the joints, which promotes the slippage of the elements of masonry, with the consequent reduction in the thickness of the wall. The lack of connection between the elements, insufficient connection with the masonry, poor distribution of thrust and the overlap of coverage are actually compromising the wall on which it lies. The study of these details provides, if properly oriented, a vision of the whole structure, its behavior during the earthquake and the possibility to predict and prevent damage resulting from any connections.

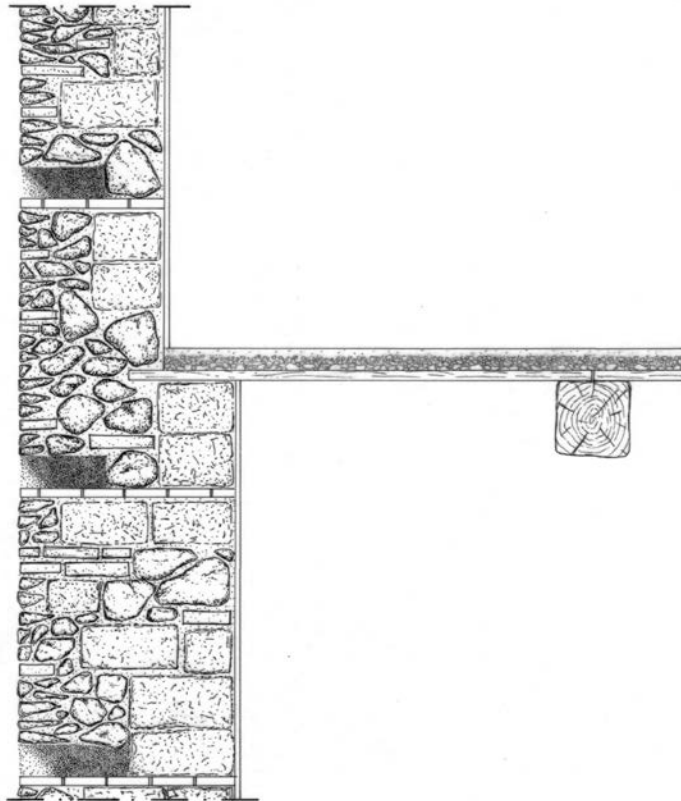


Figure 3 – Section - Wall thinning and "Civatura"

Elements of connection

The lack of connection between the walls, between ceiling or roof and wall, between wall boxes are common in Lamezia houses. A typological study of the area showed that the volumetric and planimetric evolution determined by a progressive blockage of free areas, changed along with the owners and their needs. Wall boxes are not always originally closed with the four perimeter walls constructed simultaneously. It is typical, however, that a housing cell has only three sides constructed together, if it comes combined with a pre-existing one; or just two, if it comes from the blockage of a yard; or just a wall on the street, if it fills space between two houses.

3.3 The modality to intervention

The criteria for intervention on weak and compromised buildings as those analyzed, designed to restore an efficient static behavior and to ensure an adequate response to seismic action should consist essentially in putting in relation the mechanisms that caused these diseases (or damage) with the design solutions. The structure of a building must be read correctly by trying to understand the origin that caused (or may cause), the mechanism of injury, addressing the choice of the intervention to the origin of the problem. A typological study of the historical center shows analytically the evolution of the urban fabric for the subsequent blockage of spaces. Subsequently, constructions designed are coupled with preexisting ones exploiting the boundary wall. Wall boxes are not always closed, which is not always carried out simultaneously and without joints between the four perimeter walls. It is common that a housing cell has only three or even two sides built together.

4. DEGRADATION

4.1 Principal forms of degradation

In a context of low or no maintenance, degradation occurs very rapidly. In the absence of direct intervention on the covers and drainage systems, rainfall results in an increased degradation of masonry structures accelerating their erosion. In the absence of a culture of recovery and restoration of buildings, the historical and architectural heritage, goes slowly lost, as well as construction techniques related to it. Direct observation confirmed that structural lesions result from the lack of building skills, which was due to walls that are not properly connected, the movements of the single parts are clearly visible in the joints and execution of continuous walls.

Another relatively recent type of deterioration, related to the age of the construction, are the changes in external pavements that can generate water circuits damaging the foundations of buildings. Currently, the street pavement is often replaced with asphalt layers impermeable to water, particularly in the cement-type paving. Degradation is most evident at the base, with lesions, erosion and decay of enticement mortar of bricks and spots of mold, but also disruptions due to changes in road surface and growth of vegetation. The main enemy of earth construction is meteoric water, which comes in contact with the wall surface when there is not the ongoing maintenance in the roof. Degradation becomes visible with the runoff of the earth mortar around the lintels, until it causes structural cracks.

PLANS OF CONSERVATION AND INTERVENTION

5.1 Structural adjustments

The assumptions underlie in the methods of calculation must be met in construction practice with appropriate precautions and techniques of execution. Otherwise the theoretical measure of safety would lead to unreliable results. The two fundamental requirements to be pursued in the works of adaptation are: the achievement of a good level of resistance of the wall structure to the horizontal actions, linked to the possibility of having high shear stresses; as well as the certainty of having horizontal devices that can validate the hypothesis of their stability in the floor and their articulation with vertical structures. If the intrinsic characteristics of masonry structures do not provide sufficient values of shear stresses, the first requirement is met by designing and executing works of consolidation for the walls. While obtaining the second requirement, it is necessary to act on the attic structures and their links to the masonry.

To achieve this, requires a great design sensibility that is constantly refined through critical observation of facilities conditions, proportionate to the objectives that must be pursued, even at the light of the economic implications associated with the intervention of adjustment, to be able to frame it into a proper cost-benefit context. Bearing in mind the severity of the seismic action and the tragic consequences related to insufficient structural behavior, it is better that in transactions of adjustment importance be given to the achievement of the bearing capacity. Adopting criteria of intervention that sometimes may appear economically burdensome are the only way to ensure a reliable behavior of the structure and maintain long-lasting features. A better or worse quality of the wall construction depends on the greater or lesser inclusion in the device of big stones, whose dimensions would cover more than half of the thickness, but also on their proper disposal and lodging.

Indeed, the aim is always to achieve well-woven walls where it is not conceivable any vertical division of the section into two vestments outside of the autonomous behavior. The connection between the two sides of the wall section is necessary so that the structure can take a monolithic transversal behavior during oscillations induced by seismic actions. This connection is obtained through the seizure of overlapping stones, or using diatoms (stone loops that bind the two opposite faces). The resistance of the wall is ensured by a

mechanism of transmission of loads through accidental contact that does not lead to collapse.

5.2 Normative issues

In Calabria, laws related to earthen architecture are virtually absent, as well as the connection between operational capacity, availability of traditional materials and professional training for both technical and working staff. The regional administration shall adopt rules for a *typological consolidation*. In the urban centers of Calabria, it is possible to apply the principle of *recovery of quality*, since the quantity of houses is now overflowing with needs. So, typological rehabilitation can be a resource for the region, which only requires proper planning.

It is the responsibility of local governments, waiting for detailed planning, to provide *extraordinary* and *ordinary maintenance*. It has already been noted how the lack of maintenance, raises exponentially the seismic vulnerability of earthen buildings. Considering also the settlement and typological characteristics of the historical building, the problem of maintenance cannot be left to the individual owner, but must be community value.

Another aspect not to be underestimated is that the current rules in Italy together with regional laws of Calabria do not promote the conservation of built heritage but in some ways hinder it. All actions that are undertaken should have respect for the environment and aim to reduce costs, and intrinsic values of "*minor architecture*" that was born spontaneously in places capable of providing, today as yesterday, the resources required for its maintenance and for new construction.

One option is to return to the traditional intervention practice and identify the existence of materials in the region, taking into consideration that raw materials are generally non-renewable assets. It is possible to propose organic and dependable choices for the availability of materials for building restoration. A possibility is to turn to some local firms for the material retrieval, and is important use traditional processes and avoid the modern process, because they are incompatible with the adobe wall.

This hypothesis is not utopian, if we consider that most of the companies currently in operation in the region are craft companies, with a staff of fewer than five. In addition to this, equipment and machinery used for simultaneous production could be considered obsolete, compared to current technologies, but would be suitable for the production of some manufactured goods required for conservation recovery operations. This compromise is a balanced mediation between safeguarding of the natural environment and the need for preservation of cultural and historical construction techniques, which have to be implemented with the *recovery* and *conscious conservation* of the historic centers.

Technical standards alone are not sufficient to restore the culture of building in masonry; in fact, they are often viewed as a rigid prescription, rather than as basic elements of design grammar. Improving the ability to constructively control the bearing masonry has also spread the habit of "using" the rules rigidly. While the technical rules have the force of a calculation procedure that simplifies a structure with high value of uncertainty, high sophistication calculations collide with the fabrication of the buildings, that are very different from point to point.

6. CONCLUSION

Interventions on buildings with historical, architectural, construction and artistic value must be made by adopting a multidisciplinary approach aimed at defining the best path to recovery. Buildings have a number of architectural and historic characteristics that are necessary to be absolutely unique. Urban and morphological location of buildings leads to a further consideration: this buildings are a set, it's impossible plan the restoration of only one because this part of the city are just like a single organism that breathe and live all together.

This should trigger different actors for the restoration process of the area, with morphological, aesthetics, functional and financial care, needed for the effective valorization of this heritage that belongs to humanity.

A lot of tacit knowledge have been passed between the *master* and local cultures to be able to make a thorough investigation, but the building stock that has to be investigated is large as well, so new technological solutions are not slow to emerge. The return to the adobe buildings will be possible if people and especially local government, will come side by side with the scientific community that is getting interested in this resource, but it is also necessary to introduce specific legislation for the technology of earthen building, able to meet and compete with the contemporary needs of citizens.

When working on a building in seismic areas, to repair it, reinforce it or adapt it, the designer must impose a precautionary approach, because any intervention, even the most careful and discreet one, can alter not only the environments and context, but also the possible conditions of constructive homeostasis reached by the entire remains of the building over its history.

A well-planned project helps the adoption of the most suitable solution to the case, but also to *plan a maintenance program over time*. The whole documentation may seem superfluous, excessive and expensive to the client, factors that affect the already high cost of maintenance. In reality this is not always true because any action drawn up in reference to this methodology would be able to recoup the initial costs over the years. This would give each building the opportunity to have an accurate and complete *survey* of the actual state, so that it is possible to update it whenever an intervention will be necessary to make an intervention on the facade as well as in the interior.

A document of this type is the *optimal base* to start a systematic routine of maintenance and repairs over time, a kind of *booklet of the building* to mark the timing, nature and methods of maintenance interventions. In this case, either the owners, or more generally, the municipal administration (which *should* monitor the interventions), have the control or at least the *synthesis* of the operations carried out. At the same time the building, through planned and continues interventions, will be kept *alive* efficiently, postponing aging as long as possible.

BIBLIOGRAPHY

Vivenzio, G (1788). *Istoria de Tremuoti*, vol.2, Napoli.

AUTHOR

Ettore Pelaia graduated in Architecture on July 2008 at University of Florence, with his thesis of degree he participates at the "Prize for studies and searches on the constructive systems in raw earth 2009" founded by Associazione Nazionale Città della Terra Cruda e Laterizi Brioni srl, receiving the "Menzione Speciale" from the judging committee.



TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO EM TERRA NO VALE DO DRÂA (MARROCOS)

Eliana Baglioni

+39 3496434744, elianabaglioni@gmail.com

Palavras-chave: técnicas constructivas tradicionais, taipa de pilão (pisè), adobe.

Resumo

Este artigo pretende apresentar parte dos resultados obtidos por meio de uma pesquisa realizada no Vale do Drâa (Marrocos) no âmbito de um projecto de cooperação descentralizada da Região da Toscana (Itália). A pesquisa foi conduzida pelos Departamentos de Tecnologia⁽¹⁾ e de Construção⁽²⁾ da Universidade de Florença, pela Escola Profissional da Construção e pelo Centro Nacional de Pesquisa⁽³⁾ em Florença, junto com a ONG marroquina AEDRA⁽⁴⁾, com o intuito de estudar as técnicas tradicionais de construção no Vale do Drâa buscando preservar este conhecimento.

O Vale do Drâa está localizado no sudoeste de Marrocos, próximo do deserto do Sahara, e é o lugar de um dos maiores patrimônios arquitetônicos em terra crua do mundo, constituído por aldeias fortificadas (as ksour) e por casas-fortaleza (as kasbah). Os edifícios foram inteiramente construídos em terra como a taipa de pilão (pisè de terre) e o adobe; no entanto, estas técnicas foram utilizadas de forma distinta em diferentes partes das construções. A estrutura dos pisos e dos tetos foi executada com madeira de palmeira e cobertura de canas e terra.

O patrimônio construído do Vale do Drâa é um excelente exemplo de como as pessoas e a cultura local foram capazes de responder ao desafio ambiental, a partir das características do ambiente e da disponibilidade de materiais de construção. Atualmente, os conhecimentos técnicos e as competências construtivas acumuladas ao longo de milhares de anos de prática estão se perdendo seja em função da falta de mestres e de novos aprendizes seja pela ampla difusão do concreto armado, considerado um sinal de desenvolvimento e progresso, mas que, muitas vezes, é portador de resultados completamente inadequados às condições ambientais.

Para conservarmos e valorizarmos o patrimônio existente, ou de introduzir inovações construtivas adequadas às exigências atuais, é necessário conhecer de maneira aprofundada as técnicas construtivas locais e as características dos materiais usados.

1. O VALE DO DRÂA: O PATRIMÓNIO ARQUITETÔNICO

O rio Drâa (figura 1) nasce do lado saariano da cordilheira do Atlas para em seguida criar um amplo vale na base do Anti Atlas, desembocando enfim no Sahara.

O Atlas divide o Marrocos não só geograficamente, mas também nos estilos de vida e na manifestação da arquitetura. Ao sul, próximo ao Deserto do Sahara, observa-se a predominância de uma economia rural (agricultura e pecuária) e é aqui onde se apresenta um dos maiores patrimônios arquitetônicos em terra crua do mundo (AA.VV.; AEDRA, 2004).

Ao longo do vale do Drâa, caracterizado por um sistema de seis oásis de palmeiras, existem mais de 300 aldeias fortificadas de origem berbere, chamadas "ksur" (CERKAS et al., 2005), e muitas casas-fortalezas, chamadas "kasbah", pertencentes às famílias ricas - os administradores e protetores do território e destas aldeias (Lucci; Dania, 2005; Marrani, 2005).

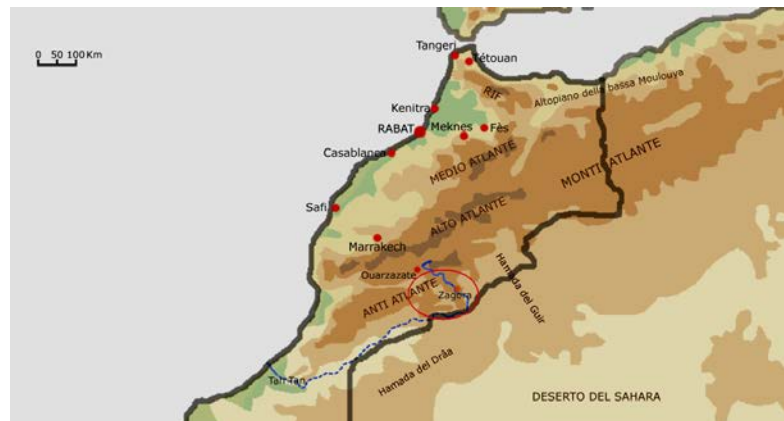


Figura 1. O Vale do Drâa (Crédito: Baglioni, 2009)

Uma tipologia comumente encontrada, seja nas “kasbah” seja nas casas, “dar”, dentro do tecido urbano dos “ksur” (figura 2), é a casa-pátio. A adoção deste partido arquitetônico em combinação com uma alta densidade urbana e casas justapostas umas às outras, permite uma reduzida superfície exposta ao sol e, portanto, constitui uma resposta eficaz às condições climáticas locais.



Figura 2. Vista do Ksar Ait Hammou Ou Said (Crédito: CERKAS et al., 2005)

O patrimônio representado por estes assentamentos, construídos inteiramente em terra, constitui uma prova da existência de conhecimentos técnicos e competências acumuladas ao longo de milhares de anos de práticas e experiências locais. Estas valiosas habilidades estão se perdendo devido à falta de mestres e de novos jovens aprendizes. Além disso, tal como já aconteceu na Europa no século passado, atualmente no Marrocos a difusão do uso do concreto armado é tido como índice de desenvolvimento e progresso, mesmo que, muitas vezes o uso deste material seja completamente inadequado às condições ambientais encontradas.

2. AS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

No Vale do Drâa, os processos de construção são confiados exclusivamente ao relacionamento entre o cliente e o “maâlem”, o único detentor do know-how construtivo, aprendido com a experiência e transmitido de geração em geração (Baglioni, 2009).

O “projeto” toma forma gradualmente, muitas vezes ao longo das obras, sem o auxílio de desenhos, mas através do diálogo contínuo entre o cliente e o executor - o “maâlem” é o mestre que tem responsabilidade e autoridade sobre a construção e a mão-de-obra.

As técnicas usadas para a construção das paredes são a taipa de pilão, chamada “alleuh”, e o adobe, conhecido como “toub” (Modica, 2005, p. 171-178); utilizados separadamente em diferentes partes do edifício (figura 3) (Sánchez, 2005). Mesmo sendo técnicas conhecidas e difundidas em todo o mundo, a aplicação delas demonstra uma engenhosidade local que

permitiu à população se adaptar e se proteger contra os aspectos mais rudimentares do clima pré-sahariano, o calor e as tempestades de areia.



Figura 3. Fotografia de uma pintura local que representa um canteiro de obras.
(Crédito: Coppini, 2007)

A taipa de pilão é geralmente utilizada para as alvenarias perimetrais e divisórias dos andares inferiores dos edifícios. O adobe, por sua vez, é usado nas paredes dos pisos superiores para realizar vedações sem função estrutural e nas partes de alvenaria que não seja possível realizar com a taipa de pilão. A função principal do adobe é a realização de todos os elementos que constituem as superfícies do pátio central (figura 4).

SCHEMA DISTRIBUTIVO DELLE MURATURE IN UN EDIFICIO TIPO

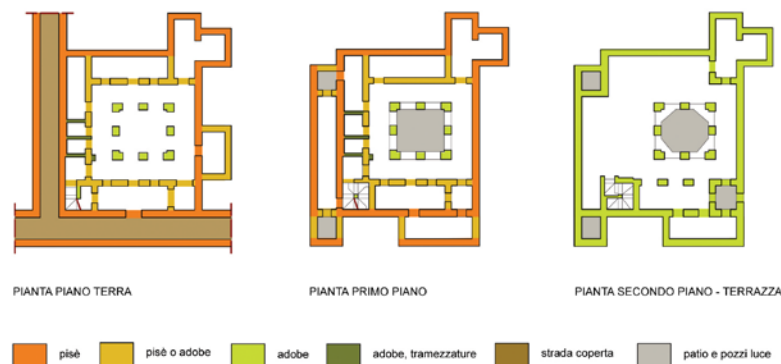


Figura 4. Esquema de utilização da alvenarias de taipa de pilão e de adobe em um edifício tipo. Caso de estudo da Maison d'Hotes Dar Esseltane no *ksar* Tissergat (Crédito: Baglioni, 2009)

2.1 Os materiais de construção

Os materiais de construção são reduzidos essencialmente a quatro, mas o papel principal é desempenhado pela terra, usada em quase todos os "componentes" do edifício: nas paredes, nos pisos, nas coberturas, nas argamassas e nos rebocos. A razão para isso não deve estar vinculada somente pela grande disponibilidade do material na região, mas também pelo fato de que, devido à sua propriedade de isolador térmico, torna-se o material mais adequado para uma resposta eficaz ao clima local quente e seco.

Juntamente com a terra, são usados outros materiais também disponíveis no local como a madeira de palmeira, usada para as estruturas horizontais, a cana, usada nos pisos e nos tetos, e a pedra, usada principalmente para a construção de fundações.

As terras usadas são de dois tipos, a "terra das palmeiras", de aluvião e muito rica em argila, e a "terra das montanhas", similar a uma pedra muito friável, que se encontra ao pé das

montanhas perto das aldeias. A sabedoria na escolha do terreno é conhecida não só pelos "maâmin" (plural de "maâlem"), mas pela população em geral. A "terra das palmeiras" é usada principalmente para a produção de adobe; para a execução da taipa de pilão utiliza-se a "terra das montanhas" ou uma mistura de ambos. De qualquer maneira, a terra é geralmente retirada do local ou nas imediações do canteiro de obras.

A palmeira é a espinha dorsal do ecossistema dos oásis das regiões pré-saharianas e marca o limite entre a cultura do Mediterrâneo e a do Sahara. Por ser fundamental tanto no âmbito da construção como da produção agrícola, escolhem-se as árvores mais altas e velhas para a construção porque produzem poucos frutos. A madeira da palmeira possui baixo desempenho mecânico, pois seu tronco é composto de feixes de fibras paralelas que, submetidas a cargas, não asseguram uma forte resistência à flexão. A baixa resistência, no entanto, é controlada mantendo-se os vãos relativamente pequenos, geralmente entre 2 m e 2,5 m (até 4 m no máximo). Estas dimensões tornam-se um verdadeiro módulo para construção de qualquer edifício.

3. OS ELEMENTOS DA CONSTRUÇÃO

3.1 A fundação

A fundação e embasamento, embora nem sempre presentes, são executadas utilizando pedras encontradas no local, assentadas a seco ou com argamassa a base de terra. A variabilidade, seja em espessura ou altura, é grande e a construção não parece seguir aparentemente uma regra muito específica.

Observando o estado de fato, foi proposta uma classificação em quatro tipos principais (Baglioni, 2009). O primeiro tipo consiste de uma fina camada de pedras, entre 10 cm a 15 cm, assentada diretamente sobre o solo sem cavar, que é usado predominantemente como base para muros em terrenos agrícolas. Um segundo tipo é executado por meio de uma escavação de cerca de 50 cm abaixo do nível do chão com largura que pode variar de acordo com a espessura da parede e a altura total do edifício, mas nunca inferior a 60 cm, para permitir ao "maâlem" circular facilmente sobre o embasamento. Normalmente, este tipo de fundação possui maior largura que a espessura da parede e às vezes é usado como um banco. As alturas acima do solo são muito variáveis, iniciando com um mínimo de 20 cm e podendo alcançar mais de um metro, especialmente no reforço dos cantos ou das portas. O terceiro tipo é constituído por uma base muito alta da mesma espessura da parede, que pode ser realizado com ou sem escavação. O último sistema construtivo é composto pela união dos dois tipos precedentes (figura 5).

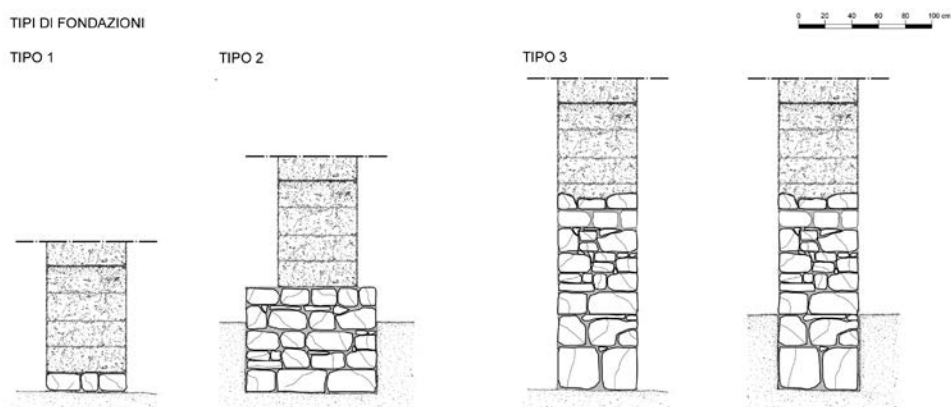


Figura 5. Tipos de embasamentos (Crédito: Baglioni, 2009)

Acima das fundações, iniciam-se a construção das paredes, principalmente de taipa de pilão. Ocasionalmente, para garantir uma maior continuidade da construção, antes de ser despejada a terra, uma camada de pedras é disposta no interior da forma.

3.2 A alvenaria de taipa de pilão

No Vale do Drâa a técnica da taipa de pilão é a mais utilizada para construção de paredes estruturais, mas também podem ser encontradas em divisórias internas dos edifícios ou na construção de muros (cercas) de casas ou terrenos.

Este sistema de construção, realizado movendo uma única caixa, de bloco a bloco, implica a adoção de uma espessura do muro praticamente constante ao longo de todo o perímetro e, em geral, também em toda a altura. Nas habitações (“dâr”), geralmente de 3 pisos, são usadas alvenarias entre 50 cm a 60 cm de espessura, enquanto nos edifícios mais altos (por exemplo as “kasbah”) encontram maiores espessuras que varia de 70 cm a 100 cm. A altura dos andares varia muito, de 2,5 a 5 metros, mas é necessariamente proporcional à altura de um número inteiro de blocos de taipa de pilão (por exemplo uma parede de 2,5 m é a soma de 3 blocos de taipa de pilão, cerca de 80 cm de altura cada).

Para garantir uma boa amarração da alvenaria, a cada fiada de taipa de pilão é realizado um deslocamento da fôrma de $\frac{1}{4}$ ou metade do bloco da fiada inferior. As divisórias interiores são geralmente construídas ao mesmo tempo das paredes perimetrais e mantém, assim, a mesma espessura. Quando as paredes internas são realizadas de adobe, a amarração com as paredes perimetrais (taipa de pilão) é feito cavando um sulco na taipa de pilão. As aberturas são executadas pela interrupção da alvenaria.

As uniões das esquinas e das paredes perimetrais com as divisórias (figura 6) nem sempre são executadas de forma adequada, assim que as paredes não são devidamente “amarradas” umas com as outras e tendem, portanto, a se destacar.

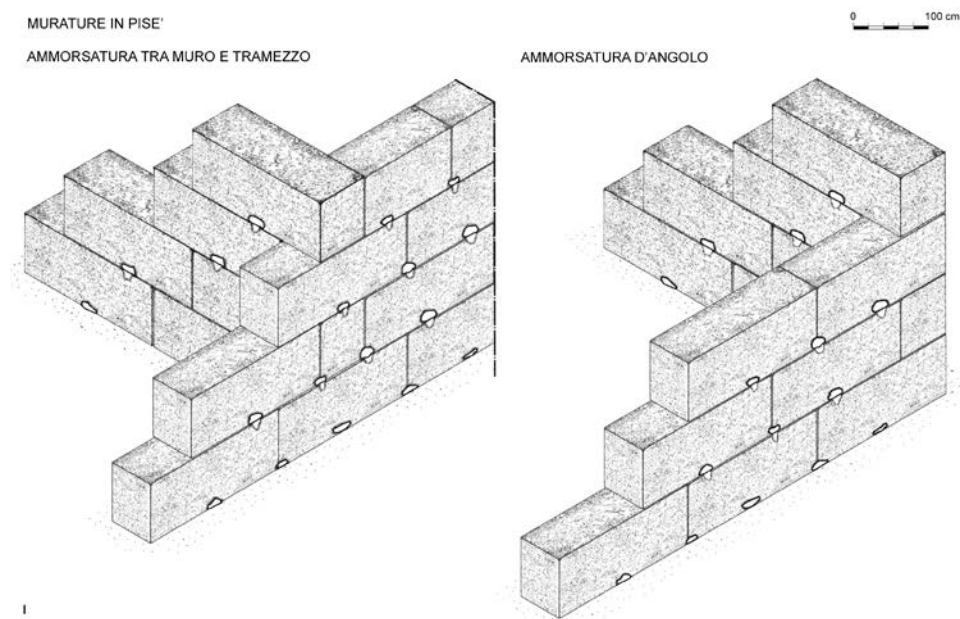


Figura 6. Correta amarração da alvenaria de taipa de pilão. (Crédito: Baglioni, 2009)

3.3 A alvenaria de adobe

Nas paredes perimetrais, o adobe é usado somente para os andares superiores, por várias razões: porque estão sujeitos a cargas mais baixas, porque é mais simples alçar os adobes do que a mistura para taipa de pilão e porque permitem a realização de acabamentos decorativos. Utilizam-se também os adobes onde seria muito difícil pilar a terra dentro da fôrma para a execução da taipa. Os adobes são, portanto, inseridos para completar a alvenaria nos pisos superiores, ou como apoio dos lintéis de madeira, como alvenaria portante das vigas do piso.

É no pátio que o adobe desempenha ao máximo o seu papel principal com suas capacidades estruturais e decorativas. O pátio é também o único espaço interno onde

existem ornamentos e detalhes arquitetônicos e que pilares e paredes são inteiramente realizadas com adobe.

Da mesma forma, o adobe é utilizado nos arcos, em complexas decorações e em grandes aberturas monumentais em edifícios de prestígio ("kasbah") ou nas muralhas que cercam as aldeias.

Os adobes são produzidos em tamanhos diferentes. Por resultarem de um processo artesanal, suas dimensões variam de canteiro a canteiro, de vila a vila.

As paredes normalmente apresentam espessuras de 40, 50 ou 60 centímetros. O assentamento dos adobes é muito variável, estes podem ser assentados pelo lado maior, de cabeça, de cutelo, oblíquos ou em espinha de peixe.

De uma análise do estado de fato, torna-se claro que só em casos raros há uma ordem regular e constante das fiadas dentro de uma mesma parede. A argamassa é composta de uma mistura de terra e água, à qual se acrescenta, mais raramente, palha. Na colocação dos adobes, a argamassa é aplicada geralmente nas juntas horizontais variando de 2 a 4 centímetros, mas raramente nas verticais, permitindo assim a ventilação cruzada.

A desordem na disposição das fiadas, a falta de atenção no distanciamento entre os adobes e a presença de argamassa somente nas juntas horizontais dificultam a colaboração entre os elementos e produzem, por consequência, alvenarias pouco travadas e frágeis. No entanto, onde é solicitada uma resistência estrutural, geralmente nos andares inferiores ou nos pátios, o assentamento é evidentemente mais regular e melhor executado. Nestes casos os adobes são colocados sempre do lado maior e de topo ou do lado maior e de cutelo.

3.4 O elemento "pátio"

O pátio desempenha nas casas marroquinas pré-sahariana muitas funções, seja do ponto de vista da distribuição seja na organização social das atividades da família (Biondi, 2005). É o centro da casa e um elemento-chave para a iluminação, ventilação e para manter condições de conforto; pode ser aberto ou fechado com uma clarabóia. O seu tamanho e a forma são determinados, em parte, pelas técnicas de construção locais, pelo clima e em parte pela cultura tradicional local.

O pátio, de um ponto de vista espacial, é definido por um vazio central e por uma galeria periférica, presente em todos os pisos, que permite o acesso aos quartos. Os elementos arquitetônicos que definem o pátio são os pilares, as mísulas, os lintéis e os arcos, que podem ter diferentes formas e tamanhos e ser variavelmente combinados (figura 7).

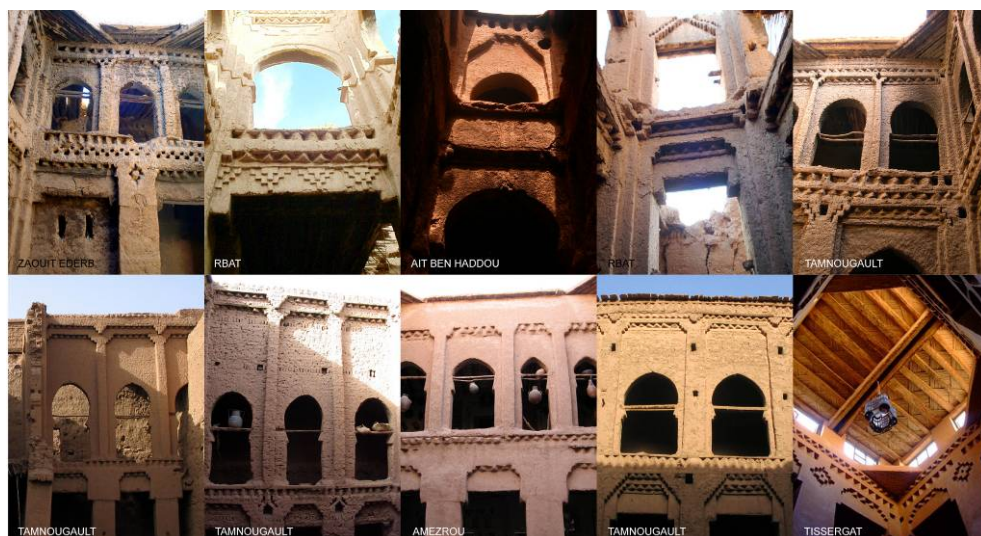


Figura 7. Pátios (Créditos: Baglioni, 2009; Dipasquale, 2009; Manca, 2007; Toniatti, 2007; Mecca, 2005; CERKAS, 2005)

3.5 Os pilares

Os pilares servem como apoio para lintéis ou arcos, mas são muitas vezes utilizados também contra as paredes para reduzir o vão das vigas ou na divisão interna dos ambientes.

Desempenhando um papel estrutural, a alvenaria de adobe é cuidadosamente executada, com adobes assentados de longo e de topo, a argamassa de assentamento é aplicada tanto nas juntas horizontais quanto verticais.

Os pilares (figura 8) são realizados de diversas formas, geralmente a partir de uma base quadrangular e, em vários tamanhos, em média entre 50 e 80 centímetros de lado. A maneira mais difundida é o formato retangular (ou quadrado), mas por vezes são também utilizados pilares dentados ou em cruz: sobretudo nas “kasbah” onde se podem encontrar pilares mais articulados, apresentando forma hexagonal, octogonal, circular ou quadrangular com alguns lados arredondados.

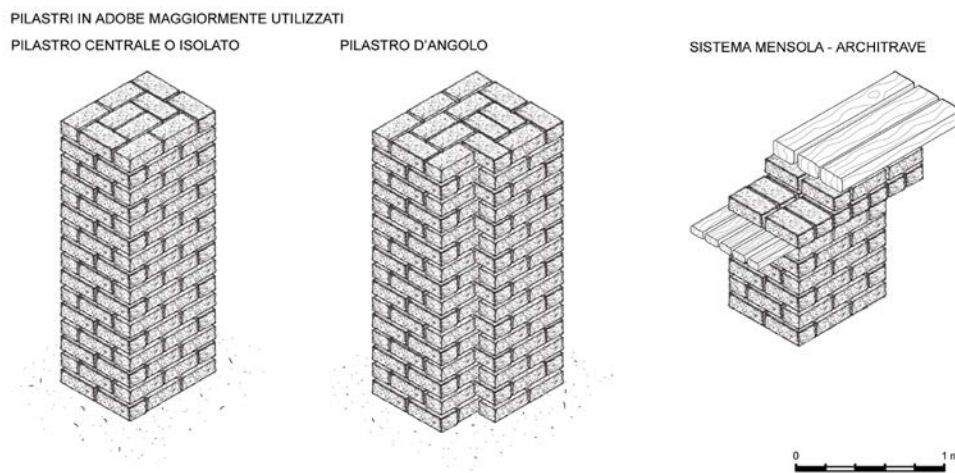


Figura 8. Pilares, lintéis e mísulas (Crédito: Baglioni, 2009)

3.6 O lintéis e as mísulas

Os lintéis são utilizados, além da abertura de portas e janelas, no pátio central, como junção entre os pilares no caso de aberturas de portais. As mísulas, únicas ou duplas, são usadas para formar uma espécie de capitel como plano de apoio para lintéis ou arcos.

Os lintéis e as mísulas são feitos de madeira de palmeira, aproximando vários elementos de largura variável e altura entre 5 cm (para as mísulas) e 10 cm (para os lintéis), para cobrir a considerável espessura da alvenaria (figura 8).

3.7 O arco

Os arcos fazem parte do pátio e das portadas de entrada dos ksour - locais de importância social e simbólica – e raramente são utilizados para portas e janelas das casas, onde é preferida a forma retangular para as aberturas.

No pátio, bem como nas entradas monumentais, os arcos estão sempre inseridos na estrutura do portal, porque o piso tem que se apoiar sobre o lintel de madeira. Nas arquiteturas investigadas, todas de ascendência berbere, existem diferentes tipos de arcos recorrentes (figura 9), resultado da hibridação e contaminação com as culturas romana ou principalmente árabe. São eles: arcos semicirculares, arcos ferradura, ou mais frequentemente arcos ogivais.

Os arcos, muitas vezes são executados com pouco cuidado, resultando em formas irregulares e falta sempre a presença de uma pedra chave, substituída por adobes colocados em forma de V, que então cria um ponto de descontinuidade e de fraqueza na alvenaria. Os vãos vencidos com estes arcos são restritos, no máximo a 3 metros.

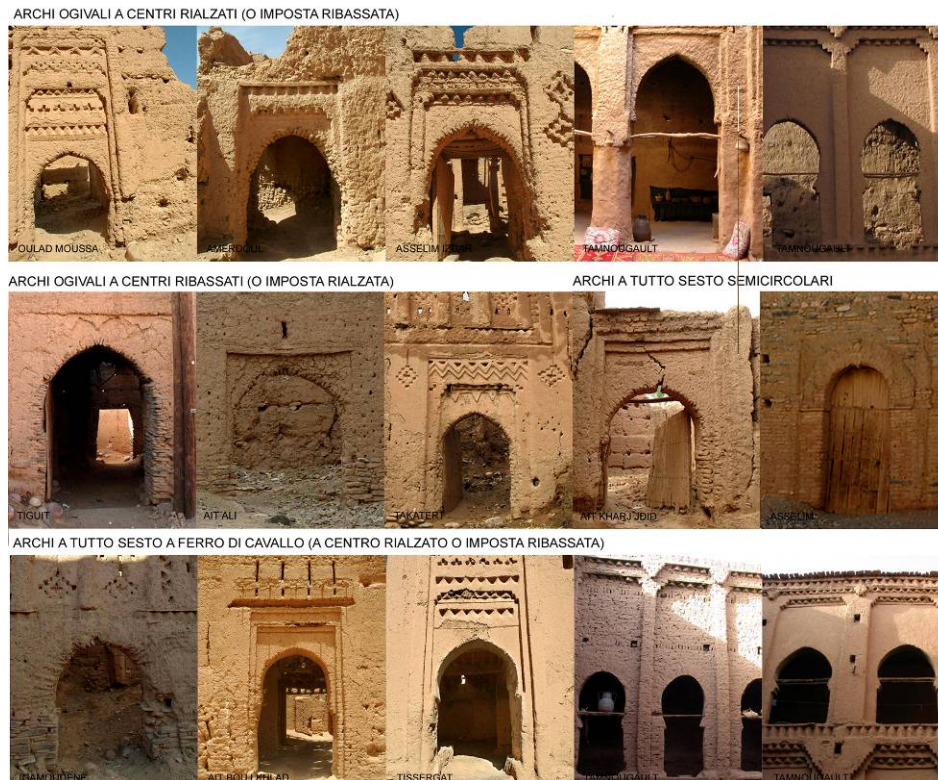


Figura 9. Arcos (Créditos: Baglioni, 2009; CERKAS, 2005; Mecca, 2005)

3.8 O piso e o teto

O teto é composto por um sistema complexo de sobreposição de vigas de madeira, geralmente em dois níveis, nos quartos ao redor do pátio essas vigas podem ter apenas um nível.

As vigas secundárias são sempre ordenadas de maneira perpendicular ao perímetro do pátio, e apoiam, de um lado, sobre a linha central da parede interna, e, por outro lado, nos lintéis de madeira do pátio, que desempenham o papel de vigas principais. A distância entre as vigas depende da presença ou ausência de um terceiro nível de vigas menores. Na ausência, as vigas secundárias devem estar muito próximas umas das outras, com uma distância entre 30 cm e 50 cm. No caso contrário, as vigas secundárias devem estar distanciadas de 2 m umas das outras e as vigas do terceiro nível apresentam uma distância entre 15 cm e 20 cm.

Todas as estruturas horizontais utilizam a madeira de palmeira, a partir da qual pode-se obter, em média, comprimento de vigas que variam entre 2 a 2,5 metros - distância que necessariamente afeta a dimensão dos ambientes, ou seja a distância entre as paredes e/ou pilares.

O tronco da palmeira é cortado em fatias triangulares utilizadas em seu estado bruto ou, mais raramente, em forma de seções retangulares. Para as vigas principais, são utilizadas fatias derivadas do corte do tronco em quatro partes, ou seções retangulares de 30 cm x 20 cm. Para as vigas secundárias, fatias iguais a 1/6 do tronco ou seções de 20 cm x 10 cm; e, para as vigas menores, fatias iguais a 1/8 do tronco ou seções de 5 cm x 5 cm. No entanto, antes de serem utilizadas, as vigas de qualquer tamanho são deixadas secar ao sol para perder a umidade da madeira e, assim, limitar a deformação com carga. Para verificar o desempenho estrutural, os elementos de madeira são testados ao peso de uma pessoa após a instalação.

Em cima das vigas secundárias (ou vigas terciárias quando presentes) é colocada uma camada de cana, chamada "tataoui" (Modica, 2005, p. 179-184), que tem as finalidades de

distribuição de carga sobre a estrutura de madeira e de limitar a queda de pó, mas também podem ser decorativas. Acima do “tataoui”, tradicionalmente era aplicada uma camada de folhas de palmeira secas ao sol, a fim de reduzir ainda mais a queda de pó. Hoje em dia as folhas de palmeira são substituídas por uma lona plástica, encontrada facilmente no mercado local.

O piso é concluído com duas camadas de terra prensada, cada uma apresentando espessura de cerca 5 cm. Para a primeira camada é usada terra seca, e na segunda camada, terra no estado úmido (figura 10). Ambas devem ser devidamente prensadas com um pilão especial.

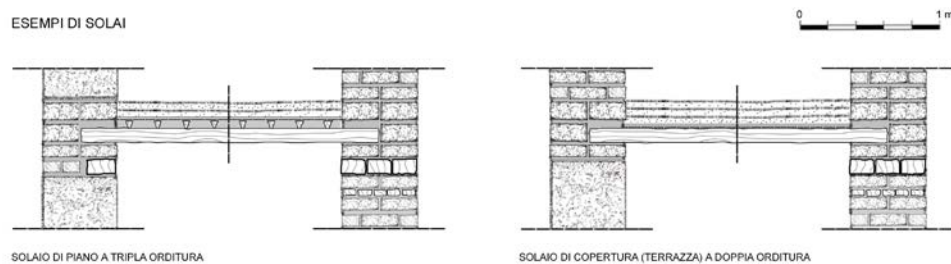


Figura 10 – Pisos e tetos (Crédito: Baglioni, 2009)

O piso do teto, que possui também a função de proteger todo o edifício dos agentes atmosféricos, possui composição diferente dos pisos tanto em quantidade e qualidade das camadas de terra e, portanto, na espessura. O acabamento do piso do teto consiste de três camadas de terra, de espessura de 5 cm cada, com diferentes funções e misturas. A primeira camada é composta de uma mistura de terra semelhante a massa usada para taipa de pilão, portanto úmida, mas preparada com uma terra mais fina. A segunda camada é seca e sua função é absorver as infiltrações de água quando a camada superior não tem uma perfeita vedação. A terceira e última camada, além de ser de acabamento deve ser impermeável a água, sendo, portanto executada com uma mistura úmida de terra e cal ou terra e palha. A cal é um estabilizador natural que faz com que a argila se torne impermeável e, uma vez seca, se torne também mais resistente (Figura 10). O telhado precisa de manutenção constante, pois está sujeito à degradação devido às intempéries - chuva, vento e tempestades de areia. A manutenção é realizada a cada quatro ou cinco anos, criando uma nova camada impermeável de terra e cal ou terra e palha sobre aquelas existentes, deste modo, gradualmente esta última camada pode atingir espessuras elevadas.

As coberturas com função de terraços são espaços muito utilizados nas habitações, sobretudo durante os meses de verão, quando são também usados para dormir ao ar livre.

4. AS PATOLOGIAS

As patologias que afetam este tipo de construções estão relacionadas principalmente a cinco fatores: os agentes atmosféricos, a falta de manutenção, os defeitos de concepção ou de construção e os defeitos da técnica de construção (figura 11).

A despeito do clima seco e pré-desértico, as patologias associadas à água são muito comuns, particularmente aquelas relacionadas à infiltração, que produzem dissolução e perda de material e, aquelas relacionadas com a ascensão capilar, o que provoca destacamento gradual do reboco e desintegração da alvenaria.

Um forte efeito abrasivo está relacionado à ação do vento e, especialmente, às frequentes tempestades de areia.

Algumas patologias estão relacionadas a defeitos de construção e principalmente, devido à ineficiência das fundações que não conseguem reduzir ou minimizar a ascensão capilar da água, e à fraqueza da junção da parede com a calha, criando o acesso da água e conseqüente perda de material.



Figura 11 – As patologias (Créditos: Baglioni, 2009; Mecca, 2007; CERKAS, 2005)

Um grave defeito de concepção de construção é percebido na falta de amarração entre as paredes, gerando um grande número de efeitos colaterais. Por não serem amarradas as paredes começam a se separar, como evidenciado pelas típicas lesões verticais, estas em conjunto com um recalque do solo podem tender a cair, isso fica claro ao observar a presença de desalinhamentos ou de contrafortes de pedra.

Outro caso é aquele relacionado aos “limites” da técnica de construção, ou seja, por um lado o fraco desempenho da madeira da palmeira que, flexionando-se, causa lesões nas paredes, e por outro a falta do elemento chave nos arcos, o que sempre causa lesões no mesmo.

No entanto, as patologias mais graves são aquelas relacionadas ao abandono ou falta de manutenção por um longo período, que determina uma maior vulnerabilidade do edifício e a perda gradual do material.

5. CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo foi elaborar um levantamento das construções em terra do Vale do Drâa, que resultou na tese “Tecniche costruttive in terra cruda nella Valle del Drâa” (Baglioni, 2009).

A importância deste levantamento é múltipla, a começar pelo fator documental – texto e imagens – visando preservar e difundir uma cultura construtiva secular, proferidas até hoje através da experiência dos “maâlmîn”. Em seguida a de conhecer em detalhes as “regras de construção”, que permitem intervir adequadamente na conservação e valorização do patrimônio construído existente; e, finalmente, conhecendo também as limitações destas técnicas, poder introduzir algumas inovações construtivas, especialmente para se adaptar às necessidades atuais da população e reduzir seu abandono.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AA. VV.; ADEDRA (2004). *Trésors et merveilles de la Vallée du Drâa*. Zagora (Maroc): Marsam. Trabalho apoiado pela UNESCO no âmbito do programa “Le Sahara des cultures et des peuples”.

Baglioni, E. (2009). *Tecniche costruttive in terra cruda nella Valle del Drâa*. Florence: Faculdade de Arquitetura, Universidade de Florença. Tese de licenciatura não publicada.

Biondi, B. (2005). Morfologia degli elementi costruttivi a Tamnougault, Marocco. In: Actos do Forum UNESCO – 1º Seminário Internacional de Pesquisa em *Architetctural Heritage and Sustainable Development of Small and Medium Cities in South Mediterranean Regions, Result and strategies of research and cooperation*. Florence: p. 157-169.

CERKAS – Centre de Conservation et de Réhabilitation du Patrimoine Architectural des Zones Atlasiques et Subatlasiques do Ministério da Culture do Marroccos; Escritório de Arquitetura e Urbanismo “H. Hostettler” de Berne; Instituto de Fotogrametria da EPF de Lausanne (2005). *Inventaire du pâtreimoine architectural de la Vallée du Drâa*. Disponível em: <http://photopc15.epfl.ch/draa/html2/index.php>. Acesso em 15/3/09

Lucci, G.; Dania, S. (2005). La kasbah del Caid di Tamnougault, analisi tipologica e costruttiva. In: Actos do Forum UNESCO – 1º Seminário Internacional de Pesquisa em *Architetctural Heritage and Sustainable Development of Small and Medium Cities in South Mediterranean Regions, Result and strategies of research and cooperation*. Florence: p. 133-144.

Marrani, L. (2005). La kasbah della famiglia Ait El Molehtar nello ksar di Tamnougault: rappresentazione grafica e analisi degli elementi architettonici e strutturali di una costruzione in terra. In: Actos do Forum UNESCO – 1º Seminário Internacional de Pesquisa em *Architetctural Heritage and Sustainable Development of Small and Medium Cities in South Mediterranean Regions, Result and strategies of research and cooperation*. Florence: p. 107-118.

Mecca, S. (2005). *Architectural heritage and sustainable development*. Pisa: Ed. ETD.

Modica, C. (2005). Tecnica, processi costruttivi e terminologie della muratura in pisé in un’esperienza di cantiere a Tamnougault, Valle del Drâa, Marocco. In: Actos do Forum Modica, C. (2005). Il solaio in legno di palma e canne: tecnica e processi costruttivi in un’esperienza di cantiere a Tamnougault, Valle del Drâa. In: Actos do Forum UNESCO – 1º Seminário Internacional de Pesquisa em *Architetctural Heritage and Sustainable Development of Small and Medium Cities in South Mediterranean Regions, Result and strategies of research and cooperation*. Florence: p. 179-184.

Sánchez, N. R. (2005). La kasbah «Igmi Mkaran» (del Pozo) en el ksar de Tamnougault (Marruecos). In: Actos do Forum UNESCO – 1º Seminário Internacional de Pesquisa em *Architetctural Heritage and Sustainable Development of Small and Medium Cities in South Mediterranean Regions, Result and strategies of research and cooperation*. Florence: p. 119-131.

NOTAS

(1) Arquiteto e Professor Saverio Mecca, Arquiteta Eliana Baglioni: Departamento de Tecnologia e Design, Universidade de Florença, Itália.

(2) Arquiteta e Professora Luisa Rovero, Arquiteto e Professor Ugo Tonietti, Arquiteta Eliana Baglioni: Departamento de Constução, Universidade de Florença, Itália.

(3) Geólogo Fabio Fratini, Instituto pelas Conservação e Valorização do Patrimônio Cultural, Centro Nacional de Pesquisa de Florença, Itália.

(4) ADEDRA, Association de Développement de la Vallée du Drâa, Zagora, Marrocos.

(5) CERKAS, Centre de Conservation et de Réhabilitation du Patrimoine Architectural des Zones Atlasiques et Subatlasiques, Ouarzazate, Marrocos.

AUTORA

Eliana Baglioni é licenciada em arquitetura pela Universidade de Florença. Participou em várias iniciativas relacionadas com as construções em terra e, em geral, com a bioarquitetura. Participou como autora no Congresso “Ripam 2”, Marrocos (2008) e no Congresso “6°atp/9°siacot”, Portugal (2010).



UM OLHAR RETROSPECTIVO: O DISCURSO DOS VIAJANTES SOBRE A ARQUITETURA DE TERRA EM MINAS GERAIS

Juliana Prestes Ribeiro Faria¹; Marco Antônio Penido Rezende²

(1) Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA). E-mail: juliana.faria@iepha.mg.gov.br

(2) Escola de Arquitetura da UFMG. E-mail: marco.penido.rezende@hotmail.com

Palavras-chave: Viajantes, Minas Gerais, Arquitetura de terra

Resumo

Os relatos de viagem do século XIX têm sido considerados uma fonte relevante para a reconstituição da história. Cada registro de viagem é uma parte revelada de uma realidade “reinventada” que demonstra um ponto de vista repleto de valores individuais e culturais. A tônica desta pesquisa recai sobre a percepção dos viajantes europeus, diante da arquitetura de terra produzida em Minas Gerais, recorrendo-se a análise das descrições panorâmicas das vilas mineiras, e das técnicas construtivas - adobe, pau-a-pique e a taipa – por eles identificadas. O método aplicado a esta pesquisa foi o interpretativo-histórico, que permite o diálogo com as evidências através de uma narrativa interpretativa que reconstrói o passado e atribui-lhe um sentido. O recorte cronológico das viagens que serão abordadas inicia-se em 1808, com a entrada do primeiro viajante inglês John Mawe, e encerra-se em 1868 com a viagem de Richard Burton. O segundo recorte perpassa pelo critério de país de origem de cada viajante, sendo selecionados procedências distintas e capazes de revelar universos técnicos diversos. Um olhar retrospectivo sobre o discurso dos viajantes a respeito das técnicas de construção com terra crua, pode demonstrar a evolução de “pré-conceitos” e ainda identificar a origem de conceitos equivocados a respeito desta arquitetura. É possível adiantar que o discurso dos viajantes denota uma clara relação entre a arquitetura de terra e as dimensões e proporções das habitações, assim como da sensação estética por ela proporcionada através do tratamento de suas superfícies. A outra faceta é marcada pela associação da arquitetura de terra com conceitos de indigência, primitivismo, decadência e fragilidade da técnica construtiva frente às condições climáticas as quais está frequentemente exposta.

1. INTRODUÇÃO

Os depoimentos deixados pelos viajantes do século XIX têm sido considerados uma fonte relevante para a reconstituição da história. “Não se pode subestimar o poder do olhar dirigido a um mundo com o qual não se está familiarizado” (Belluzzo, 1994, p. 11). Cada registro de viagem é uma parte revelada de uma realidade “reinventada” que demonstra um ponto de vista repleto de valores individuais e culturais. Assim o objetivo deste trabalho é buscar como esse passado foi interpretado e representado já que estes relatos são constituídos de partes ficcionais, documentais e científicas.

A leitura do mundo social mineiro realizada pelos viajantes é composta por descrições da arquitetura colonial e das técnicas de construção com terra crua, que estiveram presentes em todo o nosso processo de colonização. Nas construções dos edifícios públicos, religiosos e nas habitações rurais e urbanas de todas as classes sociais, revelando-se este um patrimônio extenso, variado, duradouro e de elevada relevância. Estes fatos conduzem à questão: porque um patrimônio em terra crua, como o brasileiro, ainda suscita preconceitos quanto a sua capacidade técnica; será essa uma herança enraizada em impressões e conceitos europeus?

Com o desígnio de responder a questão, este estudo propõe analisar os diários e narrativas de seis viajantes estrangeiros, que percorreram Minas Gerais no século XIX. Selecionados dentro de um quadro cronológico que compreende o período de 1808 a 1868, destacando-se por diferentes locais de procedência, de modo, a mapear as percepções a respeito da

arquitetura de terra e as suas noções pessoais sobre as técnicas construtivas, comuns a estes.

A análise da técnica como memória social do seu espaço, determina uma revisão do universo técnico europeu, no que tange a arquitetura de terra através da composição de um quadro das técnicas construtivas e dos conceitos relacionados ao ambiente construído em terra crua na França, Inglaterra e Alemanha nos séculos XVIII e XIX. Vale destacar as correlações existentes entre as descrições, e os parâmetros de associação de cada viajante, que revelam a gênese do pensamento que associa as técnicas de construção com terra crua, a memórias de inferioridade técnica social, a concepções relacionadas ao seu país de origem, seu universo e sua formação intelectual.

Contudo, é importante ressaltar, que não faz parte de nossas pretensões, analisar os aspectos técnicos das descrições, mas sim apresentar as diferentes características e percepções que cada viajante teve diante da arquitetura de terra mineira, e como estas são associadas a preconceitos e equívocos atuais. Como já constatado por Mario Mendonça de Oliveira (2005), em suas análises das documentações de recomendação para a construção de fortalezas em Salvador, “certo preconceito contra o uso da terra transparecia nos textos antigos, donde se pode inferir que a meta deveria ser a construção de “pedra e cal”, ao menos para os edifícios monumentais”. (Oliveira, 2005, p.86).

As técnicas de construção em terra crua são um patrimônio histórico, cultural e tecnológico que compõem por séculos a paisagem mineira. Avaliar a evolução da compreensão e da visão desta tecnologia enriquece a história da arquitetura de terra no Brasil, e permite novas interpretações para as técnicas atuais.

2. O LUGAR DA AURA

A busca desta pesquisa pelas variações de “percepção de lugar” que cada viajante experimentou no Brasil, indica que nas relações entre as pessoas e os espaços, ocorre uma correspondência física aliada a um componente psicológico. Segundo Lineu Castello, o principal componente que permite o desenvolvimento da percepção de lugar, é a presença de estímulos, que são emitidos a partir de fatos ambientais que estão relacionados a uma natureza objetiva e material do ambiente, como de uma natureza subjetiva, imaterial e imponderável. (Castello, 2007)

Lineu Castello classifica essas interações entre pessoas e ambientes, onde em primeiro plano há o “lugar da aura”, no qual se ressalta o papel da dimensão espacial, que “envolve fenômenos relativos à natureza física dos lugares, à sua constituição material, à objetiva morfologia de que são feitos” (Castello, 2007, p.17). Esta aura é adquirida a partir de qualificações naturais, sensoriais e paisagísticas e estimulada por elementos do imaginário espacial local. (Castello, 2007)

No segundo plano, se insere o “lugar da memória” que compreende as interações entre pessoas e ambientes relativas à história do lugar, as formas construídas de acordo com padrões arquitetônicos vigentes em diferentes períodos históricos, e todo um corpus de memória estimulada pelo “imaginário temporal local”. E a situação que é compartilhada pelas duas anteriores, é o “lugar da pluralidade”, que se origina da interação entre pessoas, associados aos contatos interpessoais no ambiente considerado. (Castello, 2007)

Objetivamente tem-se que, o tipo de lugar percebido pelas pessoas, por meio de estímulos visuais, que associam uma imagem de lugar, a características físicas, materiais, espaciais e morfológicas é denominado como o “lugar da aura”. Essa pesquisa só se atentará a análise desses estímulos, originários da dimensão espacial, em concordância com seu ambiente natural e aquele construído pelo homem.

3. OS VIAJANTES EM MINAS GERAIS NO SÉCULO XIX: IMPRESSÕES E PRECONCEITOS

O levantamento de Gravatá identificou que entre os séculos XIX e XX, mais de 45 viajantes chegaram aos portos brasileiros, sendo eles predominantemente ingleses, franceses e alemães. As cidades litorâneas foram as primeiras a serem visitadas, especialmente o Rio de Janeiro, por ser esta a cidade com sede do governo e centro urbano mais desenvolvido. Depois de conhecido o Rio de Janeiro, os viajantes se interessavam pelo interior do Brasil, principalmente a região das Minas, já que o olhar dos mesmos estava direcionado as áreas de conhecimento mais diretamente vinculadas às possibilidades de exploração.

O século XIX foi marcado por transformações relacionadas à industrialização, a abolição do tráfico de escravos e, a transição do regime escravo para o assalariado. Esse período de transição econômica em Minas Gerais foi marcado por transformações decorrentes do declínio da mineração, e juntamente com ela da expansão da agricultura e do comércio. Apesar das notícias do esgotamento do ouro já terem chegado a Europa, a curiosidade acerca dos minerais e pedras preciosas que escorriam com abundância pelos riachos, atraem a curiosidade dos europeus. Deste modo, Minas Gerais recebeu durante o século XIX a visita de inúmeros viajantes europeus, sendo que alguns residiram por anos e outros permanecerem por dias.

A chegada destes viajantes no Brasil ocorreu após a transferência da corte portuguesa para o Brasil, e a promulgação do decreto de abertura dos portos as nações amigas, o que gerou uma produção sistemática de obras sobre este país escritas por estrangeiros vindos em missões científicas. Os ingleses vêm no Brasil um mercado potencial, para dar vazão aos estoques que já abarrotavam seus depósitos, obviamente apoiados no Tratado de 1810, onde são asseguradas aos produtos ingleses as menores tarifas alfandegárias. Além disso, constroem estradas de ferro, exploram minas e investem grandes quantidades de capital e tecnologia. A missão francesa que aqui chegou em 1815, veio com a incumbência de dar assessoria técnico-profissional à Escola Real de Belas Artes, e trouxe consigo pintores como Jean Baptiste Debret e Nicolas-Antoine Taunay que retrataram o Brasil do século XIX. A presença alemã esteve diretamente ligada aos laços de parentesco e da união de dois países através do casamento de D. Pedro com D. Leopoldina (Belluzzo, 1994).

Os viajantes em Minas Gerais se depararam com paisagens naturais e cenários urbanos, sendo estes um dos principais temas abordados em seus diários de viagem. As vilas do ouro foram apresentadas nas narrativas com uma dicotomia de percepções, marcadas por impressões de cenários urbanos florescentes com altivos ritmos de desenvolvimento, e em outros casos, determinados pelo aspecto de abandono e decadência. Os arraiais mineiros impressionaram, pela irregularidade de suas ruas e de seu escarpado relevo, onde as casas eram construídas em estreitos lotes, ladeira acima ou ladeira abaixo, dando um aspecto único e até então desconhecido para os visitantes estrangeiros.

A superposição dos sucessivos períodos de construção, que se iniciaram com os assentamentos localizados próximos aos veios auríferos no final do século XVII, e que no século XVIII atingiram o ápice do seu desenvolvimento econômico e social, permitiu aos viajantes que estiveram em Minas Gerais no século XIX, visualizar o resultado construtivo em casas, igrejas e edifícios públicos, e assim relata-los em seus diários de viagem de modo que fosse possível hoje se estudar a arquitetura do século XVIII através destes.

No Brasil, a utilização da terra crua como material de construção ocorreu conjuntamente com o nosso processo de colonização, sendo essa uma herança dos colonizadores portugueses e da mão de obra escrava, que na África dominava amplamente os sistemas construtivos em terra crua (Oliveira, 2005). Desde as primeiras ocupações - simples ranchos de quatro esteios de pau roliço fechados com tramas de varas que serviam para a sustentação do barro com que se dava o acabamento - até a posterior casa com cômodos diferenciados, janelas a meia altura das paredes construídas de taipa de pilão, revestidas

com argamassa de barro ou de cal e areia, caiadas - utilizaram-se das técnicas de construção com terra crua (Vasconcellos, 1983).

3.1 As impressões

O quadro cronológico das viagens que serão abordadas nesta pesquisa abrange quase todo o século XIX, pois se inicia em 1808, com a entrada do viajante inglês John Mawe, seguido por Auguste de Saint-Hilaire, John Luccock e Johann Emanuel Pohl que viajaram pelo Brasil entre 1816 a 1822. Posteriormente, o inglês George Gardner tendo passado dois anos no Rio de Janeiro e arredores, viajou para o interior do Brasil entre 1839 a 1841, e após este, o cônsul britânico Sir Richard Francis Burton, que visitou a província de Minas Gerais no ano de 1868.

John Mawe foi o primeiro viajante a obter licença oficial para visitar as Minas. Este comerciante inglês era um estudioso de mineralogia que registrou suas observações não só sobre os minerais, mas também sobre os aspectos da vida e costumes mineiros.

Saint-Hilaire, viajante francês, percorreu o Brasil de 1816 a 1822. Conhecedor profundo da literatura científica e dos procedimentos práticos de um naturalista viajou pelas províncias do centro-sul do Brasil patrocinado pelo governo francês, tendo como intuito oficial, enviar pesquisas e coleções ao Museu de História Natural de Paris. Esse interesse pela natureza é explicado pelo fato de que no século XVIII e XIX, as ciências naturais tiveram seu desenvolvimento áureo. A concepção idealizada da natureza, no período medieval é derrubada por uma visão realista, que buscava explicar o mundo não mais a partir de um Deus, mas sim do próprio homem e de sua observação do mundo. Assim, o homem do século XIX, procura entender os fenômenos naturais através da observação e do conhecimento pré-científico.

Nos relatos de viagem de Mawe e Saint-Hilaire os caminhos percorridos são detalhadamente narrados e acompanhados de descrições de uma paisagem onde se inserem as construções. A definição destas construções é composta de uma percepção espacial, onde são avaliadas a forma, as dimensões, a volumetria, e as relações físicas entre os componentes da paisagem. A interpretação destes relatos revela que invariavelmente, todos esses parâmetros estão associados à materialidade da técnica construtiva empregada no edifício. Assim, Saint-Hilaire em sua descrição de uma vila mineira expõe que “As casas próximas umas das outras são pequenas, baixas, cobertas de telhas e só tem o rés-do-chão” (Saint-Hilaire, 1974, p.77). Em outra viagem passando pela Vila das Areias, ele relata que, próxima à estrada ficava uma fazenda que “Como em todas as fazendas que vi hoje, a casa do proprietário é baixa, pequena, coberta de telhas, construída de pau-a-pique e rebocada de barro” (Saint-Hilaire, 1974, p.100).

O conceito europeu de arquitetura desta época estava interligado a construção ornamental e monumental, onde o mais evidente elemento da grandeza da arquitetura era a sua magnitude física. Um edifício de grande escala era considerado sempre mais majestoso que um de reduzida escala. “O efeito da arte nas construções, estava então, em proporção direta com as suas dimensões” (tradução nossa). (Oliver, 1978, p. 8). Este conceito é então associado à técnica construtiva, relacionando a dimensão e a volumetria, baixa e pequena da fazenda ao pau-a-pique. Segundo Sylvio de Vasconcellos, o partido das primeiras edificações mineiras é definido por plantas quadradas, com cômodos quadrados e um pé direito baixo, com cerca de 2,50 metros. (Vasconcellos, 1983) No entanto, as técnicas construtivas em terra crua não foram restritivas a construção de edificações majestosas como a Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição de Sabará, que é constituída de uma estrutura autônoma de madeira e vedação em adobe, e a Igreja Matriz de Santo Antônio de Tiradentes, que foi edificada em taipa.

Essas associações estão diretamente relacionadas com a formação intelectual, os conhecimentos pessoais e da época, assim como das impressões dos fatos vividos por cada viajante. Johann Emanuel Pohl, médico e botânico, chegou ao Brasil com a missão austríaca em 1817 e permanecendo até 1821. Em seus manuscritos fez diversas

observações sobre a vida, os costumes e as características das cidades, fornecendo detalhes sobre as construções, seus materiais e suas técnicas. Porém, essas descrições são baseadas em conceitos referenciados na arquitetura européia, como pode ser observado na narrativa de Pohl, quando este descreve a vila de Barbacena como: “uma cidade que conta com 300 casas, na maioria construídas de madeira e barro, mas cobertas de telha. Poucos edifícios têm sobrado. Quase nenhuma se pode comparar com uma casa de cidade da Europa”. (Pohl, 1951, p. 196, v.I).

Esta influência e comparação com o universo europeu, pode ser observada também nas análises de Luccock, comerciante inglês que viajou por Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e que na descrição da cidade de São João Del Rey, ele relata o privilégio desta ainda não ter sofrido as transformações causadas pela industrialização, assim como ele assistiu na Inglaterra.

A mistura de numerosas igrejas com as casas, de telhas vermelhas e ainda não enegrecidas pelo fumo, de telhados não deformados pela intromissão de chaminés, de paredes feitas limpas e alvas pela aplicação de argamassa e caiação, de calçamento cor-de-cinza das ruas, das areias amarelentas do rio e do verde dos jardins, formava um quadro pitoresco e interessante. (Luccock, 1975, p.301)

John Luccock residiu durante dez anos no Brasil como representante da firma inglesa Lupton & Co. de Ledds. Contudo, as suas referências estão calcadas na Inglaterra do século XIX, e nas condições urbanas daquelas cidades, que confrontadas com o aspecto pitoresco das vilas mineiras suscitam impressões rebuscadas de sentimentos.

A visão panorâmica das regiões e lugares visitados, assim como do cenário urbano, com suas casas, igrejas e edifícios públicos, é recorrente na literatura dos viajantes. Nestas descrições, a estética da arquitetura de terra na percepção de cada viajante, liga-se diretamente ao seu acabamento externo. Saint-Hilaire em sua visita a Vila Rica, oferece descrições precisas dessas casas:

“O maior número, construídas de barro e mal conservadas, atesta os poucos recursos dos habitantes. A cor parda dos tetos cujas abas avançam bastante além das paredes pardacentas das casas, e as gelosias de um vermelho carregado, contribuem para a maior melancolia da paisagem; e algumas construções, caiadas a fresco, fazem ressaltar mais ainda as cores sombrias das casas próximas”. (Saint-Hilaire, 1975, p.70, 71)

As casas sem caiação, onde a técnica construtiva com terra crua se encontra aparente, são associadas a uma estética privada de valores, onde o reboco de barro atesta “cores sombrias”, e o aspecto de desmazelo é referenciado pela expressão “mal conservadas”. A perspectiva de Saint-Hilaire, que era um homem profundamente religioso e conhecedor das artes, é a da arquitetura como disciplina, do século XVIII e XIX na Europa, que tinha uma clara correspondência com os edifícios projetados com o espírito estético. Assim, a arquitetura evocaria a “sua sensação estética pelo tratamento de superfícies e detalhes, pela totalidade e a inter-relação das massas exteriores, e finalmente pela organização dos espaços interiorizados” (tradução nossa). (Oliver, 1978, p. 9)

A fragilidade das construções em terra com relação a estações chuvosas também é abordada pelos viajantes. “Toda a cidade conta cerca de 700 casas, na maioria construídas de madeira e barro, de um só andar. Na estação chuvosa muitas vezes penetra nelas a água e, então, desabam muitas dessas casas mal construídas”. (Pohl, 1951, p. 327, v.I). A veracidade desta colocação não pode ser contestada, porém é importante ressaltar que as construções com terra crua em Minas Gerais, utilizavam-se de detalhes arquitetônicos, com materiais e camadas impermeáveis que tinham a função protetora dos elementos construtivos, como observado por Vasconcellos (1979), que relata que as coberturas avançavam externamente, em beirais salientes apoiados em cachorros de madeira ou série de telhas sobrepostas. E foram estes detalhes arquitetônicos, que permitiram que

edificações centenárias, construídas com terra crua, permanecessem até hoje nas cidades históricas.

Em outra perspectiva, tem-se que a arquitetura de terra se relaciona com conceitos de insalubridade, miséria e inferioridade estética. Essa relação é encontrada no relato de viagem de John Mawe, quando ele propõe, uma análise da classe média da sociedade mineira, utilizando como exemplo, o dono de uma propriedade rural que também possui datas nas minas de ouro e um contingente de escravos entre cinquenta a sessenta negros. O parâmetro usado para avaliar sua condição social, é a casa onde este mora com sua família.

“A habitação mal merece o nome de casa: é a mais miserável toca que a imaginação possa figurar, e composta de um pequeno número de quartos construídos uns em seguida aos outros, sem nenhuma regularidade. As paredes consistem em palha rebocada de barro. [...] As fendas abertas na taipa raramente são tapadas, e muito poucas vezes vi uma casa consertada. O piso é de barro úmido e ainda mais desagradável pela imundície dos habitantes, a quem os porcos disputam o direito de gozá-las”. (Mawe, 1978, p. 240)

O uso acentuado de termos depreciativos que foram empregados na descrição da habitação, encontra-se em conexão com a definição da técnica construtiva empregada, assim como da conservação da mesma. Ocorre também uma correlação entre a habitação e a falta de higiene, enfocando a “imundície”, e a comparação com os porcos.

O primitivismo das construções em terra, é uma característica encontrada nos relatos de Pohl e Mawe, sendo que o primeiro comenta que as casas de barro e madeira, que são “construídas a maneira deste país”, têm o aspecto da decadência, com “paredes desabadas”, que sempre estão prestes a ruir. O segundo utiliza-se do termo “miserável” abundantemente, de modo a caracterizar as casas dos lavradores como “miseráveis choupanas de um andar, o chão não é pavimentado nem assoalhado, e os compartimentos são formados de vigas trançadas, emplastadas de barro e nunca regularmente construídas”. (Mawe, 1978, p. 68)

4. OS RELATOS TÉCNICOS

É dentro de um cenário técnico europeu, composto por conceitos de arquitetura e pelo conhecimento de técnicas construtivas, relacionadas aos seus locais de origem, que os viajantes tecem os seus relatos técnicos. Permeado pelos seus referenciais, estes descrevem as suas impressões. E para interpretá-las é necessário conhecer este universo técnico ao qual cada viajante foi originário.

O verbo latino *pinsare*, em francês o *pisé*, ou o termo *tapia*, talvez por influência da Galiza, pois é também uma palavra usada em galego, o étimo é o árabe *tabíya*, que também é pronunciada no norte da África, o *taput*, são todas denominações de uma mesma técnica.

Na Gália Mediterrânea, as influências helênicas e dos cartagenos promoveram o emprego das técnicas de construção com terra crua, sendo que antes dos romanos disseminarem o uso do tijolo cozido pelo império, a terra crua era amplamente utilizada na Gália Cisalpina na zona rural e até mesmo em estruturas urbanas. Escavações realizadas em Lugdunum, atual Lyons, revelaram estruturas de madeira vedadas com tijolos de adobe e estruturas em taipa (tradução nossa). (Houben; Guillaud, 1994)

Estas técnicas predominaram em áreas rurais da Europa até o final da Idade Média. Somente no século XVIII foram re-descobertas na França, por Georges-Claude Goiffon que publicou em 1772 a existência, de casas de dois e três andares, em Lyonnais e também em províncias vizinhas incluindo Dauphiné, construídas com terra crua. O uso do *pisé* na França se estendia, segundo Goiffon, de Avignon até o norte de Tournus na Borgonha. (Fernandes, 2008). Entretanto, o uso dessa técnica foi impulsionada e recuperada, pelo arquiteto

François Cointeraux, que racionalizou e modificou o sistema tradicional de construção em taipa, e o difundiu para outros países europeus, através de manuais de construção, traduzidos em diversas línguas. Na Alemanha do século XVIII, a técnica apresentada como o *nouveaux pisé*, foi adotada nas regiões de Schleswig-Holstein e Baixa Saxônia (Fernandes, 2008).

Na Inglaterra, as técnicas de construção com terra crua no século XIII foram caracterizadas tradicionalmente pelo emprego do *cob*, que consiste em uma mistura de terra com areia e fibras vegetais, capaz de criar uma massa consistente que possa ser transformada em pequenas bolas, que são atiradas combinadamente, de modo a se constituir uma parede monolítica. No século XV, as construções em *cob* se tornaram tradicionais em muitas partes da Grã-Bretanha, particularmente no sudoeste da Inglaterra e no país de Gales, onde o solo era caracterizado como uma argila arenosa, e os materiais como a pedra e a madeira, eram escassos. No entanto, há referências do uso desta técnica de construção com terra crua em inúmeras regiões da Inglaterra, e em todos os períodos históricos.

O *pisé* era uma técnica tradicional no Vale do Rhone na França, e o seu uso na Inglaterra ocorreu após 1790, entretanto esta técnica ocupou um espaço reduzido na história da construção com terra crua inglesa, ficando restrita ao sul do país, e a uma classe social mais elevada que aquela que utilizava o *cob* para suas construções. (Ashurst, 1995) Em Norfolk, Suffolk, Cambridgeshire e Essex, na Grã-Bretanha, a técnica construtiva conhecida como *puddled Clay*, consiste na utilização de “um solo de composição argilosa que é inserido, em seu estado plástico, entre formas de 450 mm de altura, que produzem paredes de 325 mm, onde as superfícies externas e internas são precisas e consistentes. (tradução nossa)” (Ashurst, 1995, p.88)

Na tradição de construção com terra crua, a técnica “*wattle and doubt*”, consiste em uma estrutura de suporte geralmente de pórticos de madeira (enxaimel), que é preenchida com uma trama tecida a partir de matéria vegetal e coberta com uma mistura de argila e palha, ou outro tipo de fibra vegetal, capazes de minimizar a retração durante a secagem. Essa forma de construção foi predominante em algumas regiões da Inglaterra e do País de Gales antes do século XVII, assim como na Alemanha e outros países europeus a partir do século XII. (Ashurst, 1995)

Entretanto, com a industrialização do século XVIII, o uso do tijolo queimado se difundiu nestas regiões, e aos poucos estas técnicas se tornaram obsoletas e exclusivas das construções de colonos pobres e trabalhadores rurais. Ainda assim, em toda a Europa, as construções em terra crua continuaram até a década de 1950, tendo experimentado uma recuperação surpreendente, nos anos seguintes à Segunda Guerra Mundial, um período em que havia uma escassez de materiais industriais e uma necessidade urgente de realojar milhares de pessoas desabrigadas. As técnicas foram desenvolvidas de forma sistemática na Alemanha, e centros de formação foram criados, apresentando como resultado a construção de milhares de casas em terra crua. (Fernandes, 2008)

4.1 Técnicas construtivas em terra no Brasil

Em seu livro “Arquitetura no Brasil: Sistemas Construtivos”, Sylvio de Vasconcellos (1979) oferece um panorama das técnicas construtivas e seus processos arquitetônicos no Brasil, destacando-se três técnicas construtivas em terra: a taipa de pilão, o adobe e o pau-a-pique. A seguir, será apresentada uma rápida descrição de cada uma destas técnicas, e a sua posterior comparação com os relatos dos viajantes.

4.1.1 Taipa de pilão

A taipa de pilão é um sistema onde as paredes são maciças e constituídas de barro socado, sendo sua espessura, em geral, superior a 40 cm. A técnica de execução consiste em armar formas de madeira, denominadas taipais, onde é inserido o barro. Em seguida, o barro é comprimido a pilão, de modo que a camada de barro seja reduzida e a massa ganhe

consistência. Os taipais se sucedem verticalmente, alcançando toda a extensão da construção. (Vasconcellos, 1979)

Um dos tipos de taipa de pilão é a chamada Formigão, onde o barro não é peneirado e é misturado com pedregulhos maiores e menores, formando um aglomerado semelhante ao concreto (Vasconcellos, 1979, p. 21). Sylvio de Vasconcellos comenta que em Diamantina, essas pedras “in natura” recolhidas dos rios ou dos próprios locais de construção, são chamadas de “piruruca”. Mário Mendonça argumenta, que a taipa de formigão definida por Vasconcellos, tem a característica fundamental da presença de fração grossa de solo na composição, que difere do tratado de fortificações do Brigadeiro Diogo da Sylveira Vellozo, onde ele explica que a característica fundamental deste material era a presença de cal.

Também Burton, chegando a Barroso, distrito de Barbacena, passa a noite em um estabelecimento que ele descreve como um rancho:

[...] “Essencialmente, é um telheiro comprido, tendo, às vezes, na frente, uma varanda de postes de madeira ou colunas de tijolos, e outras vezes com paredes externas e mesmo com compartimentos internos, formados de taipa, isto é, armações de madeira cheias de barro”. (Burton, 1976, p.100 e 101)

O autor aqui descreve em uma nota o termo taipa, como sendo:

“O pisé da Bretanha e o “puddle” da Inglaterra, encontrado, via Daomé e Sind, etc., até a Austrália. A maneira da execução é quase a mesma, em toda a parte e não a descreverei, portanto. Quando o barro seca, e contém pequenos seixos de quartzo, constitui uma boa parede. Sempre exige, no entanto, ser bem rebocada, e protegida por largos beirais, para proteção contra chuva, e de um alicerce de pedra ou tijolo, para evitar que a umidade do solo desgaste sua base”. (Burton, 1976, p.100 e 101)

Richard Francis Burton descreve a taipa como sendo uma técnica construtiva definida como uma armação de madeira cheia de barro. Entretanto, essa descrição também se enquadra no conceito das vedações de pau-a-pique, não podendo se afirmar que a técnica identificada pelo viajante, era realmente a taipa. Ampliando-se a análise para as notas de rodapé, onde o autor define comparativamente o termo taipa com o *pisé* e o *puddle*, é possível constatar que provavelmente a técnica visualizada realmente tenha sido a taipa.

Em Minas Gerais, essa técnica foi utilizada na construção de igrejas e algumas residências, porem de forma bem mais restrita que em outras regiões, como São Paulo e Goiás, como referenciado por John Mawe em sua descrição da cidade de São Paulo, no ano de 1807 e 1808, que relata existirem numerosas praças, e lugares de devoção, como conventos, mosteiros e igrejas, muitos dos quais construídos em taipa. Segundo o viajante essa técnica é executada da seguinte maneira:

“Erguem-se as paredes da seguinte maneira: constrói-se um arcabouço com seis pranchas moveis, justapostas, e mantidas nessa posição por meio de travessões, presos por pinos móveis e vigas, à medida que avança no trabalho. Coloca-se o barro em pequenas quantidades, que os trabalhadores atiram com pás, umedecendo-o, de quando em quando, para dar-lhe maior consistência. Cheio o arcabouço, retiram o excesso, e prosseguem na mesma operação, até rebocar todo o madeiramento da casa, tomando-se cuidado de deixar espaços para as janelas, as portas e as vigas. A massa, com o correr do tempo, endurece; as paredes, perfeitamente lisas na parte interna, tomam qualquer cor que o dono lhes queira dar e são, em geral, ornadas com engenhosos enfeites. Esta espécie de estrutura é durável; vi casas assim construídas que resistiram duzentos anos e a maioria tem várias histórias. Os telhados constroem-se de modo a projetarem-se dois a três pés além da parede, fazendo com que a chuva corra distanciada da base [...] mas embora a região ofereça excelente argila, e lenha em quantidade, raramente cozinham os tijolos”. (Mawe, 1978, p.63,64)

A descrição de John Mawe sobre a execução da taipa, demonstra um conhecimento e uma proximidade maior com a técnica, em função da riqueza de detalhes que o relato oferece ao leitor, sendo provável, que este tenha presenciado a execução da mesma. Neste relato é interessante a descrição dos taipais e dos pinos e travessões de fixação dos mesmos. As pesquisas e práticas contemporâneas, desta técnica de construção mostram como é estratégica esta fixação das formas para a boa execução da taipa. Outro aspecto de importância crucial na execução da técnica revelado pelo autor é a colocação da terra em “pequenas quantidades”. Grandes camadas de barro, não permitem a correta compactação das mesmas e podem levar ao comprometimento de toda a estrutura.

Curiosa é a colocação de Mawe com relação ao uso da argila e da lenha, que apesar da abundância e da qualidade dos materiais, estes não são usados para a fabricação de tijolos. A tônica do autor sobre o texto, revela a provável admiração do uso de técnicas construtivas com terra crua, sendo que haviam condições favoráveis para que fossem utilizados os tijolos cozidos, assim como na Inglaterra.

4.1.2 Adobos

Segundo Sylvio de Vasconcellos (1978), os “adôbos” são tijolos de barro, que são compactados manualmente em formas de madeira e postos a secar na sombra e depois ao sol, devendo o barro conter uma quantidade de areia, fibras vegetais ou estrume de boi para que se tenha consistência. O assentamento e o reboco são feitos de barro, podendo receber reboco de cal e areia.

Patrick Bardou (1979) define esta técnica como sendo a fabricação de tijolos através da utilização de solo, selecionado pelos antigos construtores por sua composição arenosa, que são moldados em fôrmas de madeira e secos diretamente ao sol ou a sombra por algumas semanas.

O viajante Richard Burton, em sua descrição da cidade de Barbacena, relata sobre as casas:

“O material de construção favorito é o bem conhecido adobe, o tijolo secado ao sol de México e Salt Lake City; em Minas, é uma massa de barro, pesando uns 15 quilos. Alguns moradores têm, em suas casas, alicerces de pedra, para impedir que a umidade e as chuvas acabem provocando o desmoronamento de tais massas de barro, não levadas ao forno e arrastando-as. O beiral das casas projeta-se para a frente desmesuradamente”.(Burton, 1976, p.85)

O adobe é caracterizado pelo viajante como uma técnica conhecida, que segundo a descrição exige detalhes arquitetônicos, como os “alicerces de pedra” e a projeção do beiral, em vista da sua suscetibilidade a deterioração frente às intempéries. Entretanto, Saint-Hilaire (1975), em sua descrição da Vila do Fanado, demonstra um desconhecimento da técnica, quando ressalta que os “paralelepípedos de barro” são chamados de “adobe ou adôbos” e faz uma descrição do processo executivo.

“Não se constrói em Vila do Fanado como nas partes da província que até então percorrera [...]. As paredes são feitas de paralelepípedos de barro batido com a erva e que se põe a secar ao sol. Esses paralelepípedos têm o nome de adobes ou adôbos”. (Saint-Hilaire, 1975, p. 222)

George Gardner, naturalista escocês que chegou ao Brasil em 1836 e aqui permaneceu até 1841, descreve a Vila das Almas, situada em um recôncavo como “consiste de poucas ruas irregulares, com casas baixas e de mísero aspecto, feitas de grandes tijolos crus, de barro misturado com grama aparada e secados ao sol”. (Gardner, 1975, p. 151).

Gardner descreve a técnica construtiva, de modo que seja possível identifica-la como sendo o adobe, porém essa não é nomeada no texto. E novamente, ocorre uma associação entre a técnica construtiva e a indigência das edificações caracterizadas como “baixas e de mísero aspecto”.

Ao contrário das afirmações de Vasconcellos (1978) os relatos insistem nos adobes secos ao sol. Em viagem a Mali, África, constatamos também que esta é a forma de execução usada contemporaneamente neste país. Digna de nota é também a observação feita por Saint-Hilaire (1975) da adição de “erva” que realmente melhora a qualidade executiva dos adobes diminuindo as suas trincas devido à retração.

4.1.3 Pau-a-pique

O pau-a-pique consiste em uma grade de madeira presa a paus colocados perpendicularmente entre os baldrames e frechais (paus-a-pique), feita por paus roliços de diâmetro entre 10 cm a 15 cm que são amarrados com diversos tipos de cordas (linho, cânhamo, couro) formando uma estrutura capaz de sustentar o barro que será colocado entre os vazios da armação. O barro é arremessado e pressionado sobre a trama de paus, sendo este um sistema caracterizado pela sua leveza, pouca espessura e rapidez de execução. (Vasconcellos, 1979)

Para Saint-Hilaire (1975), o interior de Minas Gerais possuiu um ar de decadência, proveniente do aspecto de desmazelo que as edificações em terra oferecem para a paisagem, já que estas “se estragam facilmente, principalmente por fora”. Também são identificados preconceitos, na descrição do viajante sobre a técnica do pau-a-pique, quando ele a caracteriza como sendo de fácil execução para a construção das “casas dos pobres” e destaca que são frágeis frente às intempéries, já que se “destroem com facilidade extrema”.

“O ar de decadência que tem, em geral, no interior da Província de Minas, os vilarejos e habitações isoladas, decorre também, em grande parte, deve-se dizê-lo de que essas construções, sempre feitas de barro, se estragam facilmente, principalmente por fora. As casas dos pobres são tão fáceis de construir, que qualquer um é seu próprio arquiteto; e, como se verá, essas casas também se destroem com facilidade extrema. Para se erguer as paredes, fincam-se na terra, a pequena distância um dos outros, esteios de madeira toscos, da grossura aproximada de um braço. Com auxílio de alguns cipós, amarram-se a estes ripas transversais muito aproximadas e, quando se completa assim uma espécie de gaiola, enchem-se os intervalos com barro”. (Saint-Hilaire, 1975, p. 94)

Em sua viagem para Roça Grande, passando pelo lugarejo de Praia do Bem Será, Burton se depara com uma fileira de casinholas e descreve sua construção como:

[...] “esteios fincados no chão, suportando um telhado sobre uma armação de madeira; muitas vezes, assim, o telhado fica pronto e são colocadas as portas e janelas antes de aparecerem as paredes. Em seguida é que vem a construção das paredes, com uma armação de varas, que é enchida com barro. Essa curiosa forma de construção é chamada de pau-a-pique ou parede de mão. Onde se conhece o adobe, este toma o lugar do pau-a-pique e do barro. Nessas casas moram os cavouqueiros brasileiros livres” [...]. (Burton, 1976, p.241)

A descrição revela que a técnica era desconhecida pelo autor, pois ele se surpreende com a sua execução, quando expõe “Essa curiosa forma de construção...”. Também é possível constatar que na concepção de Burton, há determinada superioridade do adobe sobre o pau-a-pique, além do fato de novamente a técnica construtiva estar relacionada a populações operárias.

5. CONCLUSÃO

A visão eurocêntrica do século XIX, privilegiava o povo e a cultura européia em detrimento de outras culturas, firmadas na suposta superioridade física, econômica, religiosa e social dos grupos étnicos europeus perante outros grupos, que eram percebidos como exóticos e inferiores (Belluzzo, 1994). A intensidade do olhar que compreende o mundo a partir desse

ponto de vista, e de suas referências, esta impresso nas descrições e relatos, empreendidos pelos viajantes que estiveram no Brasil.

Em uma perspectiva mais individualista, têm-se os valores culturais de cada um dos viajantes, que compreendem a sua formação intelectual, os seus conhecimentos a respeito da arquitetura, os seus conceitos concernentes ao espaço, ao estilo e as formas arquitetônicas, e principalmente as suas concepções relativas à estética e a técnica. Na análise proposta, constatou-se que este “conjunto de valores” foi transportado pelos viajantes para o relato descritivo da arquitetura mineira.

A esse respeito, as descrições panorâmicas das vilas mineiras são impregnadas de “pré-conceitos” que associam forma, volumetria, e uma estética privada de valores, das casas, igrejas e instituições públicas, às técnicas construtivas com terra crua. Do mesmo modo, os elementos arquitetônicos empregados para desempenhar a função de proteção das construções em terra crua, nas estações chuvosas, também são evocados nos relatos com a intenção de denotar a suscetibilidade das técnicas frente a essas condições.

Nos relatos técnicos, foram identificados imprecisões relacionadas ao limitado conhecimento das técnicas em terra crua de alguns viajantes, e a comparação com as técnicas então vigentes na Europa. Essas prerrogativas podem ser entendidas como produto do momento histórico da arquitetura européia. A transposição da fase técnica compreendida pela utilização dos materiais naturais – a pedra, a madeira e o barro – já haviam sido alcançadas na Europa, com a utilização do tijolo cozido e do ferro. Sendo assim, os novos materiais eram entendidos como superiores aos materiais naturais.

Conclusivamente, o estudo dos relatos de viagem do século XIX permitiu a constatação de uma convergência de conceitos negativos a respeito da arquitetura de terra em Minas Gerais, baseados não na qualidade dos materiais e da execução das técnicas em si, mas na representação que esta arquitetura possuía no universo europeu de então.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashurst, John; Ashurst, Nicola. (1995). *Practical building conservation: english heritage technical handbook*. Aldershot. 2v.
- Bardou, Patrick; Arzoumanian, Varoujan. (1979). *Arquitecturas de adobe*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili. 165p.
- Belluzzo, Ana Maria de Moraes. (1994). *O Brasil dos viajantes*. São Paulo: Metalivros; Odebrecht. 3v.
- Burton, Richard Francis. (1976). *Viagem do Rio de Janeiro a Morro Velho*. São Paulo. Coleção Reconquista do Brasil, 36.
- Castello, Lineu. (2007). *A percepção de lugar: repensando o conceito de lugar em arquitetura-urbanismo*. Porto Alegre: PROPARG-UFRRGS.
- Fernandes, Maria. (2008). A Taipa no Mundo. In: *Seminário de Construção e Recuperação de Edifícios em Taipa*. Almodôvar.
- Gardner, George. (1975). *Viagem ao interior do Brasil : principalmente nas províncias do Norte e nos distritos do ouro e do diamante durante os anos de 1836-1841*. São Paulo: Belo Horizonte: Ed. da Universidade de São Paulo, Itatiaia. 260p.
- Houben, H.; Guillaud, H. (1994). *Earth Construction – A comprehensive guide*. London: Intermediante Technology Publications, 362 p.
- Oliveira, M. M. (2005). *O uso da terra na construção da antiga capital da América Portuguesa: uma memória*. In: *Arquitetura de terra em Portugal; Earth architecture in Portugal*. Lisboa: Argumentum.

Luccock, John. (1975). *Notas sobre o Rio de Janeiro e partes meridionais do Brasil*. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 435p.

Mawe, John. (1978). *Viagens ao interior do Brasil*. São Paulo: USP; Belo Horizonte: Itatiaia. 243p.

Oliver, Paul. (1978). *Cobijo y sociedad*. Madrid. H. Blume Ediciones. 181p.

Pohl, Johann Baptist Emanuel. (1951). *Viagem no interior do Brasil: empreendida nos anos de 1817 a 1821 e publicada por ordem de sua majestade o imperador da Áustria Francisco Primeiro*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro. 2v.

Saint-Hilaire, Auguste de. (1974). *Segunda viagem do Rio de Janeiro a Minas Gerais e a São Paulo, 1822*. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: USP.

Saint-Hilaire, Auguste de. (1975). *Viagem pelas províncias do Rio de Janeiro e Minas Gerais*. São Paulo: USP. 378p.

Vasconcellos, Sylvio de (1979). *Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos*. Belo Horizonte: UFMG.

Vasconcellos, Sylvio de (1983). *Arquitetura, dois estudos*. Goiânia: MEC / SESU / PIMEG / ARQ-UGE.

AUTORES

Juliana Prestes Ribeiro de Faria, possui graduação em engenharia civil pela Universidade Estadual de Londrina (2005). Mestranda pela Universidade Federal de Minas Gerais (2009). Atualmente exerce a função de Analista de Gestão, Proteção e Restauro no Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA/MG). É sócia-gerente e responsável técnica da AA Incorporadora Ltda. Recebeu o prêmio de Jovem Empreendedora do Banco do Brasil em 2007.

Marco Antônio Penido de Rezende, Arquiteto, Mestre em Arquitetura, Doutor em Construção Civil (USP, 2003). Professor na Escola de Arquitetura da UFMG. Disciplinas: Técnicas Retrospectivas, História das Técnicas, Arquitetura de Terra, na Graduação e Pós-Graduação. Consultoria, pesquisas e artigos na área de arquitetura de terra, conservação das construções, história das técnicas, arquitetura vernácula, inovação tecnológica.



UM OLHAR SOBRE OS MIRANTES DE SÃO LUÍS: ESTUDO SOBRE A TIPOLOGIA CONSTRUTIVA

Margareth Gomes de Figueiredo¹, Humberto Varum², Aníbal Costa³

¹ Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal

¹margothgf@hotmail.com, ²hvarum@ua.pt, ³agc@ua.pt

Palavras-chave: mirantes, tipologia construtiva, taipa de mão, arquitetura pombalina

Resumo

A cidade de São Luís do Maranhão possui um significativo acervo arquitetônico, artístico, histórico e urbanístico, com cerca de 1.400 imóveis remanescentes dos séculos XVIII e XIX, tombados pelo governo federal e estadual e inscritos na lista de bens do Patrimônio Mundial da UNESCO, recebendo, em dezembro de 1997, o título de Patrimônio Cultural da Humanidade. O conjunto arquitetônico é um legado do período áureo da economia do Maranhão, que na metade do século XVIII até o final do século XIX, passou por um período de enriquecimento econômico tendo como base de investimento a agro-exportação do arroz e algodão. Na paisagem urbana do centro histórico de São Luís destacam-se, no casario, os mirantes, que ocorrem com frequência na maioria das tipologias de sobrados e casas térreas. São pavimentos que aproveitam parte do desvão da inclinação da cobertura em telha cerâmica, tipo capa e canal, se elevando acima do telhado principal. O sistema construtivo dos mirantes é misto de alvenaria de pedra e cal nas paredes frontal e posterior e pau-a-pique (taipa de mão) nas laterais, apresentando, na sua maioria, janelas para os quatro pontos cardeais, devido ao traçado ortogonal do sítio. Os mirantes, de onde se descortina belas paisagens de São Luís, mais do que um elemento arquitetônico, possuem uma simbologia que confere identidade cultural à cidade, sendo tema recorrente de exposições fotográficas, poesia e prosa da literatura maranhense. No entanto, não se conhece trabalhos científicos sobre sua técnica construtiva e origem, provavelmente sofreu influência das águas furtadas da arquitetura pombalina, como grande parte dos sobrados do século XIX no centro histórico de São Luís. O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre a tipologia e o sistema construtivo dos mirantes de São Luís, como contributo para sua preservação.

1. INTRODUÇÃO

Os telhados coloniais com suas coberturas em telha cerâmica do tipo capa e canal e águas com inclinações em ângulos e recortes variados, além de protegerem as edificações contra as intempéries, e promoverem o conforto térmico-acústico, somam ao casario de sítios históricos uma beleza singular. Nos núcleos brasileiros, como Ouro Preto, Olinda e São Luís, que tiveram a sua formação urbana no período colonial, com implantação em sítios com topografia plana ou acidentada e ruas tortuosas ou ortogonais, são os telhados das casas e sobrados, com suas cumeeiras apontadas, mirantes, águas furtadas e as torres das igrejas barrocas, que determinam no horizonte um perfil que confere identidade formal a cada cidade.

O mirante é um elemento arquitetônico presente em muitas cidades portuguesas e brasileiras. Em São Luís, é considerado como um dos símbolos arquitetônicos mais representativos da morfologia urbana da cidade, devido à presença constante em muitos sobrados e moradas. Por essa distinção que confere valor cultural e autenticidade ao patrimônio edificado de São Luís, foi destaque nacional, em setembro de 2009, pelos Correios com o lançamento do selo “Os mirantes de São Luís” (figura 1).



Figura 1. Selo “Os Mirantes de São Luís”, lançado pelos Correios em setembro de 2009

2. ASPECTOS HISTÓRICOS

Em São Luís, com algumas exceções como o retábulo do altar-mór da Catedral de Nossa Senhora da Vitória (Igreja da Sé), tombado em 1954, como monumento nacional, os exemplares de arquitetura religiosa não têm a mesma suntuosidade de outras cidades coloniais brasileiras. O patrimônio edificado mais significativo é, em grande parte de arquitetura civil, reconhecido em 1997 pela UNESCO como Patrimônio Mundial. Esse acervo, constituído de sobrados com dois, três e quatro pavimentos e moradas térreas em estilos e tipologias variadas, possui, em grande parte, mirantes (figura 2).



Figura 2. Trecho do centro histórico de São Luís com adensamento de imóveis com mirantes
 Fonte: Pesquisa realizada em abril de 2010, pelos alunos: Luísa Ghignatti, Igor Miranda e Thaís Freire Costa, do curso de Arquitetura da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

O expressivo conjunto arquitetônico da metade do século XVIII, até o final do século XIX é um legado da época áurea da economia do Estado do Maranhão que passou por um período de enriquecimento econômico, tendo como base a agro-exportação do arroz e algodão. Essa fase de crescimento econômico foi impulsionada, inicialmente com incentivo do Marquês de Pombal para a criação, em 1755, da Companhia do Grão-Pará e Maranhão.

No conjunto edificado de São Luís, um dos elementos arquitetônicos que mais se destaca são os mirantes, pavimentos que acrescentam mais um ambiente ao imóvel. Situado acima do telhado permite uma visão que descortina o horizonte, através da opção de abertura de vãos para os quatro lados das fachadas, melhorando a iluminação e ventilação do imóvel. O mirante mais do que um elemento arquitetônico que amplia o espaço útil da edificação, pela sua diversidade de tipologia e quantidade de exemplares, adquiriu *status* de um dos símbolos que confere identidade cultural à cidade.

A origem dos mirantes construídos em algumas cidades brasileiras pode ser atribuída à herança das técnicas construtivas trazidas pelos portugueses desde o período colonial. Em São Luís, o acervo se consolidou durante a metade do século XVIII, e até o final do século XIX, sob forte influência da arquitetura pombalina, cuja fachada apresentava sempre trapeiras (águas furtadas ou mansardas), como referido por Figueiredo e Venâncio (2009, p. 10). Segundo Cóias: “As coberturas do edifício pombalino são constituídas por telhado de telha de canudo colocada sobre um guarda-pó ou forro... existem trapeiras, destinadas a melhorar o arejamento e a iluminação, permitindo a utilização habitacional do último piso” (Cóias, 2007, p. 71). Em São Luís praticamente não existem águas-furtadas nem mansardas, acredita-se que o mirante possa ser uma solução de ventilação e iluminação inspirada nas trapeiras da arquitetura pombalina, mas não encontramos documentação que possa comprovar essa hipótese.

Quanto ao uso e função do mirante, Segundo Barreto (1938), o professor Rubem Almeida diz que os mirantes foram construídos com uma função específica de avistar os sinais dos navios quando entravam no porto de São Luís: “De acordo o código de sinais, semafóricos para o dia, para noite cromático, os grandes comerciantes, seus proprietários, entravam em franca comunicação com os navios muito antes de demandarem a barra, sobre a alta ou baixa de preços, quer dos gêneros a chegar, quer dos a partir, entre os quais sobrelevava o algodão”. Nesse mesmo artigo, Barreto cita ainda que o escritor Aluísio Azevedo descreve que nesses mirantes dormiam os empregados da loja, Paulo Thedim Barreto conclui “que ambos podem ter razão, o primeiro por ser grande conhecedor da história do Maranhão, o segundo por ser retratista da vida social de sua terra”.

3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

Diferente das águas-furtadas e das mansardas, que são vãos entre as tesouras do telhado, formando um sótão com janelas que se abrem sobre as águas do telhado, o mirante é uma construção que se eleva acima do telhado, aproveitando parte do vão da cobertura, complementando um piso a mais nas casas térreas ou sobrados.

Os mirantes de São Luís, presentes em solares, sobrados e casas térreas, apresentam-se principalmente, em imóveis com gabarito variando entre um a três pavimentos. Em casos mais raros, encontramos alguns imóveis que possuem mais de um mirante (figura 3).

O mirante situa-se, na maioria dos casos, no eixo central da fachada. Essa posição está diretamente relacionada à circulação vertical (escada) principal do imóvel.

Possui sistema construtivo com dois tipos de alvenaria, as de pedra e cal que correspondem a parede frontal e posterior, e se apóiam diretamente sobre as alvenarias mestres da edificação. As paredes laterais, como surgem em trechos intermediários da sala ou quarto do andar inferior, utilizam apenas apoio nas extremidades. Por essa razão têm a sua alvenaria em material mais leve, como a taipa de mão ou pau a pique, executada sobre uma

viga de madeira, que funciona como se fosse um baldrame, onde são fixadas as peças de pau-a-pique, para armar a trama de varas, por último é feita a vedação com barro.

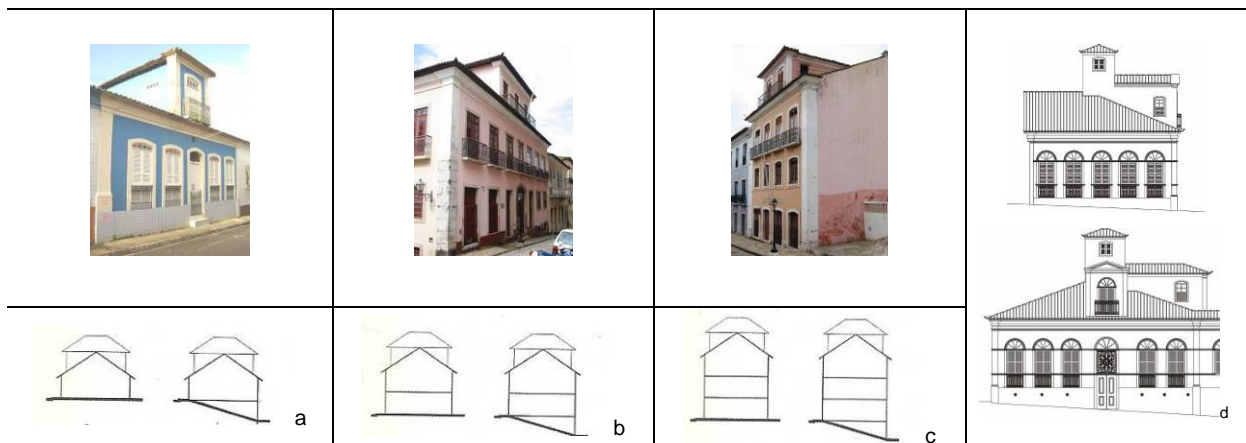


Figura 3. a) Morada inteira com mirante; b) Solar de dois pavimentos com mirante; c) sobrado de três pavimentos com mirante; d) Casa térrea com três mirantes

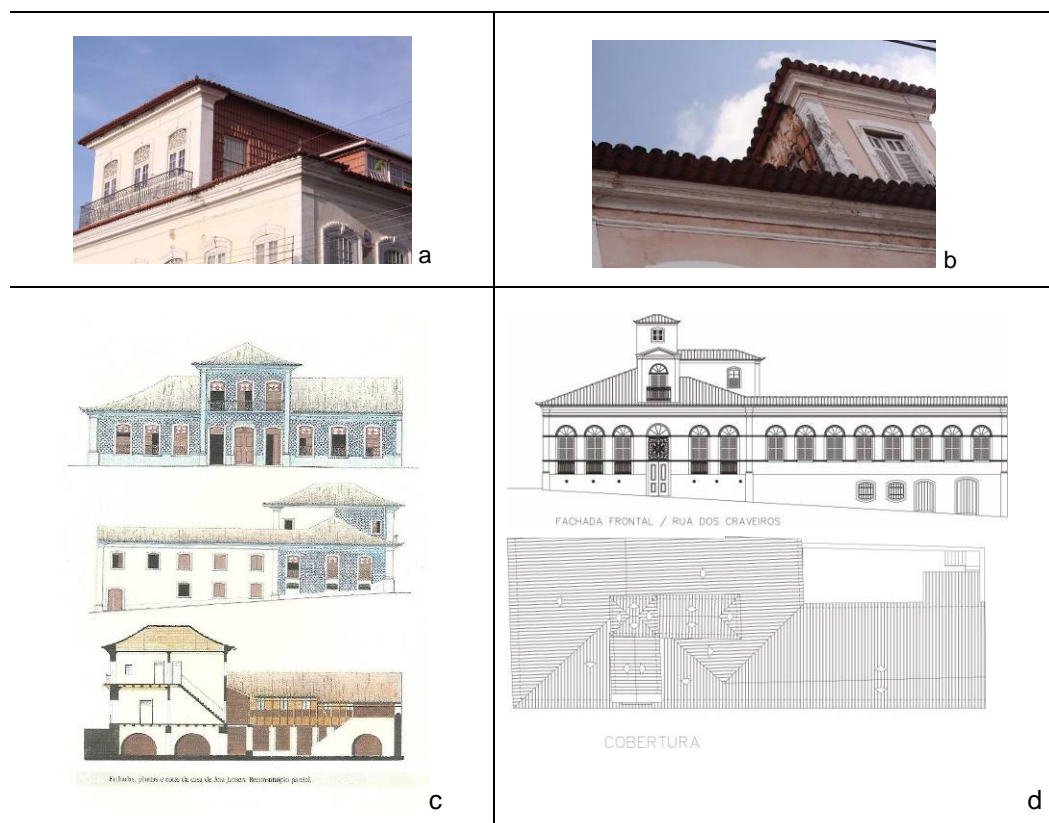


Figura 4. a) e b) Parede lateral do mirante revestida com telha cerâmica; c) Fachadas e corte de mirante; d) Fachada e cobertura de mirante

A tipologia do telhado apresenta três ou quatro águas, com acabamento frontal e posterior em beiral arrematado por cimalha e nas laterais, arremate com cachorros de madeira. Segundo Silva Filho (1986) “Os mirantes apresentam-se em geral, com coberturas de quatro águas e com cumeeira perpendicular a fachada, variando conforme o partido. Os beirais internos são encachorrados ou em caibro corrido, em alguns casos, com tábua de beira”.

Para proteger as paredes de taipa durante os seis meses do ano (janeiro a junho) de intensidade de chuva em São Luís, as alvenarias de taipa voltadas para a orientação leste-

oeste são revestidas em telha cerâmica do tipo capa e canal (figura 4), e em casos mais raros algumas são parcialmente revestidas com azulejos.

O acesso ao mirante é feito por escada mais estreita que a principal, de um único lance, raramente helicoidal. Internamente, embora com altura mais reduzida que os outros ambientes do imóvel possuem pé direito uniforme. Os materiais de acabamento da fachada e do ambiente interno são semelhantes aos dos outros ambientes do imóvel, ou seja, janelas com balcão sacado ou entalado, piso em assoalho, paredes rebocadas e forro em madeira do tipo saia e camisa ou régua lisas.

CONCLUSÃO

A arquitetura de terra no Maranhão, até a presente data, é pouco estudada, seja na preservação das edificações tradicionais ou na pesquisa de novas soluções contemporâneas para arquitetura sustentável, tendo como base técnicas construtivas tradicionais. No que se refere à preservação das alvenarias de terra do tipo taipa de pilão, adobe e taipa de mão, ainda existentes no centro histórico, todo o acervo encontra-se em risco de ser, aos poucos subtraído e/ou substituído por alvenaria de tijolo cerâmico ou outros materiais contemporâneos. Algumas dessas alvenarias são substituídas durante as intervenções devido à falta de conhecimento técnico científico sobre o restauro e mão-de-obra especializada na aplicação de técnicas apropriadas à sua recuperação. Além das intervenções sem critério técnico que promovem demolições por considerarem essas técnicas obsoletas. As edificações em taipa de pilão, que hoje se encontram em número bastante reduzido, são um exemplo do risco de subtração do acervo de arquitetura de terra, segundo Silva Filho “os relatos históricos dão conta de uma boa quantidade de prédios públicos, privados e igrejas construídos nesse sistema...” (Silva Filho, 1986, p. 100).

Os mirantes de São Luís, na sua volumetria, forma e função não correm risco de desaparecer, pois se apresentam como elemento arquitetônico que atribuiu, ao longo do tempo, valor de identidade e autenticidade ao patrimônio cultural local, sendo até reproduzidos em edificações contemporâneas em outros bairros da cidade. O mesmo não se pode afirmar sobre a sua técnica construtiva. Registra-se um número significativo de intervenções que mantêm as paredes em pedra e cal que correspondem a parede frontal e posterior, e substituem as paredes laterais, em alvenaria de taipa de mão por tijolos cerâmicos. Como essas paredes são executadas sobre uma viga de madeira, que funciona como se fosse um baldrame, onde são fixadas as peças de pau-a-pique, para armar a trama de varas, altera-se todo o sistema construtivo, para introduzir, no lugar do antigo baldrame, uma viga de concreto para apoiar a nova parede de tijolo cerâmico, a exemplo do que aconteceu, no Palácio Cristo Rei, (figura 4 a), sede da Reitoria da Universidade Federal do Maranhão, após o incêndio de 1991.

Considerando-se que o valor a preservar em cada edifício histórico não se restringe apenas a elementos isolados, mas sim a conservação da integridade da construção. As intervenções que promovem a remoção das alvenarias internas em terra comprometem o valor de autenticidade do monumento, contrariando um dos princípios básicos das recomendações do ICOMOS (2004, p. 7).

Considerando a recomendação da Carta de Nara que, “dependendo da natureza do patrimônio cultural, seu contexto e sua evolução através do tempo, os julgamentos quanto à autenticidade devem estar relacionadas à valorização de uma grande variedade de pesquisas e fontes de informação” (IPHAN, 2000, p. 322).

Concluí-se que, muitos estudos e pesquisas sobre a representação sócio-cultural e técnicas construtivas dos mirantes em São Luís do Maranhão, nos diferentes aspectos que envolvem a conservação do patrimônio cultural edificado, ainda se fazem necessários. O presente artigo não pretende esgotar a discussão sobre o tema, mas contribuir como uma pequena parcela para a salvaguarda do patrimônio cultural edificado em São Luís, na medida em que

apresenta um estudo sobre as técnicas construtivas em terra, dos mirantes edificadas nos séculos XVIII e XIX.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barreto, Paulo Thedim (1938). O Piauí e sua arquitetura. *Revista do IPHAN Nº 02*, p. 210-211.

Cóias, Vítor. (2007). *Reabilitação estrutural de edifícios antigos*. Lisboa: GECORPA/Editora Argumentum. p. 71.

Figueiredo, Margareth; Venâncio, Luisa (2009). A influência pombalina nas edificações dos Centros Históricos de São Luís e Alcântara: Um estudo a partir dos sistemas construtivos. In: *Anais Terra Brasil 2008*. São Luís: UEMA/PROTERRA.

ICOMOS. (2004). *Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico*. Universidade do Minho, Dep. Engenharia Civil.

IPHAN (2000). *Cartas Patrimoniais*. 2. edição. Rio de Janeiro: Edições do Patrimônio/IPHAN.

Silva Filho, Olavo Pereira (1986). *Arquitetura Luso-Brasileira no Maranhão*. Belo Horizonte: Efecê.

AUTORES

Margareth Gomes Figueiredo, arquiteta, mestre em Conservação Urbana pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Professora Auxiliar do Curso de Arquitetura da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA. Doutoranda do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Portugal. Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA.

Humberto Varum, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. Principais interesses de investigação no âmbito da avaliação, reabilitação e reforço das construções existentes e da engenharia sísmica. É membro de várias associações científicas nacionais e internacionais.

Aníbal Costa, Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Desenvolve a sua actividade científica na Área da Reabilitação e Reforço das Estruturas e Engenharia Sísmica. Fundador do NCREP (Núcleo de Conservação e Reabilitação de Edifícios e Património), integrado na Secção de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da FEUP. Vice-Presidente da SPES (Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica).

**Reflexões científicas sobre a produção
arquitetônica contemporânea com terra;
inventário da produção nacional; soluções para
desafios atuais (produtividade, detalhamentos
construtivos, levantamento de técnicas
construtivas, custos, interface entre materiais,
adequação da terra ao contexto ambiental atual).**



Tema 3

Arquitetura contemporânea



ALENTEJO – TERRA ACTUAL

Filipe Jorge

ARGUMENTUM Edições Estudos e Realizações.

Rua Antero de Figueiredo, 4 C 1700-041 LISBOA

Tel celular: +351 96 273 9449. E-mail: filipejorge@argumentum.pt / geral@argumentum.pt

Palavras-chave: nova arquitectura em terra, sustentabilidade, contemporaneidade

Resumo

A construção e a arquitectura de terra tem vindo a desenvolver-se consideravelmente em Portugal nos últimos 15/20 anos. A 9ª conferência internacional realizada em Silves, Portugal, em 1993 é disso, por certo, causa e consequência. Já nessa altura surgiram obras novas, com grande interesse arquitectónico vindas de uma geração senior que voltava à consciência das técnicas de construção tradicional. De então para cá, novas gerações de arquitectos, engenheiros, construtores e autarcas começaram a interessar-se pela arquitectura de Terra e pelas técnicas tradicionais de construção. Uma nova visão surgiu, e uma nova atitude de grande contemporaneidade tem sido modo de estar das novas gerações de arquitectos e construtores. O resultado é hoje um património contemporâneo constituído por dezenas de obras construídas em terra com uma linguagem actual, que tem vindo a ser uma referência para técnicos, investigadores, professores e estudantes de vários países do mundo que visitam Portugal.

“Los tiempos en que el barro era el material de construcción de los pobres ya han pasado. Hoy se construyen con él casas para gente rica. Pero por desgracia, el Estado sigue sin encontrar barro para la construcción de viviendas sociales”
Elie Mouyal, Arquitecto, Marrakech (2003, p. 60)

1. A CONSTRUÇÃO COM TERRA ATÉ UM PASSADO RECENTE

Durante séculos a utilização da terra na construção foi essencialmente ditada pela necessidade e não por ser uma opção construtiva escolhida.

Para as populações com baixos recursos económicos, a terra foi, ao longo de várias gerações, talvez o único material acessível e disponível para a auto-construção de habitações ou de outras construções no espaço rural.

Sendo uma matéria-prima abundante por todo o lado, com excepção para as áreas onde o terreno é rochoso, e encontrando-se perto ou mesmo no próprio local escolhido para a construção, a terra oferece um vasto leque de modos e técnicas de utilização.

A sua fácil acessibilidade, a relativa simplicidade das tecnologias utilizadas, as suas generosas características e fundamentalmente o baixo custo da construção no seu conjunto, aliadas à perenidade das construções, fizeram da terra crua o principal material usado na edificação não só de habitações rurais como, também, da quase totalidade dos aglomerados rurais do sul de Portugal.

Observando a distribuição geográfica das diversas técnicas de construção, verificamos que, em Portugal, mais de metade do chamado país rural foi edificado em terra.

No entanto, apesar da importância cultural e sócio-económica desta situação, a verdade é que chegámos a meados do século XX com uma grande quantidade de edificações abandonadas ou em ruínas.

O abandono dos campos, as migrações das populações que construíram em terra, um certo desenvolvimento económico e tecnológico a par da disseminação de técnicas que

acompanharam o crescimento demográfico a partir da segunda metade do século XX e a consequente aculturação das duas últimas gerações, são fenómenos que poderão, em parte, justificar este estado de coisas.

Com a entrada no 3º quartel do século XX, coincidindo com a restauração do regime democrático em Portugal (1974), para as novas gerações a simples ideia de construir a sua própria casa em terra, é sinónimo de pobreza e subdesenvolvimento e, assim interiorizada essa conotação social negativa, a construção em terra continuou a ser claramente rejeitada e abandonada. Esta situação que já vinha de trás e que se manteve por um período de 4 ou 5 décadas, é um fenómeno que só se começou a alterar em meados dos anos 80.

2. A NOVA CONSTRUÇÃO COM TERRA

A nova construção com terra ou a designada arquitectura contemporânea, predominante em taipa, aparece nos últimos 20 anos em regiões bem demarcadas, quer no Algarve, quer na faixa ocidental (SW) da Região do Alentejo, vulgarmente designada por Litoral Alentejano.

Esta nova fase de construção em terra teve início em meados dos anos 80, algum tempo depois de se constatarem profundas mudanças no mundo rural, cuja repercussão mais visível na paisagem foi, como dissemos, o abandono das casas a sua degradação e ruína.

Esta nova arquitectura de terra afirma-se, assim, numa primeira fase, através da reabilitação e do restauro, procurando dar resposta a uma realidade em ruptura com o passado.

Num segundo momento, e com base em certas referências construtivas e culturais já assimiladas, abriu-se o caminho para uma geração de obras novas onde é bem visível uma forte preocupação de entendimento e pesquisa de valores plásticos, estéticos e programáticos.

Importa aqui referir desde já que a sensibilização para estes problemas, bem como os investimentos nesta rota de recuperação de uma certa imagem do cenário rural é protagonizada por um estrato social oriundo das classes médias urbanas que, contrariamente às populações autóctones, se decide pelo êxodo dos centros urbanos, procurando a tranquilidade, um novo projecto de vida e/ou uma estrutura de valores alternativa à vida urbana.

Tal situação é bem interpretada pelo antropólogo Pedro Prista (2006, p.47), que refere:

“Esta maior frequência de edifícios novos em taipa no SW cria uma condição particularmente favorável ao questionar de algumas dimensões sociais e culturais do fenómeno. Sinal de acentuada reorientação funcional dos campos e da sua consagração como património de valências múltiplas, estas casas em taipa são também o sintoma do cruzamento de destinos sociais inversos sobre os mesmos territórios, confundidos sob uma alusão plástica comum. A obra nova em terra arrisca assim consolidar na paisagem uma intuição de continuidade e de renovo que aparece fixada nestas casas de uma modernidade fortemente evocativa de ruralidades imemoriais. Neste sentido o idioma da taipa presta-se a albergar equívocos, mas também a esclarecer o seu próprio estatuto enquanto património cultural vivo, e estas novas edificações oferecem uma boa ocasião para o fazer”.

Temos pois que a escolha da taipa é agora não a expressão de uma necessidade económica, mas uma opção clara e determinada por um material “novo” que apesar de tradicional surge agora com novas conotações, uma nova imagem plástica (a terra à vista) e uma nova perspectiva ecológica na relação do edifício com a paisagem e dos habitantes com o ambiente.

A nova arquitectura em terra responde maioritariamente a programas de habitação unifamiliar, quer seja 1ª ou 2ª habitação, e só em casos pontuais a pequenos e médios equipamentos.



Figura 1. Habitação unifamiliar, Monte dos Troviscais, Odemira. Arq.º Alexandre Bastos

Este ressurgimento da taipa como tecnologia contemporânea, fruto de um certo reencontro com técnicas e modos de produção tradicionais, não é por certo alheio ao desenvolvimento de diversos trabalhos e pesquisas no campo da arqueologia e etnografia, situação que ocorre em paralelo de uma recente retoma do ensino dessas técnicas em escolas de formação média técnico-profissional.

Também no plano internacional o incremento do inventário e da reabilitação das construções em terra, a publicação de obras e manuais de referência nesta matéria, a disseminação e divulgação da terra em exposições itinerantes pelo mundo e outras de carácter nacional contribuíram para a consciencialização dos técnicos e o surgimento de projectos de obras novas exclusivamente construídas em terra.



Atelier Alexandre Bastos, Cortinhas, Odemira. Arq.º Alexandre Bastos



Habitação unifamiliar, São Teotónio, Odemira. Arq.º Henrique Schreck

3. QUE FUTURO PARA A ARQUITECTURA E CONSTRUÇÃO EM TERRA?

Face aos exemplos que apresentámos, ficou bem visível como, na produção de Arquitectura de Terra, é predominante a habitação unifamiliar de promoção privada, facto que fez despertar, também, o interesse de alguns empreiteiros por este tipo de obras e de clientes.

No entanto, assistimos também ao surgimento de obras com outras funções, muito relevantes pela sua qualidade espacial e construtiva; são casas de uso colectivo federadas nas tipologias de turismo de habitação e turismo rural, que aqui e ali vão surgindo, e constituem bons exemplos de como uma aposta de construção em terra, quer em recuperação quer em obra nova, se vai credibilizando junto de um público vasto e colhendo a preferência de um mercado que cada vez mais pretende qualidade ambiental, integração paisagística, reabilitação sustentável e investimento de sucesso.

O futuro da construção em terra será sem dúvida proporcional à consciência da necessidade de agir coerentemente no actual contexto económico e, com base num crescente saber adquirido em estudos académicos e laboratoriais e dominando tecnologias ancestrais.

Um cada vez maior conhecimento do património arquitectónico vernáculo e tradicional permite empreender, com segurança, projectos e obras de restauro, recuperação e reabilitação de edifícios existentes, tanto mais que os tempos são de reconverter pré-existências e racionalizar recursos e investimentos.

Por outro lado a consciência dos tempos actuais, com todas as suas condicionantes mas também com todos os estímulos e desafios, de que a recuperação e aplicação cada vez mais experimentada e difundida das tecnologias tradicionais vem permitindo, será o suporte do caminho que teremos que percorrer na concepção e concretização de obras novas e actuais, que terão que reflectir o saber ancestral na sua mais expressiva contemporaneidade.



Habitação unifamiliar, Odemira. Arq.^a Graça Jales

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Mouyal, Elie (2003). *Vivir bajo la media luna. Las culturas domésticas del mundo árabe*. Weil am Rhein: Vitra Desing Museum.

Prista, Pedro (2006). *Morar na terra*. In: *Terra: Forma de construir*. 10^o Mesa Redonda de Primavera. Universidade do Porto. Lisboa; Vila Nova de Cerveira: Argumentum; Escola Superior Gallaecia. p. 47-50.

AUTOR

Filipe Jorge, arquitecto, fotógrafo e editor. Pós-graduado em Recuperação de Património Arquitectónico e Urbano, Universidade de Évora. Editor de temas de arquitectura, património e fotografia aérea. Membro das seguintes organizações: Ordem dos Arquitectos (Portugal), do ICOMOS, da Rede Ibero-americana PROTERRA. Membro da Direcção da Associação CENTRO DA TERRA (Portugal).



ANÁLISE DA TECNOLOGIA CONSTRUTIVA UTILIZADA EM COMUNIDADES DA ZONA RURAL DE TERESINA, PI, BRASIL

**Danilo Sérgio Araújo¹, Josinara Mendes Ribeiro²,
Mariana Furtado de Paiva³, Sandra S. Saraiva de Alexandria⁴**

(1) Instituto Camillo Filho – danilo_servio@yahoo.com.br

(2) Instituto Camillo Filho – josinara_mr@hotmail.com

(3) Instituto Camillo Filho – mari.fur@hotmail.com

(4) Dept de Construção Civil e Arquitetura, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Piauí – s3arquitetura@yahoo.com.br

Palavras-chave: taipa de sopapo, técnicas tradicionais, sustentabilidade.

Resumo

A urgente necessidade de um modelo sustentável na construção de moradias, principalmente as de baixo custo, tem movido o setor envolvido: arquitetos, construtoras, universidades e pesquisadores, que buscam não apenas soluções que apresentem vantagens econômicas. Aspectos sociais, econômicos, ambientais e antropológicos são bases para a discussão e a busca desse novo paradigma. O déficit habitacional no Brasil é uma realidade que precisa ser abordada em todas as suas variáveis. Métodos alternativos e tradicionais são uma solução mais barata e sustentável e pode vir a subsidiar esses projetos. Este trabalho, de levantamento e análise do processo de construção utilizado por comunidades rurais de Teresina, tem por objetivo o registro do modo de fazer dessas comunidades e demonstram sua importância como solução construtiva para as camadas sociais menos privilegiadas. No Baixão do Carlos, povoado da zona rural de Teresina, capital do estado do Piauí, foram encontrados exemplares executados pela população local, em taipa de sopapo, que merecem destaque pelo grau de qualidade final e por serem resultado de uma tradição cultural que não foi abandonada pela população da região. Esses exemplares foram objeto de estudo das práticas tradicionais de construção com terra, empregadas no Estado. Através de entrevista, registro fotográfico e acompanhamento simultâneo da obra foi possível descrever o processo construtivo utilizado para a execução de uma residência de taipa de sopapo, fazer uma análise tipológica e da forma de aplicação do sistema construtivo, além de descrever os materiais mais utilizados. Diante dos resultados encontrados, com um olhar mais voltado para a sabedoria e a improvisação no uso da técnica agregados, percebe-se não só enorme valor cultural, como também valor social. O modo de fazer utilizado na região se mostra eficiente, embora com necessidades de melhoramento, o que, no entanto, não diminui seu valor como objeto de estudo e referência.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a problemática ambiental e os inúmeros fatores por elas gerados vêm se tornando fator comum às sociedades, devido à consequência do mau uso dos recursos naturais pela humanidade. É bastante perceptível através dos meios de comunicação, a velocidade com que as agressões à natureza tornam-se um fator comum no dia-a-dia do homem, e em virtude de tais atitudes vem as respostas cada vez mais acentuadas.

Em razão destes atos prejudiciais Odum compara o homem a um “parasita”, dizendo que: “até a data, e no geral, o homem atuou no seu ambiente como um parasita, tomando o que dele deseja com pouca atenção pela saúde de seu hospedeiro, isto é, do sistema de sustentação da sua vida” (Odum, 1997, p. 811).

Em nações capitalistas onde o que vale é a competição de mercado, o lucro a qualquer custo e a exploração, danos desastrosos são causados e os recursos naturais cada vez mais ficam escassos. Isso tem tornado mais distante a possibilidade de uma sociedade consciente, equilibrada e sustentável. Segundo John (1996), a construção civil consome grande quantidade de materiais, especialmente em países como o Brasil, que continuam

ampliando significativamente seu ambiente construído, acarretando assim em grande consumo de energia.

A construção civil é um dos maiores impactadores do meio ambiente devido ao grande número de recursos naturais que utiliza direta ou indiretamente, por isso a busca de soluções sustentáveis é de fundamental importância para amenizar a crise ambiental. Krüger (2003) alertou para o fato que, a atividade de construir constitui uma intervenção no meio ambiente, modificando drasticamente, não só o local da construção, como também refletindo em grande número dos recursos ambientais, envolvidos no processo. Inúmeros modelos e métodos construtivos estão sendo desenvolvidos em busca de maior eficiência. Em todo o mundo tecnologias tradicionais, como a arquitetura vernácula e feita de terra, voltam a ser foco de pesquisa e aplicação devido a sua facilidade de emprego e abundância de material básico.

A terra sempre foi um material de construção usado nas regiões de clima quente e notadamente nas regiões onde as condições não permitem construir com materiais industrializados. As técnicas são bastante antigas e seu uso se dá principalmente pelo homem do campo, que aprende com seus antepassados e passa a adotá-la por necessidade. Daí a errônea concepção de que este tipo de habitação é utilizado por pessoas que não tem outra opção de moradia. O emprego das técnicas tradicionais de construção com terra, remonta ao tempo da colonização do Brasil. Essas técnicas são alternativas que vem demonstrando seu potencial como forma de construção em harmonia com conceitos de sustentabilidade devido à sua facilidade de aplicação e abundância de material básico, a terra.

Este trabalho visa analisar o processo construtivo empregado nas localidades da zona rural no município de Teresina, capital do estado do Piauí, possibilitando a interação direta dos estudantes do curso de arquitetura com a forma tradicional de construção da taipa de sopapo, demonstrando sua importância como solução construtiva e reconhecendo o emprego de materiais alternativos utilizados pelos moradores locais.

A metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos neste trabalho foi através de: pesquisa bibliográfica acerca do tema; pesquisa de campo através de entrevista com o proprietário/construtor da obra analisada; acompanhamento das etapas de construção; levantamento de dados; registros fotográficos e análise dos resultados encontrados.

2. O USO DA TERRA COMO ELEMENTO CONSTRUTIVO NO BRASIL

Os primeiros homens utilizaram, para a construção dos seus abrigos, essencialmente, materiais naturais, abundantes e acessíveis, como a madeira, as folhas, as ramas e a palha. De vida nômade, não havia a preocupação com uma construção mais durável, os abrigos eram apenas temporários, mas há mais de 10.000 anos, à medida que os hábitos se modificavam e o homem evoluía para um modo de vida sedentário, passou a adotar outros materiais, também disponíveis na natureza, mas que possibilitavam um caráter mais permanente e duradouro às suas construções: a terra e a pedra.

A aplicação da terra como elemento construtivo no Brasil, começou no período colonial. Com os portugueses vieram as técnicas do adobe, taipa de sopapo ou pau-a-pique e taipa de pilão. Estas técnicas construtivas com terra foram adotadas desde o início da colonização em todo território brasileiro. A diversidade ambiental e cultural foram fatores importantes no seu desenvolvimento, sofrendo algumas adaptações de acordo com as regiões do Brasil onde eram aplicadas. Segundo Sousa (1996, apud Alexandria, 2006), nas localidades do Brasil onde a pedra era rara e de difícil extração, prevaleceu à arquitetura de terra crua sob diversas formas de construção.

Alguns registros mostram que os negros também influenciaram na forma de execução dessas construções, pois conheciam processos construtivos que utilizavam a terra como matéria-prima. Eles empregavam estruturas de madeira preenchidas com barro, que

apresentam similaridades com as técnicas da taipa de sopapo, apesar de serem mais rústicas e mais próximas das técnicas utilizadas atualmente pelas comunidades carentes em algumas regiões do Brasil, mais conhecidas como pau a pique. A taipa de pilão, outra técnica de construção de paredes, foi muito empregada na construção de casarões, mosteiros e igrejas há mais de 250 anos. A taipa de sopapo e o adobe ainda hoje são muito utilizados no meio rural e no sertão central e nordestino (Vasconcelos, 1977 apud Alexandria, 2006).

3. TECNOLOGIAS DE TERRA COMO ALTERNATIVA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Hoje, diversos conceitos transmitidos sobre a sustentabilidade têm fundamento em algumas teorias, o documento 'Nosso Futuro Comum' traz o conceito de Sustentabilidade associado ao conceito de Desenvolvimento, e diz que: "O desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades." (Zancheti, 2002, p.3). Esse conceito mostra a importância de se extrair os recursos naturais de forma consciente, assim como na arquitetura vernácula, na construção com terra, ou de modo mais amplo na arquitetura sustentável. Segundo Martin et al:

"Na arquitetura sustentável destacam-se o planejamento territorial, a proteção da paisagem natural, a eficiência energética do edifício, a correta especificação dos materiais e o reaproveitamento de edifícios existentes. Além disso, tem o papel de proporcionar e manter o bem-estar da população em geral e particularmente dos usuários das edificações, respeitando aspectos sociais, culturais e econômicos" (Martin et al, 2008, p.1)

A construção com terra traz em sua essência a utilização de materiais que não passam por etapas de industrialização evitando, assim, a produção de CO₂ no processo produtivo e de transporte, reduzindo a poluição atmosférica. A terra é um material em abundância no planeta, seu uso na construção traz grandes benefícios ambientais, além de construtivos entre eles a facilidade de aplicação. O fato de ser um material natural, ecológico, reciclável e sustentável, mostra seu diferencial positivo perante outros materiais. Além dos fatores ambientais citados, a que se pensar também na sua sustentabilidade cultural, pois está inserido na tradição de construção popular.

A taipa de sopapo, método construtivo no qual se pode empregar apenas materiais *in natura* na edificação das paredes, como o barro (solo escavado), pedra, madeira, cipó e palha, nos mostra o quanto pode ser eficiente a utilização de materiais naturais quando bem aplicados pelo homem.

4. ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS UTILIZADAS

4.1. Descrição do processo construtivo

A tecnologia construtiva utilizada nesta edificação é um exemplo de técnica que está de acordo com os princípios da sustentabilidade, que faz o uso consciente dos recursos naturais, juntamente com a aplicação da técnica na sua forma tradicional de execução, que demonstram os conhecimentos e habilidades na aplicação da mesma, além de aplicarem materiais locais que possibilitam a independência dos materiais industrializados.

Durante os finais de semana, foi acompanhada a execução da obra onde aconteciam reuniões dos alunos e professor com o proprietário/construtor, que juntos executaram todo o trabalho de construção. Houve um trabalho de acompanhamento do processo, juntamente com registros fotográficos que serão descritos a seguir.

A edificação foi implantada em terreno parcialmente plano que foi limpo para que se iniciasse a construção, removendo tocos, vegetação e algumas irregularidades. Segundo

experiência prática do proprietário/construtor o solo do local é argiloso, ou seja, tem o teor de argila satisfatório para ser empregado na taipa de sapapo.

Após demarcação da posição das paredes com a linha de prumo, foi feita a etapa de execução da fundação de base das forquilhas para a sua fixação. As cavas tinham 50 cm de largura por 80 cm de profundidade e foram preenchidas com pedras graúdas encontradas no entorno e apiloadas para a fixação dessas forquilhas estruturais. Dessa forma foram fincadas em valas individuais as forquilhas de canto, de encontro das paredes e as de cumeeira. As madeiras utilizadas foram: Grão-de-bode (*Swartzia oblata*), Caneleiro (*Pachyramphus castaneus*) e Pau-d'arco (*Tabebuia serratifolia*). O proprietário/construtor Antônio Silva Araújo¹ afirma que poderia ser usado cimento Portland na argamassa de preenchimento das valas, que serviria para dificultar o processo de decomposição da madeira abaixo do solo. Outro recurso utilizado tradicionalmente é envolver a base das forquilhas com material plástico antes destas serem fincadas no solo.

Para a estrutura do entramado das paredes, também foram usadas madeiras encontradas no entorno. Pau-de-rato (*Caesalpinia bracteosa*) e Violeta (*Peltogyne catingae*) foram utilizadas para as varas verticais espaçadas a cada 30 cm. Uma vala corrida de 40 cm de profundidade foi aberta na extensão de todas as paredes onde foram fincadas as varas verticais do entramado. As valas foram preenchidas com pedras encontradas no entorno apiloadas e a terra que foi escavada.

O esqueleto horizontal, composto apenas por talas de coco Babaçu (*Orbignya phalerata*), foi amarrado nas varas verticais com uso de barbante, a uma distância média de 15 cm uma da outra. Também poderia ser utilizado o Cipó-de-escada (*Bauhinia glabra Jacq.*) e embira de Sapucaia (*Lecythis ollaria*), encontrada na vegetação da região, que é muito mais resistente que o barbante (figura 1).



Figura 1 – Entramado na área externa, entramado na área interna e fundação das varas do entramado (crédito: Paiva, 2009)

A altura do pé-direito do entramado foi finalizada com a fixação de linhas de Pau-d'arco, Laranjinha e Canduru, que fazem a função de vigamento. Depois deste cintamento, o entramado segue até a altura de cumeeira. O uso do prego é muito reduzido, apenas no encontro do encaixes das vigas e pontaletes e na fixação de caibros e ripas da cobertura.

Depois da execução do entramado das paredes, foi iniciada a cobertura da casa para evitar que a madeira pegasse sol e chuva e para que o trabalho de barreamento fosse feito à sombra. A cobertura foi composta de duas águas simples (figura 2). Foi empregada a telha cerâmica tipo capa-e-canal e a estrutura foi feita com madeira roliça de Pau-d'arco e Unha-de-gato (*Uncaria tomentosa*) retiradas no entorno. As ripas foram talhadas a facão, num processo bastante artesanal, retiradas do Pati (*Syagrus pseudococos*). De acordo com informação verbal do proprietário/construtor, a palha de Babaçu é uma boa solução térmica e de baixo custo para o recobrimento de cobertura, porém a região sofre muitas queimadas durante o período seco e isso torna o uso da palha um perigo constante de incêndio, por isso sendo evitado (figura 2).



Figura 2 – Estrutura da cobertura, vista externa e beiral (crédito: Paiva, 2009)

Para a execução do cheio, etapa seguinte que preencheria a trama de madeira das paredes, foi escolhido um barreiro situado nas proximidades da construção e selecionado apenas pela experiência prática do proprietário/construtor. A primeira camada de solo com 20 cm de profundidade foi descartada por conter muita matéria orgânica e ser pouco argilosa. A terra (solo escavado) que seria utilizada era armazenada dentro da casa para se conservar seca, longe das chuvas e dos animais. A escavação do barreiro era feita até a profundidade de 1,20 m.

O barro foi preparado no momento do cheio das paredes, somente com a adição de água. Misturado a princípio com a enxada e depois amassado com os pés. Para o preenchimento do entramado foram feitas camadas intercaladas do barro, que é colocado com as mãos, e camadas de pedras pequenas que foram recolhidas no entorno do terreno. Isso assegura uma economia na quantidade de terra que será escavada e também ajuda na resistência final da parede. Essa etapa deve ser executada por duas pessoas, uma dentro da casa, que coloca as camadas de barro, e outra do lado de fora, que coloca as camadas de pedra, intercalando uma e outra (figura 3).



Figura 3 – Preenchimento do entramado e amassamento do barro com os pés (crédito: Paiva, 2009)

Após a etapa de colocação do cheio das paredes, seu nivelamento é feito através do lançamento seqüencial do mesmo barro, com adição de um pouco mais de água, para que ele se fixe melhor na parede. O barro é arremessado em pequenas quantidades, ao longo de toda a parede, de baixo para cima. O primeiro alisamento é feito com a ponta dos dedos no momento em que o barro está sendo lançado.

Depois de cheias, niveladas e secas as paredes, define-se a posição das janelas e os buracos são recortados nas paredes com o auxílio de ferramentas (talhadeira, martelo e serrote). Essa forma de execução dispensa o uso de vergas e contra-vergas nos vãos que são abertos para a fixação das esquadrias e as próprias forras das janelas farão a função de verga e contra-verga (figura 4).



Figura 4 – Colocação das janelas (crédito: Paiva, 2009)

As instalações hidráulicas foram feitas antes do reboco das paredes, apoiadas sobre a estrutura de madeira do entramado e ficaram embutidas no reboco. Chuveiro, bacia sanitária e pia no banheiro e na cozinha foram as instalações executadas.

As instalações elétricas foram fixadas na estrutura de cobertura, descendo apenas tomadas e interruptores que foram instalados na parede. Não são utilizados eletrodutos embutidos no reboco, apenas a fiação, por motivos de economia (figura 5).



Figura 5 – Instalação elétrica semi-embutida na parede (crédito: Paiva, 2009)

No reboco liso foi utilizado o mesmo barro de execução das paredes, a diferença é que a terra escavada nessa etapa final da construção foi encontrada no fundo do barreiro e contém menos matéria orgânica e pedriscos. Quando há, na sua composição grande quantidade de argila, acrescenta-se areia para que não haja fissuração. Para detectar se é necessária a adição de areia são feitos testes de aplicação de camadas em algumas paredes e espera-se secar para saber se surgirão trincas. Após a parede seca, verificou-se a presença de fissuras e adicionou-se duas quantidades de areia para uma de barro. Nesta etapa, o lançamento do barro foi feito manualmente em pequenas quantidades, e seu acabamento foi feito com o auxílio de desempenadeira (figura 6).



Figura 6 – Aplicação do reboco liso (crédito: Paiva, 2009)

Para a finalização, as paredes externas da edificação receberam uma impermeabilização até a altura de 1 m do piso, com argamassa de cimento e areia no traço 1:6 com o objetivo de proteger a taipa contra os respingos da chuva, não havendo registros de descolamento. Nas paredes internas, a mesma impermeabilização foi feita com 10 cm de altura do piso e é chamada de rodapé.

Para a execução do contrapiso foi feito o aterro do interior da construção para o seu nivelamento, elevado em torno de 15 cm em relação ao piso exterior. Foi utilizado o cimento queimado com a adição de pó xadrez para acrescentar-se cor. No banheiro, o piso foi revestido com cerâmica, além de suas paredes até altura de 1,20 m. Foi feito o uso de argamassa de assentamento para a cerâmica.

No entorno da construção foi feita uma calçada cimentada com largura um pouco menor que a do beiral, para que a chuva não caia sobre ela e respingue na parede.

5. CONCLUSÃO

Um dos desafios constantes da arquitetura nos dias atuais, é demonstrar que projetar edifícios com materiais alternativos ou sustentáveis, não significa produzir uma arquitetura que se utiliza de alta tecnologia, sofisticada, cara, demandadora de fontes e energia ou, ao contrário, que seja uma arquitetura precária ou deficiente. Significa, sim, uma arquitetura de soluções técnicas simples e acessíveis, articuladas em projetos, que têm como base conceitos de ecologia urbana, planejamento ambiental, sustentabilidade e moradia digna. Também não se pode perder de vista fatores essenciais para essa arquitetura sustentável, como os condicionantes e os determinantes geográficos, climáticos, econômicos e os recursos locais de cada região.

A taipa de sopapo ainda é uma técnica bastante empregada na zona rural do município de Teresina e em todo o estado do Piauí. Conceitualmente permite a adição de novos conhecimentos e procedimentos que venham aprimorá-la, aumentando sua durabilidade ou simplesmente adaptando-a às características e peculiaridades da região em que é empregada e utilizando-se da matéria prima encontrada no local. À medida em que são analisados novos conceitos, como o de sustentabilidade, estes vão sendo incorporados à técnica, sem, no entanto, alterar suas características essenciais.

A necessidade faz com que o homem procure sempre adaptar-se ao local da melhor forma possível, usando os recursos que estão disponíveis; neste caso as madeiras nativas, o barro e a pedra. No povoado Baixão do Carlos, a comunidade que vive no local, com poucos recursos e sem acesso aos materiais mais nobres e industrializados, encontrou formas de se adaptar a estes condicionantes locais utilizando os recursos disponíveis na região e empregando as técnicas construtivas que foram aprendidas e repassadas de pai para filho. Esse é o conceito de sustentabilidade que foi incorporado ao processo tradicional de construção, alie-se a isto o fato de que o solo e a pedra empregados foram retirados do próprio terreno e as madeiras são encontradas na mata do entorno, ambos de forma não intensiva.

Todas as etapas e procedimentos utilizados para a construção da obra foram acompanhados e registrados sem que se interferisse no modo de execução desenvolvido pelo construtor. Sendo assim, o trabalho apresenta a técnica como ela é empregada usualmente por essas populações da zona rural. Com isso espera-se contribuir para um maior conhecimento e melhoramento das tecnologias de construção tradicionais com terra, que ainda tem importância relevante para a região rural do estado do Piauí.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRIA, S. S. S. (2006) *Arquitetura e construção com terra no Piauí: investigação, caracterização e análise*. Teresina: Universidade Federal do Piauí. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente).

JOHN, V. M. (1996). Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos. In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1996, São Paulo, SP, **Anais...**, São Paulo: Associação Nacional de Tecnologia de Ambiente Construído - ANTAC, p. 21-30.

KRÜGER, E. L. (2003). Checklist para avaliação de sistemas construtivos para a habitação de interesse social. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE HABITAÇÃO SOCIAL, CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2003, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, SC: UFSC. CD-ROM (Arquivos\Trabalhos PDF\042.pdf)

MARTIN, E. S.; OKIMOTO, F. S.; FERREIRA, M. M.; PASSALACQUA, A.; VELÁZQUEZ, F. (2008). *Conjunto habitacional de interesse social*. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista; Campus de Presidente Prudente.

ODUM, Eugene P. (1997). *Fundamentos da ecologia*. Lisboa: Fundação Clouste Gulbenkian.

SOUZA, R. C. J. *Problemas de conservação em construções típicas de Minas Gerais*. Cadernos de arquitetura e Urbanismo. Belo Horizonte: 1996. n.4, p. 103-120.

VASCONCELLOS, S. de (1977). *Vila Rica: formação e desenvolvimento – residências*. Coleção Debates. São Paulo: Editora Perspectiva S. A.

ZANCHETTI, S. M. (2002) *O desenvolvimento sustentável urbano*. In: Gestão do Patrimônio Cultural Integrado. Recife: CECI – Editora da Universidade de Pernambuco, p. 79-83.

NOTAS

- (1) Informação verbal do proprietário/construtor residente na comunidade Baixão do Carlos, Antônio Silva Araújo.

AUTORES

Danilo Sérgio Araújo, estudante do 8º período do curso de Arquitetura e Urbanismo do Instituto Camillo Filho.

Josinara Mendes Ribeiro, estudante do 8º período do curso de Arquitetura e Urbanismo do Instituto Camillo Filho.

Mariana Furtado de Paiva, estudante do 8º período do curso de Arquitetura e Urbanismo do Instituto Camillo Filho.

Sandra Selma Saraiva de Alexandria, Arquiteta e Urbanista, especialista em Ciências Ambientais, mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Membro do Proterra. Professora Assistente dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Piauí (UFPI).



ARQUITETURA EM TERRA NO URUGUAI: MODELO DE DESENVOLVIMENTO

Ana Paula Bayer

Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Osvaldo Aranha 99, térreo. CEP 90035-190 Porto Alegre - RS Brasil, fone: +55 (51) 3308-3518, e-mail: anapbayer@yahoo.com.br

Palavras-chave: bioconstrução, técnicas construtivas, terra, sustentabilidade, materiais não-convencionais.

Resumo

O presente trabalho apresenta um panorama da arquitetura de terra no Uruguai, através da demonstração das técnicas construtivas lá desenvolvidas, bem como, das estratégias que fazem com que o país venha progredindo, intensamente, no desenvolvimento desse tipo de solução construtiva. A estratégia adotada é o estudo de caso, através de pesquisa documental e questionários com bioconstrutores uruguaios, a partir dos quais são mapeadas as principais edificações construídas, recentemente, com a utilização de barro enquanto componente construtivo. Ainda, são caracterizados os distintos métodos construtivos e abordados programas de incentivo à arquitetura de terra, além de apoio da *UDELAR- Universidad de la República*. Assim, formulam-se os elementos que comprovam o bom desenvolvimento da arquitetura de terra no Uruguai, para que os mesmos sirvam de guia a futuros profissionais que queiram consultar o presente estudo, a fim de esclarecer eventuais dúvidas e iniciar a atividade de construção com terra. É almejada a promoção e quebra de barreiras em relação às construções em terra, ou seja, através da demonstração do modelo de desenvolvimento uruguaio de arquitetura em terra, reinterpretem-se as técnicas vernaculares, tornando-as mais acessíveis a profissionais e à população em geral, de maneira que a construção civil assume um novo rumo, voltado à sustentabilidade, reduzindo os impactos ambientais em grande parte dela decorrentes.

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 70, com a crise internacional do petróleo e a revolução industrial, no século XVIII, esforços passaram a ser direcionados no sentido de proteger o meio-ambiente.

Nesse contexto, a construção civil é apontada como responsável pela extração de grande parte dos recursos do planeta. Os impactos ambientais decorrentes dessa atividade continuam através dos transportes que a mesma envolve e fábricas que nutrem os canteiros de obra. Quando concluídas, as obras passam a consumir energia em excesso, que somada aos restos de obras oriundos de reformas, lixo doméstico ou aquele produzido com a demolição, aceleram a degradação da natureza.

Segundo Do-Kyoung (2006), uma nova tendência rumo à proteção do meio-ambiente surgiu no campo da arquitetura. Entretanto, o método de abordagem precisa ser modificado: há a necessidade de um novo direcionamento à arquitetura, que deve coexistir com a natureza. Rodrigues (2002) complementa afirmando que “nesse sentido, por influência dos problemas sociais e ambientais, as perdas de referências culturais, a pouca autenticidade, a degradação do meio ambiente etc., estamos hoje presenciando um período de redescobrimto e real interesse pela arquitetura de terra¹” (Rodrigues, 2002).

Segundo Garcia (2002), na América Latina existe uma grande experiência na prática e produção social, de forma que têm surgido movimentos promovidos pela sociedade civil contribuindo para as práticas comunitárias e populares, originando projetos que resgatam a relação homem-natureza, para articulá-los com os benefícios dos avanços científicos e tecnológicos.

No Uruguai, construções com terra são bastante incidentes, tanto no meio urbano quanto no rural, de forma que o presente estudo fundamenta-se nas edificações do país vizinho. Dentre as técnicas de maior utilização no referido país, destacam-se o adobe, o pau-a-pique ou taipa de mão, a terra-palha, o *BTC – Bloque de Tierra Comprimida* e os torrões de terra.

2. OBJETIVO

Analisar as estratégias adotadas no Uruguai para desenvolver a arquitetura de terra naquele país, contemplando mapeamento das principais obras edificadas recentemente, técnicas construtivas empregadas e programas de incentivo à adoção da terra enquanto material construtivo.

3. METODOLOGIA

O presente estudo, ao abordar o desenvolvimento da arquitetura em terra no Uruguai, a partir da observação das estratégias adotadas pelo mesmo, envolvendo análise documental e preenchimento de questionário, tem como estratégia de pesquisa o estudo de caso. Segundo Yin (2005), essa estratégia conta com muitas técnicas, dentre elas, a observação direta dos acontecimentos que estão sendo estudados e entrevistas com as pessoas neles envolvidas. Assim, o poder diferenciador do estudo de caso é a capacidade de lidar com uma ampla fonte de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações (Yin, 2005).

3.1 Estudo Exploratório

Numa primeira etapa, procedeu-se estudo exploratório, o qual buscou esclarecimentos iniciais, bem como averiguar a fonte de dados disponíveis, o que permitiu realizar uma especulação inicial das estratégias e técnicas adotadas no Uruguai para, a partir de então, confeccionar o questionário posteriormente aplicado, durante a realização do estudo de caso.

3.1.1 Identificação dos bioconstrutores uruguaios

Inicialmente, foram identificados construtores que trabalham com terra no Uruguai para permitir que, posteriormente, sejam entrevistados, e para que se possa conhecer e localizar maior número de edificações. Esse processo foi possível, no país vizinho, devido ao auxílio de arquitetos que trabalham tanto individualmente com a técnica quanto no meio acadêmico, que indicaram uns aos outros, e devido a artigos publicados por outros construtores. No Uruguai não existe cadastro de profissionais que utilizem a terra enquanto material construtivo, o que foi confirmado por contato com as prefeituras municipais.

Os construtores uruguaios identificados são: Alejandro Ferrero, Andrés Nogués, Cecilia Alderton, Denize Entz Lagrotta, Helena Inés Gallardo, Javier Márques, José Luis Mazzeo, Kareen Herzfeld (sócia de Carlos Placitelli), Pablo Míguas e Rosário Etchebarne. A fim de manter preceitos éticos, tais construtores receberam codinomes por eles escolhidos e são assim denominados ao longo do estudo.

4. ARQUITETURA EM TERRA NO URUGUAI

Conforme mencionado anteriormente, a arquitetura em terra no Uruguai é bastante evidente, o que é confirmado por Acosta (2010b), que afirma que, nos últimos quinze anos, foram construídas cerca de cem casas em terra com a participação de arquitetos e outras cem erguidas pelos próprios proprietários, sem intervenção de técnicos.

Ainda assim, metade dos respondentes ao questionário enviado manifestou que não considera a arquitetura em terra uruguaia muito desenvolvida: “a verdade é que não tenho essa visão. Sem dúvida, há uma tradição presente na maneira de construir, mas que está

muito longe do mundo acadêmico e profissional. As experiências são bastante pontuais e individuais. Nem sequer dispomos de uma legislação a respeito” (construtor “Verão”).

Acosta (2010a) corrobora essa afirmação ao destacar que, no Uruguai, é cada vez maior o número de pessoas que optam por construir residências de forma ecologicamente correta, sendo o maior entrave ao desenvolvimento das mesmas, oriundo da falta de mercado e de mão-de-obra especializada para a chamada bioconstrução. Segundo a autora, ainda falta que o Estado considere a técnica válida para incorporá-la às suas políticas públicas: “o problema é que a técnica ainda não conta com normativas nem com um mercado destinado à venda e elaboração de materiais ecológicos para que se promova como uma verdadeira alternativa pública à construção tradicional” (Acosta, 2010a).

Por outro lado, no meio rural do Uruguai era bastante comum a construção de edificações com a utilização de materiais naturais disponíveis, como terra, madeira e palha. Tais técnicas foram transmitidas de geração para geração e, ainda hoje, continuam sendo executadas por alguns, mesmo que de forma quase que invisível. O construtor de codinome “*Biguá*” esclarece que existem alguns registros de edificações sem assessoria técnica recentemente erguidas no Uruguai, sendo ao menos três ou quatro no município de *Rocha* (algumas em cob, outras em pau-a-pique e outras em fardos de palha) e quatro ou cinco em *Maldonado* (em cob, pau-a-pique e adobes). Em *Canelones*, próximo a *Progreso*, há uma igreja construída por jesuítas nos anos 60, em adobe e pau-a-pique e, em *Colonia*, há também uma capela assim construída numa estância turística chamada “*El Teruño*”. Já, em *Paysandu*, no meio rural, há um povoado chamado *Ceballos*, com mais de quarenta casas erguidas em terra, assim como em outro povoado conhecido como *Cañas*, em que há cerca de vinte edificações em terra, no município de *Cerro Largo*.

Dessa forma, alguns consideram o Uruguai como país exemplar na construção em terra: “em relação a outros países da América Latina, o Uruguai está mais avançado em alguns aspectos” (Acosta, 2010a). Assim também concordam alguns dos bioconstrutores entrevistados, que destacam, principalmente, o papel da universidade para o desenvolvimento da técnica e a consciência dos uruguaios em relação às questões ambientais, além das características do material frente às condições climáticas do país: “o desenvolvimento das técnicas de construção em terra no Uruguai deve-se ao fato de que o mesmo contou com a experiência universitária enquanto pilar de sua difusão. E em todo o país, qualquer pessoa tem alguma referência do comportamento térmico deste tipo de construção, através de experiências próprias ou por tradição oral” (construtor de codinome *Biguá*) e “a técnica adapta-se bem a outros tipos de materiais naturais e às possibilidades do local e da população destinatária. O bom desempenho térmico é fundamental em um clima como o do Uruguai, com variações importantes” (construtor de codinome “*Canário*”).

4.1 Principais edificações erguidas atualmente

A fim de demonstrar a distribuição de edificações em terra ao longo do território uruguaio, optou-se por mapear as principais obras recentemente edificadas no país, o que é apresentado na figura 1.

Cabe ressaltar que essas principais edificações foram localizadas por meio de informações encontradas na bibliografia, contato com construtores e respostas ao questionário enviado, uma vez que foi enviado *email* para a prefeitura de San Jose, por exemplo, que retornou informando a inexistência de qualquer controle de edificações construídas especificamente com terra. Ou seja, para verificar quantas edificações foram erguidas em terra junto às prefeituras, seria necessário analisar todo o cadastro das mesmas, verificando os materiais utilizados em cada projeto especificamente, sendo o mesmo necessário para localizar profissionais que adotem esse sistema construtivo. Assim, torna-se inviável a localização tanto de construtores quanto de obras erguidas em terra junto às prefeituras ou demais órgãos: no Uruguai, ainda não existe tal cadastramento específico.

Além de caráter residencial, há restaurantes e escolas também construídos com terra. Onde, na ilustração, aparecem séries de construções com a mesma técnica, verifica-se a

ocorrência de cooperativas habitacionais. Nessa situação, houve uma associação entre moradores - que cooperaram com o sistema de execução das obras em mutirão, empresas construtoras, *Universidad de la República (UDELAR)* – que desenvolveu o projeto e prestou assessoria e, ainda, *Ministerio de la Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA)* ou *Banco Hipotecário del Uruguay (BHU)* - entidades financiadoras.

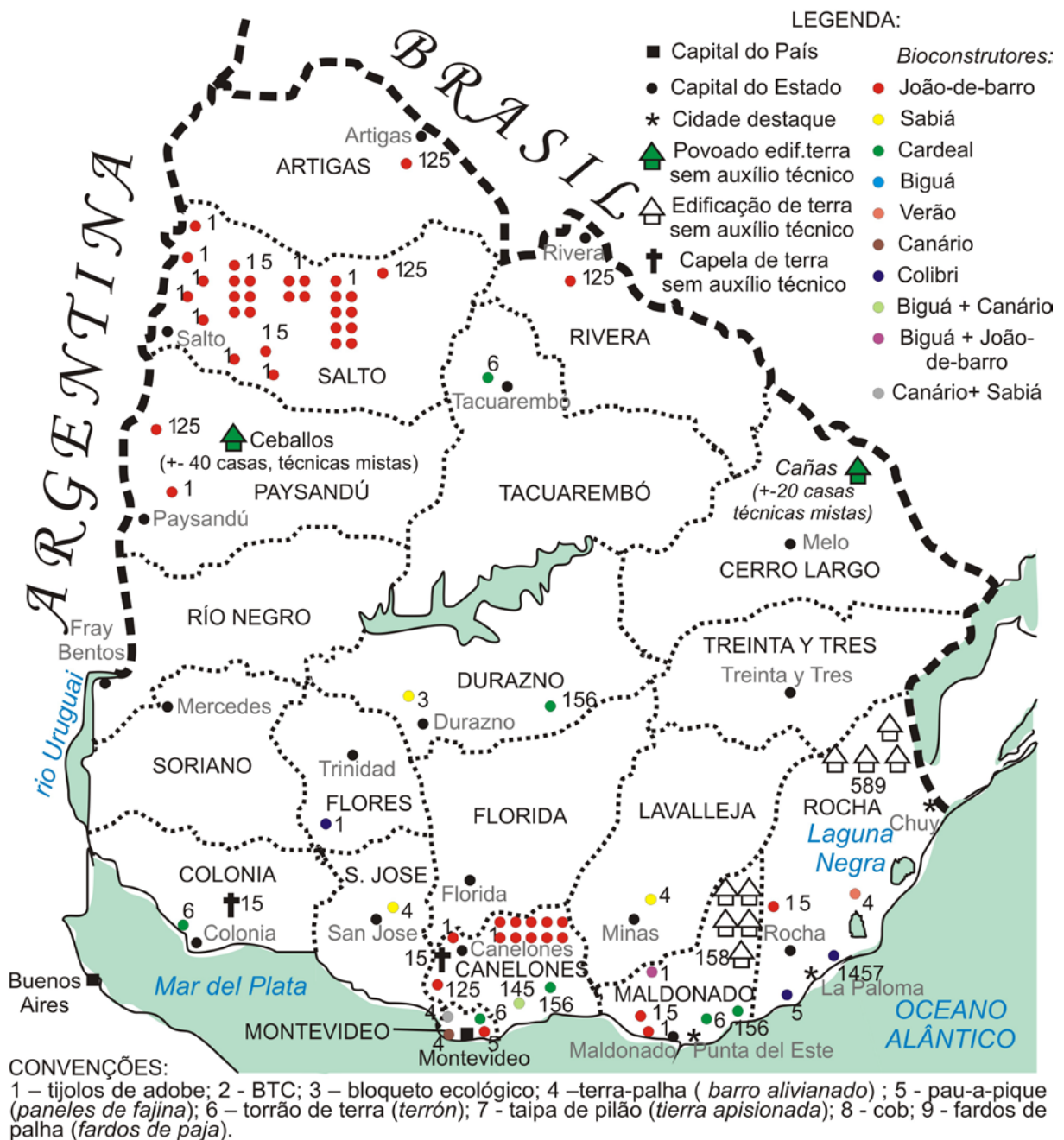


Figura 1. Mapeamento das principais edificações em terra construídas recentemente no Uruguai

Ainda, em relação às edificações autoconstruídas, ou seja, edificadas sem assessoria técnica, foram essas as mais difíceis de serem localizadas, sendo, por isso, retratadas as mais marcantes, quais sejam, aquelas presentes em dois povoados: *Ceballos (Departamento de Paysandú)* e *Cañas (Departamento de Cerro Largo)*.

Por outro lado, no quadro 1, a seguir, apresenta-se uma das principais obras realizadas recentemente pelo construtor de codinome “*Cardeal*”.

Quadro 1 – Edificações atuais erguidas em terra pelo construtor de codinome “Cardeal”

EDIFICAÇÕES ATUAIS EM TERRA NO URUGUAI – “Cardeal” ●

<p>“Cardeal” ● VIVIENDA URRESTARAZU Barros Blancos, Canelones</p>		<p>Caracterização da obra:</p>
	<p>Fonte da imagem: Cecília Alderton</p>	<p>Uso: residencial Duração: nov/1999 – nov/2000 Área: 200 m² Financiamento: proprietário</p>
		<p>Especificações Técnicas:</p>
	<p>Fonte da imagem: Cecília Alderton</p>	<p>Técnica: adobe, pau-a-pique e torrão.</p>
	<p><i>Considerações do cliente: “econômica, saudável, bela e ecológica (Cardeal).”</i></p>	<p>MATERIAIS:</p>
	<p>Grau de satisfação do cliente = 5 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>	<p>Dimensões (m): torrões (0,20 x 0,20 x 0,55). Origem: terra - próprio local; madeira – Flores; pedra – Maldonado; palha, esteiras de junco e taquaras - Canelones. Traço: torrões – terra local; adobes – 1 terra argilosa: 2 areia: 8 palha.</p>
		<p>Observações: os torrões, cortados do próprio terreno, são utilizados nas paredes externas (60 cm na base e 45 cm na parte superior); o adobe é utilizado para fazer lareiras, bancos, muretas, nichos, decorações; e o pau-a-pique é adotado junto às divisórias internas (espessuras entre 10 cm e 20 cm, conforme necessidade) e os painéis de pau-a-pique são feitos em obra, e não pré-fabricados.</p>

Nas obras do construtor de codinome “Cardeal” destacam-se, principalmente, a preocupação com a utilização de materiais locais e seu interessante resultado estético.

A técnica principal adotada nas obras, que representa as paredes externas, é a de torrão de terra, sendo as divisórias internas executadas em pau-a-pique e, adornos e estruturas secundárias, em adobe. Assim, quando a obra é realizada em *Canelones*, cidade onde atua o construtor, geralmente os tijolos de adobe são comprados de uma mesma olaria, situada ao lado da residência do mesmo. Quando em locais afastados, os tijolos de adobe são produzidos em obra ou, na existência de uma olaria próxima, são comprados da mesma. Segundo o construtor, esses adobes são fabricados no campo, de maneira informal e artesanal, não são empresas formais, mas são sim, os mesmos locais em que são produzidos tijolos cerâmicos, queimados. Geralmente, esses adobes são produzidos com medidas-padrão (12 cm x 25 cm x 5 cm), com uma mistura de terra, estrume de gado e casca de arroz, porém, em alguns casos, pode-se solicitar medidas maiores, com composições diferenciadas, entretanto, nunca se agrega cimento. Essa é uma eficaz alternativa para acelerar o processo construtivo, uma vez que, além de os tijolos utilizados já estarem prontos, costuma-se, também, comprar à granel apenas a mistura de terra, estrume e casca de arroz, para utilizar em rebocos ou na construção de painéis em pau-a-pique.

Em relação à técnica de torrões, que é a característica mais evidente das obras executadas pelo construtor aqui denominado “*Cardeal*”, Alderton (2003) afirma que é essa talvez a técnica mais simples e rápida de ser executada, as paredes são largas, maciças e isolantes, a estética evoca a imagem do tradicional rancho gravada em nossa memória e as construções se adaptam ao local, já que nascem dele.

4.2 Técnicas construtivas adotadas

Através do levantamento realizado, percebe-se a predominância da técnica de adobe ou técnica mista, em que são utilizados tijolos de adobe nas paredes externas e a taipa de mão ou pau-a-pique (*paineles de fajina*) nas internas.

4.2.1 Tijolos de adobe

Os tijolos de adobe confeccionados no Uruguai são, freqüentemente, ensaiados no laboratório da *Facultad de Arquitectura*, da UDELAR, em Montevideu. Normalmente, as dimensões utilizadas são de 40 cm x 17 cm x 10 cm, e os tijolos são confeccionados com terra arenosa.

Em relação às desvantagens da utilização de adobes, as mesmas associam-se ao processo de fabricação, que pode ser lento, em função do período de secagem necessário que, no Uruguai, corresponde a cerca de três semanas no verão, cuja estação apresenta comportamento similar no Rio Grande do Sul. A velocidade do processo depende, ainda, das áreas de pisadouro, secagem e armazenagem, que ditarão o ritmo da obra, enquanto se espera a secagem das peças anteriormente produzidas.

Assim, a eficiência na utilização dessa técnica está vinculada, também, à disponibilidade de espaço físico – superfícies horizontais e limpas, além de zonas cobertas, para evitar que a chuva afete a produção, o que deve ser observado quando da escolha da técnica construtiva.

4.2.2 *Bloques de tierra comprimida* – BTC (Blocos de terra comprimida)

No Uruguai, é bastante freqüente a utilização de BTC – *Bloques de Tierra Comprimida* (que quando envolvem utilização de cimento são chamados de tijolos de solo-cimento) e, normalmente, seu processo de fabricação envolve atividades de capacitação, transferência de tecnologia e experimentação, não só para a equipe técnica envolvida, mas também para a comunidade interessada. Conforme Etchebarne *et al.* (2006), o rigor técnico e científico aplicado nas pesquisas realizadas em nível internacional, permitem hoje garantir a qualidade desta técnica construtiva.

Etchebarne *et al.* (2006) apontam uma série de vantagens referentes ao BTC, tais como a sua forma regular com arestas vivas; o aumento de densidade por compactação melhora a resistência à compressão, à erosão e à ação d'água; o custo da terra é nulo e não requer gastos com energia ou transporte; diminuição de fissuras na parede, já que a contração ocorre durante a secagem, em cada bloco; maior flexibilidade no projeto e na autoconstrução; a superfície lisa dos blocos e da parede daí resultante torna desnecessária a utilização de rebocos, o que implica em menores custos; pode-se aplicar pintura diretamente sobre a superfície não rebocada; o custo da alvenaria com solo-cimento é cerca de 50% inferior a de blocos cerâmicos ou concreto, sem considerar fretes; a resistência ou isolamento térmico de uma parede de solo-cimento é maior que a de tijolo cerâmico e ainda mais que a de bloco de concreto.

4.2.3 *Bloqueto ecológico*

Ainda, alguns bioconstrutores uruguaios fabricam um bloco semelhante ao tijolo de adobe ou ao bloco de terra-palha. Entretanto, esse possui serragem, ao invés de palha, por ser mais acessível. Em contrapartida, as estruturas resultantes não são portantes, servem apenas como elemento de vedação.

4.2.4 Barro alivianado (Terra-palha)

A técnica de terra-palha compreende a adição, ao barro, de aditivos porosos, como palha, algas marinhas, cortiça e outras fibras vegetais leves. Assim, obtém-se uma mistura que confere maior isolamento térmico às paredes.

No Uruguai, é utilizada a terra-palha com palha, especialmente, a de trigo. Há uma discussão muito grande para definir qual a palha mais adequada, é necessário que, em cada caso, sejam feitos ensaios comprobatórios.

Uma parede de terra-palha é produzida de forma semelhante à taipa de pilão, a não ser pelo fato de que o apiloamento para a primeira técnica é menor que para a segunda, permitindo a utilização de tábuas mais delgadas como fôrmas. Após a colocação das fôrmas nas laterais, a mistura de barro e palha é lançada no vão resultante com as mãos, ou garfos, em camadas de 10 cm a 20 cm de espessura, compactadas com leve apiloamento manual.

No Uruguai é comum, ainda, a confecção de blocos de terra palha, ou seja, a mistura é lançada em fôrmas menores, assim como ocorre com os tijolos de adobe, porém, os blocos originados não possuem função estrutural. Também é possível fabricar painéis de terra-palha, ou seja, a mistura de terra-palha é lançada em uma fôrma de madeira e não é retirada da mesma, de maneira que a parede se forma a partir dos encaixes de um painel no outro.

4.2.5 Paneles de fajina / bahareque (Pau-a-pique ou taipa de mão)

O pau-a-pique, ou taipa de mão, conhecido como *paneles de fajina* ou *quincha* no Uruguai, *bahareque* em Honduras e Guatemala ou *encañizado*, é muito utilizado no país vizinho, principalmente, em divisórias internas.

Ainda, atualmente são encontradas, no Uruguai, edificações em pau-a-pique, principalmente na zona rural, como se visualiza na figura 2. Nesse país, hoje em dia, a técnica de pau-a-pique é utilizada tanto pela classe baixa, que auto-constrói sua habitação quanto média e alta, que são assistidos por técnicos especializados no assunto.



Figura 2. Técnica de pau-a-pique utilizada em habitações rurais no Uruguai, em *Tacuarembó* e *Rivera*, respectivamente. Fonte: Etchebarne *et al.* (2006).

O sistema de painéis de pau-a-pique permite fabricar os painéis, de forma modular, para várias casas ao mesmo tempo. De acordo com Etchebarne *et al.* (2006), a pré-fabricação dos materiais pode ser realizada com diversos graus de mecanização, a partir da produção em pequenas oficinas (com muito trabalho manual, poucas ferramentas e pouca capacidade de armazenamento), oficinas semi-industriais, com um relativo nível de mecanização, racionalização, capacidade de armazenamento e transporte adequado, até indústrias com infra-estrutura, pessoal e maquinaria especializada para uma alta produção. Segundo os autores, os painéis de pau-a-pique consistem em uma estrutura de madeira que recebe uma trama de taquaras, amarradas ou encaixadas, vertical e horizontal ou diagonal e diagonalmente, sobre as quais se deposita recheio de barro em estado plástico, estabilizado.

4.2.6 *Terrón* (Torrão de terra)

No Uruguai, as edificações com torrões têm influência da habitação rural ibérica, principalmente espanhola, e de construções de indígenas locais. Segundo Alderton (2003), os povoadores costumavam construir suas casas com teto de palha e piso de cupim, ou seja, no acabamento dos pisos, utilizava-se o ninho de formigas feito com terra misturada à saliva do inseto, pois esses ninhos possuem grande resistência à água. Mas, a partir das décadas de 70 e 80, foi realizada, no país, uma forte campanha de erradicação de habitações insalubres, culminando com a demolição de muitas dessas e posterior aumento do preconceito em relação às casas em terra.

Apesar dos benefícios e vantagens da edificação de torrões, esse tipo de técnica deixou de ser utilizado em todo mundo e, segundo conta a autora, o professor arquiteto Hubert Guillaud, do CRATerre, afirma ser o Uruguai o único país a seguir adotando e desenvolvendo essa técnica. Atualmente, a arquiteta Cecília Alderton, associada a Estella Lorenzo, é a principal construtora que utiliza a técnica de torrões no Uruguai.

4.3 Programas de apoio à construção em terra

O Uruguai possui de forma cada vez mais acentuada, o apoio do governo (*Ministerio de la Vivienda*), de instituições de ensino UDELAR - *Universidad de la República*, de instituições financeiras BHU – *Banco Hipotecário del Uruguay*, de prefeituras municipais e de outras entidades que, através de associações e trabalhos conjuntos, elaboram programas, como os a seguir relatados, que contribuem para a multiplicação das edificações em terra no país.

4.3.1 *MEVIR – Movimiento por la erradicación de la vivienda insalubre rural*

Segundo Folle e Silvera (2002), “a *Comisión Honorária para la Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural* (M.E.V.I.R.) é um organismo de direito público não estatal (executa fundos públicos mediante operação de empresa privada, em forma autônoma, sem inserções políticas), sem fins lucrativos, criado em 1967 pelo Dr. Alberto Gallinal, produtor rural que fiel a suas convicções cristãs, e sensibilizado pelas condições de vida do trabalhador rural, promoveu, organizou e implantou no Uruguai o movimento que se transformaria na referida Comissão Honorária (Lei 13.640)” (Folle e Silvera, 2002).

Durante os primeiros anos do programa, eram produzidas 200 habitações por ano, patrocinadas pelo *BHU – Banco Hipotecário del Uruguay* e, a partir de 1985, foram quintuplicados os recursos financeiros, fazendo com que essa produção chegasse a mil habitações por ano.

O processo construtivo é desenvolvido segundo o esquema de ajuda mútua, em que cada família envolvida no projeto tem uma cota mensal de horas de trabalho a cumprir, sem saber, até a finalização de todas as obras, qual casa irá ocupar. Assim que os produtores se conscientizaram do poder que tinham ao atuar como grupo, e não individualmente, surgiram os primeiros programas de desenvolvimento local e rural: Cooperativa Florestal, em Arévalo, Fundo de Crédito Solidário, Queijaria Artesanal em Mendoza e o Projeto de Desenvolvimento Integral para Comunidades Rurais em Extrema Pobreza (em convênio com a União Européia).

Entretanto, ao mesmo tempo em que o *M.E.V.I.R.* promove a remoção da habitação insalubre, muitas edificações construídas em terra foram demolidas e substituídas por outras de alvenaria. Ou seja, ao invés de efetuar a manutenção dessas habitações, erradicou-se a cultura e sabedoria popular: deixou-se de valorizar a tecnologia autóctone e incorporada pelas pessoas.

4.3.2 *PDT – Programa de Desarrollo Tecnológico*

Segundo a UREGH (2005), o *PDT – Programa de Desarrollo Tecnológico*, financiado pelo *Ministerio de Educación y Cultura de Uruguay – MEC*, faz parte de uma ação que pretende mobilizar o potencial de inovação e fortalecer a capacidade produtiva das pequenas e médias empresas, além de melhorar a capacidade de desenvolvimento científico e

tecnológico. Tem como objetivo geral melhorar os atuais processos de gestão, projeto e construção com terra no Uruguai.

Etchebarne e Piñeiro (2005) apontam que o modelo de gestão do programa envolve a colaboração entre universidade, município e população e tem como eixo principal a construção de três protótipos: em taipa de mão, na Cooperativa Vaimaca, em Montevideu; em adobe, na Escola de Agronomia, em Salto; em bloco de terra comprimida – BTC, em Artigas. Esses protótipos serão submetidos a ensaios para que, em seguida, seja formulada uma norma técnica que envolva sistematização de construção e montagem, ensaios estruturais, estudos higrótérmicos e plano de manutenção. Cabe salientar que todos os protótipos serão ocupados e foram aprovados e apoiados pelas prefeituras de cada cidade.

4.3.3 Incentivo à bioarquitetura na universidade pública UDELAR

A *Universidad de la República* – UDELAR, de caráter público, vem trabalhando com pesquisa e capacitação em arquitetura de terra desde 1993. Ela tem como princípios investir em pesquisa científica e experimental a partir das políticas públicas, participar a partir do setor privado com alta qualidade de projeto e formar em nível de pós-graduação regional.

Uma série de atividades acadêmicas é realizada na Faculdade de Arquitetura, principalmente, através do assessoramento a alunos e no desenvolvimento de atividades para elaboração de teses, além da construção de protótipos para a aprendizagem. Ainda, os alunos visitam as obras dos professores, que exercem atividade profissional de construção com terra, para que ocorra a transferência de conhecimentos.

Dessa forma, destaca-se a importância dada ao resgate das técnicas de construção com terra no meio acadêmico uruguaio. Além da presença de disciplinas apoiadas em conceitos de sustentabilidade, há o interesse, por parte dos alunos, na participação das atividades práticas propostas, o que tende a contribuir para a formação de profissionais de arquitetura com interesses e aptidões voltados à sustentabilidade, especialmente, enfatizando a utilização de técnicas de construção com terra.

4.3.4 *Proyecto Terra Uruguay*

O *Proyecto Terra Uruguay* surgiu a partir da publicação de seu primeiro boletim, em setembro de 2005, pela *Unidad Regional de Estudios y Gestión Del Hábitat* – UREGH, departamento da *Facultad de Arquitectura da Universidad de la República - UDELAR*, Regional Norte, Salto. Trata-se de um âmbito para onde convergem arquitetos pesquisadores e construtores de arquitetura de terra. Participam como membros efetivos os docentes da Área Tecnológica da UREGH e, eventualmente, outros colegas e estudantes de arquitetura (UREGH, 2005).

Ou seja, esse grupo de pessoas reúne-se com intuito de discutir e refletir sobre o patrimônio de arquitetura de terra deixado e a realidade dela nos dias atuais, pensando em meios de garantir a sua presença e desenvolvimento futuros. Além disso, o grupo promove eventos de capacitação e transferência ecológica.

O mesmo grupo promove, ainda, jornadas de capacitação, ensinando técnicas diferenciadas para estudantes universitários, comunidade e pedreiros. A exemplo disso, cita-se Rivera e Artigas (Uruguai), Santa Fé (Argentina), Valencia e Valladolid (Espanha), Pelotas (Brasil) e Tampico (México).

Pode-se verificar, assim, o esforço despendido por esse grupo no sentido de promover a arquitetura de terra, transcendendo, inclusive, as fronteiras do país. Além de haver uma ajuda mútua, em que há intercâmbio de conhecimento, ocorre transferência tecnológica para qualquer interessado em dar continuidade a essa técnica milenar.

4.3.5 BHU – Banco Hipotecário del Uruguay

O BHU – Banco Hipotecário del Uruguay² é uma instituição que financia habitações no Uruguai, oferecendo recursos às famílias alvo de políticas públicas de habitação e que podem ser complementados com subsídios estatais ou outros instrumentos.

Ao contrário do que ocorre no projeto M.E.V.I.R., relatado anteriormente, o BHU é a instituição que financia as edificações construídas com terra. Para que ocorra a aprovação do financiamento, é necessário que seja apresentado o projeto que originará a edificação, além de comprovação da viabilidade técnica da solução que será adotada.

Garcia (2002) destaca que, ao preconceito das pessoas em relação à utilização da terra como material construtivo, soma-se a discriminação efetuada pelas instituições financeiras, ao proibirem o acesso ao crédito e recusarem financiamentos de habitações que tenham o barro como componente tecnológico; além disso, os governos, que privilegiam o desenvolvimento da pesquisa tecnológica e de normatização para outros materiais e não para os antigos.

De fato, no Uruguai verifica-se o oposto: além de se obter recursos para construir com terra, há um estímulo para que as pessoas optem por ela, já que há o apoio, inclusive, de instituições reconhecidas, como o BHU, universidade e, principalmente, o próprio governo.

5. CONCLUSÕES

Destaca-se, no Uruguai, a união existente entre os construtores que utilizam a terra enquanto componente construtivo, que buscam alternativas para expandir esse tipo de solução arquitetônica, através da criação de programas e busca de apoio junto a possíveis instituições interessadas. Percebe-se que a terra está inserida na cultura do povo cujo país tem como *slogan*, segundo seu *Ministerio da Cultura y Deporte*, “*Uruguay, País Natural*”. Dessa forma, a busca por um estilo de vida mais saudável, e associado à natureza, contribui, também, para uma melhor aceitação de edificações que adotem materiais naturais em sua composição.

Por outro lado, à medida que o país desenvolve sistemas mais avançados, como a utilização de painéis e blocos feitos de terra, espera-se que, em médio prazo, surjam empresas que ofereçam tais produtos em massa, facilitando e agilizando o trabalho em obra. Entretanto, para que isso se concretize, é urgente a elaboração de normas de padronização e controle de qualidade, o que alavancará ainda mais a construção com terra no país.

Ainda, a universidade, ao apoiar iniciativas que promovam edificações em terra, contribui para a disseminação da mesma e, ao fazer isso com qualidade, faz ainda com que se quebrem os preconceitos relativos a esse tipo de solução construtiva, que normalmente associam-se à falta de conhecimento ou a edificações precárias, que não receberam o devido apoio técnico.

Portanto, o modelo de desenvolvimento da arquitetura de terra no Uruguai serve como referencial para outras localidades que, assim como esse país, queiram de fato reintroduzir a arquitetura de terra. Os benefícios desse tipo de solução construtiva são bem conhecidos, resta encontrar alternativas para promovê-la junto à população, que pouco sabe a seu respeito. A busca de instituições que apoiem tal iniciativa, se possível associada ao meio-acadêmico, tende a promover a execução de edificações de qualidade e, assim, capacitar técnicos especializados no assunto, acessíveis à população em geral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, Inés. (2010a). Amigos de la tierra: la construcción ecológica se abre camino entre la tradicional. *La Diaria Revista Digital*. Disponível em: <http://ladiaria.com/articulo/2010/3/amigos-de-la-tierra/>. Acesso: 26/04/2010.

ACOSTA, Inés (2010b). Uruguaios de barro e palha. *Envolverde Revista Digital*. São Paulo. Disponível em: <http://www.webjournal.net/Envolverde/TerramericaPDF/Terra497.pdf>. Acesso: 23/04/2010.

ALDERTON, Cecília (2003). Bioconstrucción: construcción con materiales naturales. Técnica terrón. In: *Alternativas a la ocupación: arquitecturas en tierra seminario – taller, 6, 2003, Montevideo. Anais...* Montevideo: PROTERRA/CYTED; Facultad de Arquitectura/ UDELAR.

DO-KYOUNG, Kim (2006). The natural environment control system of korean traditional architecture: comparison with korean contemporary architecture. *Buiding and Environment*. V.41. n12. p. 1905-1912. December 2006.

ETCHEBARNE, Rosario; PIÑERO, Gabriela. (2005). Arquitecturas de Tierra. Salto: Facultad de Arquitectura Regional Norte.

ETCHEBARNE, Rosário; PIÑERO, Gabriela; SILVA, Juan Carlos. (2006). Proyecto Terra Uruguay / Montaje de prototipos de vivienda a través de la utilización de tecnologías en tierra: adobe, fajina e BTC. In: *Construcción con Tierra 2*. P. 05-20. Buenos Aires, Argentina: CIHE, SI, FADU, UBA.

FOLLE, Andre Pfeiff; SILVERA, Luis. (2002). Erradicación de viviendas rurales insalubres en Uruguay. In: *IV Seminario iberoamericano vivienda rural y calidad de vida en los asentamientos rurales. Anais...* Puerto Mont, Chile: RED XIV; CYTED-HABYTED.

GARCIA, Alberto Calla. (2002). A construção com terra crua na cultura andina. In: *Seminário íbero-americano de construção com terra, 1*. Salvador, 2002. *Anais...* Salvador: Projeto PROTERRA.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; SALAS, Patricio Cevallos; HOFFMANN, Márcio. (2005). Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – práticas de campo. Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo. In: *IV Seminario Ibero-americano de Construção com Terra, 4 e Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, 3*. Monsaraz (Portugal). *Anais...* Vila Nova de Cerveira (Portugal): Escola Superior Galaecia / PROTERRA – CYTED. 1 CD-ROM. P. 1-32.

RODRIGUES, Raymundo (2002). Identificação, atribuição de valores, contextualização analítica, proposições, de intervenções e de diretrizes em sítios históricos edificados em arquitetura de terra. In: *I Seminário íbero-americano de construção com terra, 1*. Salvador, 2002. *Anais...* Salvador: Projeto PROTERRA.

UREGH. (2005). *Boletín Proyecto Terra Uruguay*. Boletín nº 01, ano 1, setembro de 2005. Disponível em www.eartharchitecture.org/uploads/Boletin1.pdf. Acesso: 15/01/2009.

YIN, Robert K. (2005). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Trad. Daniel Grassi. – 3 ed. – Porto Alegre: Bookman.

NOTAS

(1) “Na arquitetura e construção com terra – denominação dada a toda produção arquitetônica que emprega o solo como a principal matéria-prima – ele recebe denominações diversas tais como terra crua, terra sem cozer, terra para construir, porém, o usual e adotado neste trabalho, é o termo **terra**. O termo solo é usado principalmente quando envolve classificações e caracterizações, que também são adotadas em outros campos da Engenharia, assim como os termos solo-cimento, solo-cal e solo estabilizado, entre outros” (Neves *et al.*, 2005).

(2) www.bhu.com.uy

AUTORA

Ana Paula Bayer, arquiteta e urbanista (UFRGS, 2006); mestranda em fase de defesa, bolsista CNPQ em engenharia civil, pela UFRGS, com o tema “Proposta de diretrizes para promoção da arquitetura em terra no Rio Grande do Sul a partir da interpretação de estratégias uruguaias”. Ana dedica-se à pesquisa de arquitetura em terra, permacultura e edificações sustentáveis, pretendendo, em breve, projetar e executar edificações em terra.



BLOCO DE TERRA COMPRIMIDA – BTC CONSIDERAÇÕES SOBRE SUA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO

João Maurício de Andrade Goulart¹, Maria Cristina Ramos de Carvalho²
Grupo de Pesquisa Arquitetura e Construção Sustentável, Departamento de Engenharia Civil, CEFET-MG.
(1) joaomag@civil.cefetmg.br; (2) cristina.carvalho@civil.cefetmg.br

Palavras chave: construção com terra, bloco de terra comprimida – BTC.

Resumo

A terra é um material utilizado em construções vernaculares e contemporâneas em todos os lugares do planeta. Para tanto, a terra, ou o solo que dispensa o processo de queima, dentre as mais diversas técnicas de utilização, precisa ser moldado ou comprimido, de diversas maneiras, nos formatos de tijolos maciços e blocos vazados. A fim de melhorar seu desempenho construtivo, o solo deve ser misturado com estabilizantes orgânicos ou químicos, sendo o cimento Portland o mais utilizado. No Brasil, conhecido comercialmente com a denominação genérica de tijolo ecológico, o bloco de terra comprimida – BTC – requer especificações técnicas, principalmente quanto à seleção do solo e processo de execução. Este trabalho sistematiza a tecnologia construtiva do BTC, destacando-se principais propriedades, seleção de materiais e componentes, confecção, utilização e patologias nas alvenarias.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais e mais antigos materiais de construção do envoltório das edificações é a terra. O uso da terra como material de construção tem sido preponderante para a construção de paredes de moradias em todos os lugares habitados do planeta, desde os primórdios da civilização humana, em formas arquitetônicas espontâneas ou vernaculares. Ainda hoje, dois terços da população mundial vivem em construções de terra (Fernandes, 2007).

Nas populações que vivem em áreas desérticas ou de baixa pluviosidade, a terra é utilizada também nos tetos das edificações, na confecção de abóbadas e cúpulas. Devido às configurações físicas de resistência e conforto térmico da terra, disponibilidade, baixo custo e características sustentáveis ambiental, econômica e social, nessas regiões têm ocorrido também importantes avanços no estudo, documentação e promoção da arquitetura de terra. Destacam-se as áreas de conservação do Patrimônio, habitação de interesse social, difusão tecnológica e normalização.

A terra, ou a parte do solo aproveitável na construção, precisa ser moldada ou comprimida de diferentes formas, de modo a aumentar a sua densidade. Quando utilizada na forma crua, moldada na forma de tijolos ou blocos, configura-se como uma evolução da técnica tradicional da taipa, precisando, entretanto, ser estabilizada por algum tipo de aditivo.

O registro das primeiras pesquisas de se moldar o solo na forma de blocos sem queima é do século XIX, na França. Na década de 30 do século passado, iniciou-se nos Estados Unidos a utilização comercial da mistura de solo e cimento por instituições de pesquisas aplicadas a rodovias (Neves, 2007). No Brasil, desde meados da década de 70, foram realizados diversos trabalhos de pesquisa sobre tijolos e blocos de solo-cimento, tendo sido aperfeiçoados os processos de fabricação e o aprimoramento de prensas manuais e eletromecânicas. Hoje a denominação para os tijolos e blocos de solo-cimento mais reconhecida internacionalmente é a de bloco de terra comprimida (BTC), ou *compressed earth block* (CEB) (Craterre, 1991; Neves, 2007).

O trabalho articulado de diversas instituições de pesquisa no Brasil tem produzido extensa bibliografia e manuais técnicos para execução dos tijolos e blocos e da alvenaria em BTC. Este esforço reflete-se em publicações de normas técnicas específicas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) e, nos países ibero-americanos, pelo Projeto de Investigação PROTERRA/CYTED-HABYTED (Habiterra, 1993).

A identificação das vantagens e desvantagens apresentadas, quanto à capacidade do material ou da técnica construtiva, estabelecem as referências do BTC quanto aos aspectos tecnológicos, sociais, econômicos e ambientais. Este trabalho sistematiza a tecnologia construtiva do BTC, destacando-se principais propriedades, seleção de materiais e componentes, confecção, utilização e patologias nas alvenarias.

2. ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DO BTC

A terminologia 'tijolo de solo cimento' é mais usada quando o BTC é maciço, a exemplo do tipo 'Mattone'. Quando tem furos, é identificado como 'bloco de solo cimento', como o tipo 'Tijolito' (Barbosa, 2006; Goulart, 2009).

As dimensões usuais dos tijolos maciços de BTC são de 29 cm x 14 cm x 10 cm, sendo a massa de 7,43 kg quando seco, o que corresponde a uma massa específica de 2000 kg/m³. Apresenta arestas vivas e formas e superfícies regulares, que requerem argamassa de assentamento de consistência pastosa a líquida, com espessura mínima e uniforme. Isso pode dispensar a aplicação de rebocos externos e permitir receber pinturas diretamente sobre os tijolos, o que, dentre outros fatores, possibilita maior flexibilidade no projeto arquitetônico e na construção.

O BTC é feito com solos que sejam adequados à compressão com o uso de estabilizantes. Os tijolos, de composição maciça, são moldados por meio de prensas manuais que, embora dependam mais esforço humano, tem menor custo e produção. A prensa manual, denominada CINVA-RAM, é o equipamento mais utilizado para fabricação do BTC, tanto na autoprodução da moradia como em outras utilizações (Barbosa, 2006; Neves, 2007). Este tipo de prensa é de funcionamento simples, como ilustra a figura 1, mostrando a sequência de operações da confecção de BTC.



(a) Limpeza da caixa de moldagem



(b) Carregamento da caixa de moldagem



(c) Moldagem



(d) Retirada do bloco moldado

Figura 1. Operações de uma prensa manual CINVA-RAM para a confecção de BTC

No Brasil, empresas fabricantes de prensas manuais para BTC tipo CINVA-RAM, disponibilizam modelos com capacidade de produção de até 400 blocos/ homem/ dia, conforme figura 2. Os blocos, de composição vazada (furos), são moldados em prensas mecanizadas. Existem modelos mecanizados, com maior capacidade de produção, que podem produzir até 12.000 blocos/dia.

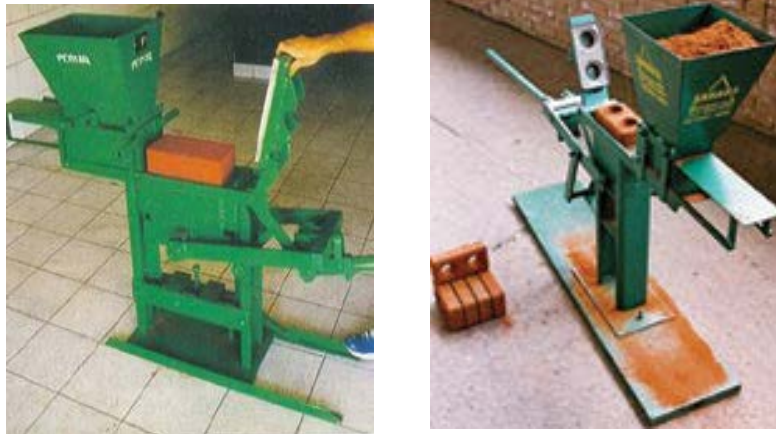


Figura 2. Prensas manuais para BTC, marca Sahara, fabricadas no Brasil

O BTC dispensa o uso de combustível na sua fabricação, por não utilizar processo de queima, apresentando baixo consumo de energia no processo de produção, transporte e manutenção. Quando utilizada terra do próprio local de fabricação dos blocos, o custo total dos processos de extração, transporte e fabricação fica bastante reduzido. Isso possibilita a escolha do BTC como técnica construtiva indicada tanto para áreas urbanas como rurais, especialmente na modalidade de autoconstrução. Como requer a utilização de mão de obra intensiva e não especializada, todos esses fatores configuram-se como uma tecnologia sustentável e passível de ser apropriada pelos produtores e usuários.

A produção pode ser assegurada durante todo o ano, independentemente das condições climáticas e seu processo de fabricação implica menores prazos de produção e construção. Tem baixo custo dos insumos, terra, estabilizantes e gasto de energia, sendo que o custo final da alvenaria de BTC é da ordem de 50% menor que o das alvenarias similares feitas com tijolos cerâmicos ou de blocos de concreto, quando não se computam os gastos com frete.

Devido à elevação da densidade por adensamento da mistura, o BTC possui boa resistência à compressão simples, à ação da erosão e baixa absorção de umidade. O valor da transmitância térmica da alvenaria de BTC é considerado como uma boa inércia térmica, maior que nas alvenarias similares feitas com tijolos cerâmicos ou de blocos de concreto.

Segundo Neves (2007), mesmo estando o mercado para o BTC em expansão, o caráter empírico ainda se sobrepõe ao tecnológico na maioria dos empreendimentos comerciais. A imprecisão na determinação do consumo de cimento, decorrente de falta de critérios técnicos de dosagem, compromete a durabilidade e a confiabilidade nos produtos.

Pequenas e médias empresas, no Brasil, comercializam o BTC com a denominação genérica de 'tijolo ecológico', apoiando-se na estratégia de marketing de que eliminam o processo de queima na sua fabricação. Esses produtos são fornecidos em diversos formatos e especificações, conforme mostrado na figura 3, tendo larga aceitação, principalmente na modalidade habitacional da autoconstrução.



Figura 3. Blocos BTC vazados, com formatos diferenciados pelo tipo de utilização na parede. Da esquerda para a direita, blocos dos tipos reto, coluna, canto, canaleta e meio bloco

3. SELEÇÃO DE MATERIAIS E COMPONENTES

Os principais requerimentos para a confecção do BTC são referentes à seleção dos solos utilizados e à execução dos blocos. A seleção envolve os aspectos da granulometria, da plasticidade e da retração. Os solos devem ser isentos de matéria orgânica, de cascalho ou de fragmentos de rocha. Na execução do BTC, os requerimentos são quanto à umidade e ao grau de compactação ou adensamento.

Um fator desfavorável é a variabilidade do solo. Solos com a presença de substâncias nocivas para o processo de cimentação, como húmus, cloretos e sulfatos, não podem ser utilizados. Em qualquer jazida, essas variações ocorrem tanto no sentido horizontal como vertical. A solução desses problemas é dispendiosa, por requerer pessoal qualificado e constantes análises de material. A dificuldade na obtenção de jazidas de solo homogêneas, aliada ao rigoroso e caro controle da qualidade do solo, continuam sendo obstáculos na fabricação de tijolos ou blocos com propriedades que apresentem os padrões exigidos pelas normas técnicas.

3.1 Ensaios

Através de procedimentos simples de ensaios, ou métodos 'de campo', é possível se conhecer a composição do solo e aferir sobre a sua adequabilidade para a construção. Esses métodos, descritos por Barbosa (2006), Neves (2007) e Walker (2002), devem ser utilizados obrigatoriamente, mesmo nos processos de autoconstrução, sendo relacionados a seguir:

- Testes preliminares de 'tocar, cheirar, lavar' o solo ('touch/ smell/ washing test');
- Teste do vidro, para verificação da composição da mistura, em função da sedimentação do cascalho, areia, silte e argila presentes no solo; é feito por imersão de uma porção de solo em água, dentro de uma garrafa ou vidro transparente;
- Teste do cilindro, ou charuto ou cinta, para verificação da coesão da mistura, em função da proporção de areia, silte e argila do solo;
- Teste da caixa, para verificação do limite de retração do solo;
- Teste da bola, para verificação do teor de umidade da mistura.

Para produção industrial de BTC ou produção para alvenaria estrutural, é necessária a realização de ensaios laboratoriais específicos sobre granulometria, plasticidade e retração do solo, conforme a norma brasileira NBR 10834 (ABNT, 1994).

3.2 Materiais e componentes

As características ideais do solo para a produção do BTC, como textura, granulometria, plasticidade e retração, podem ser melhoradas adicionando-se um ou mais estabilizantes. Quanto aos componentes principais do solo, a proporção da areia deverá estar entre 40% e 90% da mistura; do silte, até 20% da mistura; e da argila, no mínimo 5% e no máximo 35% da mistura.

De um modo geral, os principais objetivos da estabilização são: a obtenção de um melhor comportamento mecânico e de uma melhor coesão; a redução da porosidade e das variações de volume; a melhora da resistência à erosão pelo vento, pela chuva e por abrasão; e a impermeabilização das superfícies.

Os métodos de estabilização mais utilizados consistem em: densificação mecânica do solo por compressão; densificação física por inclusão de redes internas de fibras, orgânicas ou físico-químicas; e densificação química por adição produtos de origem orgânica ou química.

Os estabilizantes mais utilizados são o cimento Portland, cal, pozolanas, materiais betuminosos e compostos orgânicos ou químicos. A percentagem do estabilizante depende do tipo de solo que vai se empregar. O cimento Portland é o estabilizante mais utilizado hoje em dia, sendo que, para os solos arenosos, é exigido no mínimo 6 % de cimento, em massa.

Também se pode usar outros estabilizantes, como a cal e o metacaulino, ou mesmo uma mistura de cal e cimento, para solos com teores de até 65 % de areia, em função do tipo de argila presente, sendo desaconselhável sua utilização acima deste limite. Outros estabilizantes têm sido pesquisados, como produtos naturais – excrementos de animais, caseína, óleos vegetais, casca de arroz, seivas vegetais, uso de pasta de papel de jornal ou embalagem de cimento ('krafterra'), e os provenientes de algumas cactáceas e sumo concentrado do *aloé vera*. Pesquisas também têm sido realizadas quanto à estabilização química do solo, através do emprego de produtos sintéticos, como os derivados de amônia quaternária, silicatos, látex, colas sintéticas, gesso, metacaulino e outros (Craterre, 1991; Hays; Matuk, 2003; Cruz; Jalali, 2007).

3.3 Dosagem e mistura

Nas obras de pequeno porte, para solos arenosos, sugere-se um traço padrão entre 1/12 até 1/15 partes de cimento em relação à areia na fabricação do BTC. Essa é uma dosagem aprovada por testes práticos para a mistura manual, como o ensaio da bola, baseados na coesão apresentada pela massa fresca. Como a mistura do solo-cimento começa a endurecer rapidamente, essa deve ser usada, no máximo, duas horas após o preparo. Em obras de grande porte, o solo-cimento é produzido em usinas de misturas e prensado mecanicamente em equipamentos de grande porte e com rigoroso controle de qualidade.

3.4 Adensamento, compactação e cura

O adensamento da mistura é fundamental para a produção do BTC. Para isso, é necessário estabelecer a diferença entre as terminologias de compactação e de compressão, e os efeitos alcançados na prensagem. A compactação é resultado de um esforço dinâmico, alcançado através de sucessivos golpes de soquete ou pilão, utilizado nos processos construtivos de fundações e paredes monolíticas de solo-cimento. A compressão é alcançada através de um esforço estático, resultado de um carregamento contínuo, processo utilizado na prensagem do BTC. Recomenda-se a utilização de prensas com apenas um sentido de prensagem para peças até 7 cm de altura. Acima deste valor, até a altura de 20 cm, as prensas devem ter duplo sentido de prensagem. Este limite se deve à propriedade de compactação do solo, e não à energia de compactação do equipamento (Neves, 2007).

O adensamento do solo tem como objetivos:

- aumentar a resistência aos esforços de compressão e aos impactos, ainda no processo de cura;
- reduzir a tendência expansiva de certos solos;
- reduzir a absorção de água após o assentamento.

Após a dosagem e mistura do solo-cimento, inicia-se a confecção do BTC. Na fase de cura, é necessária a acomodação das peças recém prensadas em superfície plana e lisa, em área protegida do sol, do vento e da chuva. As pilhas deverão ser limitadas a 150 cm de altura, podendo ser cobertas com plástico ou palha para manter a umidade restante do amassamento. Após o início da cura, de 4 a 6 horas, deve-se continuar a umidificação com mangueira ou aspersor, até 3 vezes por dia, durante uma semana. A idade mínima para a utilização do BTC é de 21 dias, prazo para que se atinja resistência adequada para o transporte e a utilização.

4. ALVENARIA DE BTC

Na execução da alvenaria de BTC é utilizado o assentamento em 'mata junta', desencontrando-se as quinas e fazendo-se coincidir a furação interna dos blocos. Não se devem levantar paredes com mais de 120 cm altura num mesmo dia, para se evitar seu desalinhamento vertical enquanto a argamassa não atinge o ponto de secagem adequado.

Por causa de sua uniformidade, o BTC necessita de pouca argamassa de assentamento. É normalmente utilizada uma pasta fluida aplicada na interface entre os tijolos, ou vertendo-se a pasta nos furos dos blocos, dependendo do modelo do BTC a ser utilizado. No caso da alvenaria à vista, mesmo que os tijolos sejam estáveis à ação da umidade, é recomendável que fiquem protegidos da ação direta da água das chuvas, através de beirais da cobertura e de pintura hidrófuga externa sobre as primeiras fiadas (Goulart, 2009).

4.1 Algumas recomendações técnicas

Deve-se ter em conta, tanto no processo de concepção como no de construção, as limitações do BTC face aos esforços horizontais, movimentos de translação, balanço, torção e às deformações simultâneas, como nos sismos. Devem ser privilegiados, ainda, alguns cuidados como a escolha criteriosa do local de implantação; a execução de fundações adequadas; a garantia de uma boa conservação e manutenção da construção; o cuidado na escolha dos materiais e na produção; a escolha de formas e concepção arquitetônica apropriada.

A figura 4 mostra soluções estruturais portantes utilizando o BTC vazado com reforço.



Figura 4. Colunas e paredes de BTC vazados, já com armações internas e concretagem das fundações

A figura 5 mostra diversas fases de assentamento, com destaque para detalhes do arremate das quinas e embutimento das tubulações



Figura 5. Assentamento de tijolos e blocos BTC, acabamento aparente

4.2 Manifestações patológicas

O principal inconveniente das construções em terra é a degradação do material sob a ação das intempéries. Além da adição de estabilizante na mistura do BTC, é possível minimizar a ação da água com um projeto de fundações adequado ao tipo de terreno e com a proteção das paredes, por meio de um revestimento ou pintura uniforme e uma boa cobertura (Lourenço; Brito; Branco, 2002).

Quanto às manifestações patológicas nos tijolos e blocos, as mais comuns são as fissuras de retração. Essas se devem, sobretudo, ao descumprimento de normas de controle da

qualidade do processo de fabricação, como excesso da quantidade de argila permitida e processo de cura incorreto, dentre outras causas.

Quanto às manifestações patológicas estruturais, surgem normalmente associadas a uma má concepção estrutural ou a solicitações muito fortes, tais como tufões, sismos e recalques nas fundações. A figura 6 mostra exemplos de algumas dessas manifestações.

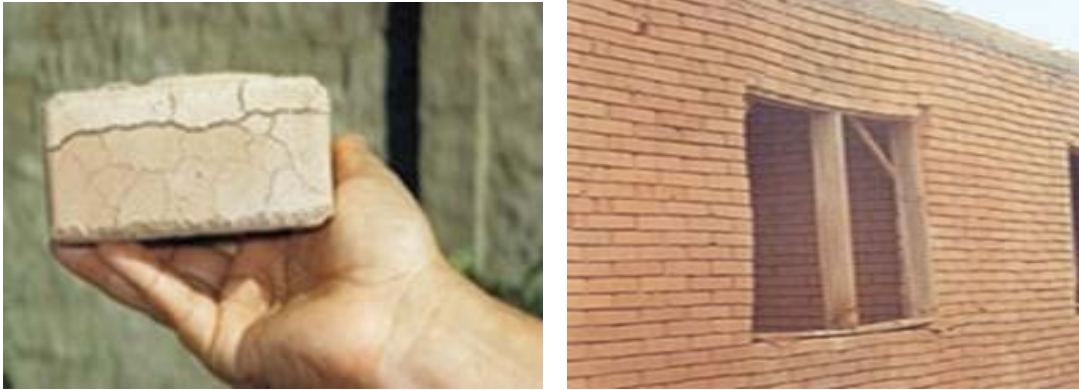


Figura 6. Manifestações patológicas comuns no BTC: fissuras na confecção do tijolo e falhas estruturais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para utilização do BTC, o solo precisa ser moldado nos formatos de tijolos maciços ou blocos vazados, estabilizado por algum tipo de aditivo e comprimido em prensas manuais ou mecanizadas. Como o tijolo ou bloco não precisa ser queimado, o custo dos processos de extração, transporte e fabricação do BTC fica bastante reduzido, o que possibilita sua escolha como técnica construtiva indicada especialmente na modalidade de autoconstrução, tanto no ambiente urbano, como rural. Trata-se de uma tecnologia sustentável e apropriada, por requerer utilização de mão de obra intensiva e não especializada.

Em função da elevação da densidade por adensamento da mistura, o BTC possui boas características físico-químicas, como inércia térmica, resistência à compressão simples e à ação da erosão, além de baixa absorção de umidade. Para o efetivo controle destas características, devem ser utilizados procedimentos simples de ensaios, ou métodos 'de campo', que permitem conhecer a composição do solo e aferir a sua adequabilidade durante a execução do BTC.

Contudo, deve-se ter em conta as patologias na confecção dos blocos e execução da alvenaria de BTC, face aos esforços horizontais, movimentos de translação, balanço, torção e às deformações simultâneas, como nos sismos. Mas o principal inconveniente das construções em terra é a degradação do material sobre a ação das intempéries, devendo se minimizar a ação da água com projeto de fundações adequado ao tipo de terreno e com a proteção das paredes, por meio de um revestimento ou pintura uniforme e uma boa cobertura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994). NBR 10834: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro: ABNT.

Barbosa, N. P. (2006). Transferência e aperfeiçoamento da tecnologia construtiva com tijolos prensados de terra crua em comunidades carentes. Porto Alegre: Coletânea Habitare, v.2.

Craterre (1991). *Building with earth*. Doat, P. et al. (Org.). Nova Delhi. In: *The Mud Village Society – CRATerre - International Centre of Earth Construction*. 284p.

Cruz, M. L. S.; Jalali, S. (2007). Avaliação do melhoramento de terra estabilizada com cimento e activadores. In: *Terra em seminário – Seminário Arquitectura de Terra em Portugal*, 5. Lisboa: Argumentum. p. 82-85.

Fernandes, M. (2007). Patrimônio de terra. Universalidade das técnicas. Disciplina do Curso de Mestrado em Reabilitação de Arquitectura e Núcleos Urbanos, Universidade Técnica de Lisboa, 2007. Disponível em: <<http://mestrado/reabilitacao.fa.utl.pt/disciplinas/jaguiar/MariaFernandesTERRA1>>. Acesso em: 21 fev. 2009.

Goulart, J. M. A. (2009). Tecnologia apropriada e sustentável na habitação de interesse social: o uso do bloco de terra comprimida. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

Habiterra (1993). Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones con ladrillos y bloques de suelo -cemento. In *Técnicas de construcciones con tierra*. Salvador: CYTED HABYTED/ Proterra. CD-ROM

Hays, A.; Matuk, S. (2003). Las técnicas mixtas dentro del sinóptico de la geo-construcción. In: *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. Salvador: CYTED HABYTED/ Proterra. CD-ROM

Lourenço, P., Brito, J. e Branco, F. (2002). Novas tecnologias na aplicação de terra crua na construção. Lisboa. Disponível em: <http://www.ikaza.com.pt/presentationlayer/Estudo_01.spx?id=10&canal_ordem=0403>. Acesso em: 5 jan. 2009.

Neves, C. (2007). Solo-cimento: dosagem e técnicas construtivas. In: *Terra em seminário – Seminário Arquitectura de Terra em Portugal*, 5. Lisboa: Argumentum. p. 86-88

Walker, P. (2002). A non-conventional building materials course for undergraduate engineers. In: *International Conference On Non-Conventional Materials & Technologies*, 3. Hanoi (VN). *Proceedings...*

AUTORES

João Maurício de Andrade Goulart, Mestre em Engenharia Civil (2009) pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG/ Brasil. É professor de Projeto Arquitetônico do Departamento de Engenharia Civil do CEFET-MG e faz parte do Grupo de Pesquisa Arquitectura e Construção Sustentável do CEFET-MG.

Maria Cristina Ramos de Carvalho, Doutora (2004) e Mestre (2000) em Engenharia Civil. É professora do CEFET-MG nos cursos de Engenharia de Produção Civil e de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil. Coordena o Grupo de Pesquisa em Arquitectura e Construção Sustentável do CEFET-MG.



CASA EM PAU A PIQUE

Ricardo Junqueira Piva

R. Atibaia 261, Jd. Apolo, São Jose dos Campos, S.P. tel: 12-39211537 rjpiva1@terra.com.br

Palavras-chave: pau a pique, contemporâneo, menor impacto

Resumo

Este trabalho é um estudo de caso de uma casa em pau a pique. É uma residência de fim de semana na cidade de Monteiro Lobato, região da Serra da Mantiqueira paulista. Desde o início do projeto foi exposto ao cliente a nossa preocupação em fazer uma construção de menor impacto ambiental possível, dentro de uma linguagem contemporânea, buscando respeitar ao máximo o entorno majestoso, tudo isso com um conforto ambiental ótimo. A escolha do pau a pique foi natural, em todos os aspectos. Foi utilizado o eucalipto tratado como estrutura e telhado. O cliente ficou muito satisfeito com o resultado final da obra, elogiando o conforto térmico proporcionado pelo pau a pique e o projeto como um todo. Donde se conclui que é perfeitamente viável executar uma obra contemporânea e sustentável utilizando a terra como elemento construtivo.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com minimizar o impacto ambiental da construção começa pelo estudo do local. É o terreno que pede o projeto, nunca este que se impõe ao sítio.

O cliente pedia uma ampla cozinha com fogão a lenha integrada com a sala e três quartos afastados da área social para maior privacidade. O arquiteto sugeriu dois banheiros, sem suíte nem lavabo, assim diminuindo custos e materiais de alto valor energético embutido.

O terreno em questão se situa em uma área de declives acentuados, com orientação ao norte e às vistas. Deste modo, para minimizar a movimentação de terra com cortes e aterros, o projeto foi idealizado em vários módulos, em diferentes cotas: a chegada/garagem na cota 00m, a área social (sala, cozinha, varanda e área de serviço) na cota -3,00 m e os três quartos e dois banheiros na cota -1,00 m, afastados 7,00 m a oeste do salão social, conectados por um corredor/escada coberto (figura 1).



Figura 1. Corredor/escada

A escolha dos materiais também foi fundamental para minimizar o impacto da construção.

Os alicerces são de pedra rachão, a estrutura em eucalipto tratado, os fechamentos em pau a pique e tijolo de barro maciço assentados sem cimento, cobertura de telhas de barro, pisos em lajotas cerâmicas e as esquadrias são de peroba de demolição.

2. CONSTRUÇÃO

Esta é uma construção artesanal, feita com mão de obra local que nunca tinha trabalhado com pau a pique, alicerce de pedras ou argamassa sem cimento. A obra, de 200 m², durou um ano e quatro meses, com atrasos por causa das chuvas (o local é de difícil acesso). A preocupação maior não foi tanto com a produtividade, mas sim com a busca por soluções locais com a intenção de valorizar a economia da região.

2.1 Alicerces

O alicerce foi feito com pedras rachão, tipo sapata corrida, assentadas com argamassa de areia, terra e um pouco de cimento, sem ferro. Por cima das pedras foi assentada, com massa de cal areia e terra, uma fiada de tijolos, com 20 cm de largura para o nivelamento das paredes.

Na ala íntima os pilares de eucalipto ficaram apenas apoiados sobre o alicerce, já que as várias paredes garantiam a estabilidade geral da estrutura. No salão social, temos uma planta livre com um canto de 5 m de cada lado em vidro (figura 2). Neste caso optou-se por enterrar os pilares para garantir a estabilidade. Os pilares foram enterrados em um buraco de aproximadamente 60 cm de diâmetro e 1,50 m de profundidade. O fundo do buraco recebeu 10 cm de brita de pedra, depois o pilar foi colocado no lugar e em seguida preencheu-se o vazio com mais brita. Dessa maneira a umidade do solo tende a não se fixar no pilar. Debaxo das paredes, o mesmo sistema dos quartos, sapata corrida de pedras rachão.



Figura 2. Salão social, canto de vidro

2.2 Estrutura

A estrutura é de eucalipto roliço tratado. Os vãos foram projetados levando-se em conta as dimensões máximas das peças encontradas na usina de tratamento da região. As vigas, caibros e ripas do telhado também são de eucalipto. A cobertura dos telhados é de telhas de barro.

2.3 Pisos

Todo piso da casa é de lajota cerâmica natural 30 cm x 30 cm, com exceção dos banheiros, em cerâmica esmaltada, tipo azulejo.

O solo foi apiloado manualmente e, em seguida, recebeu aproximadamente uma camada de 5 cm de brita. As lajotas foram assentadas por cima da brita com uma argamassa de cal

virgem hidratada na obra, areia e terra. O rejunte foi feito com a mesma argamassa. Nos banheiros, para evitar um contrapiso de concreto, optou-se por nivelar o piso com tijolos assentados com a argamassa anterior (figura 3). Os tijolos foram cobertos com uma camada de cimento apenas para o nivelamento final a fim de receber o piso cerâmico. Desta maneira utilizou-se um mínimo de cimento.



Figura 3. Contrapiso do banheiro

Os pisos externos descobertos são de placas de pedra Miracema 40 cm x 40 cm assentadas sobre camada de areia, espaçadas 10 cm umas das outras, onde foi plantado grama para o travamento das peças. Na garagem coberta, o mesmo processo, apenas os vãos entre as placas foram preenchidos com argamassa de cimento para garantir o travamento.

2.4 Paredes

As paredes da casa são todas de pau a pique, menos as dos banheiros e cozinha.

A trama estrutural do pau a pique é de bambu colhido na região. As varas verticais são de bambuíra, uma espécie mais resistente e as horizontais em bambu vulgaris, cortadas ao meio. A amarração foi feita com arame recozido. Na parte superior da parede, os bambus foram encaixados, alternadamente, em furos nas vigas de eucalipto. As laterais foram pregadas nos pilares, deixando um vão de 3 cm entre o bambu e o pilar, para permitir a passagem do rolo de arame. Na parte inferior as varas ficam presas entre dois tijolos assentados “de espelho”, um de cada lado da parede. Com isso trava-se o pé das varas e cria-se um rodapé de tijolos para proteger o pau a pique (figura 4). Os tijolos são maciços, de barro, assentados com a argamassa de cal, areia e terra, sem cimento.



Figura 4. Rodapé

Os batentes das portas e as janelas são fixados em sarrafos verticais de 6 cm x 8 cm de peroba de demolição. Nas paredes mais altas, de 3,80 m de altura, foram pregados os mesmos sarrafos também na horizontal, assim diminuindo o comprimento das varas de bambu verticais, com a intenção de enrijecer a parede (figura 5). Os conduites da instalação elétrica foram colocados dentro da trama de bambu, com as saídas para tomadas e interruptores, antes do fechamento das paredes com o barro.



Figura 5. Enrijecer estrutura do pau a pique

O primeiro “barreado” foi feito em mutirão com os familiares e amigos dos proprietários, o arquiteto e os pedreiros da obra. Como os pedreiros nunca tinham trabalhado com a técnica, isso serviu para a capacitação deles. O restante das paredes eles puderam fazer sozinhos.

Apos um mês, com o barro seco, as paredes receberam uma primeira capa de argamassa de areia sem peneirar, cal virgem hidratada na obra e terra e depois sarrafeada. Com essa capa quase seca, foi aplicada com desempenadeira de aço, uma segunda camada muito fina, de massa de areia bem peneirada, cal e pouca terra (figura 6).



Figura 6. Aplicação da segunda camada do revestimento

Por fim, as paredes internas receberam pintura de cal virgem hidratada na obra na cor natural branca. As paredes externas foram caiadas com cal tingida com a terra do próprio terreno.

As paredes dos banheiros são de tijolos maciços de barro assentados com a mesma argamassa sem cimento. No box do chuveiro e atrás do vaso sanitário e pia, até 1,20 m de altura, as paredes receberam azulejos assentados com massa de cimento. As outras paredes ficaram com o tijolo à vista, pintadas com cal. Na cozinha, a parede da pia e da bancada de trabalho, também são de tijolos assentados sem cimento e azulejadas até 1,20 m de altura.

2.5 Esquadrias

As esquadrias foram desenhadas pelo arquiteto, feitas com peroba rosa de demolição e executadas na marcenaria local.

3. CONCLUSÃO

Desde recém formado já tinha uma preocupação com a salubridade das edificações, pensando na implantação no terreno, ventilação e iluminação natural, conforto dos edifícios, etc. Em 2001, comecei a trabalhar com terra como material de construção, o que me levou a ter mais consciência dessa idéia de menor impacto ambiental. Junto com essa atitude vieram os conceitos de pegada ecológica, da energia embutida em cada material, desde sua extração, manipulação, transporte e instalação. Com isso em mente, a escolha dos materiais foi ficando cada vez mais importante. A ponto de mudar o modo de fazer arquitetura, de repente passou a existir uma razão maior para as formas imaginadas, para a escolha dos materiais, mais do que só uma estética formal. A busca agora é por uma estética responsável, como fazer com qualidade, beleza e consciência ecológica?

A terra, dentro desta visão, é um dos materiais menos impactantes que existe. Geralmente se encontra na própria obra, portanto não há gasto de energia com transporte, é totalmente reciclável com quase zero de consumo de energia, é térmica e acusticamente excelente. A madeira é outro material de baixa quantidade de energia embutida, praticamente só transporte e beneficiamento. Pessoalmente utilizo somente madeiras de reflorestamento ou de reuso (demolição), não acredito nas certificações nacionais. Além destes, tento usar ao máximo materiais reciclados; janelas, portas, assoalhos, vidros e tijolos. A energia embutida neles é otimizada com o reuso.

Esta obra reflete todos estes conceitos.

Outro ponto importante é a difusão dessas ideias para as pessoas direta ou indiretamente em contato com a construção. Felizmente o proprietário, já com uma consciência ecológica, foi ficando cada vez mais sensível a estas questões ao longo da obra. Hoje se sente muito orgulhoso de ter uma casa de pau a pique!

AUTOR

Ricardo Junqueira Piva, arquiteto autônomo, formado na FAU Mackenzie em 1980. Mora e trabalha em São José dos Campos, SP.



CONSTRUÇÃO EM TERRA: UMA OPÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A REALIDADE URBANA DOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO – O CASO DE ÁFRICA

Célia Macedo

Department of Architecture, Oxford Brookes University, UK; e-mail: celia.macedo@brookes.ac.uk

Palavras-chave: Sustentabilidade, construção em terra, áreas urbanas, países em desenvolvimento

Resumo

É sabido que no decorrer dos últimos anos os países em desenvolvimento sofreram um aumento significativo da sua população residente. Este facto verifica-se sobretudo nas zonas urbanas onde, como consequência, providenciar habitação condigna a uma população particularmente desfavorecida se tem revelado bastante difícil. Perante as estimativas de um futuro predominantemente urbanizado é imperativo que se encontrem soluções construtivas, sustentáveis e acessíveis, de forma a combater a carência habitacional e os problemas sociais com esta relacionados. A utilização de materiais locais, combinados com modelos inspirados em técnicas de construção tradicionais, ao invés da adopção de soluções importadas muitas vezes dispendiosas e culturalmente desligadas do contexto onde são introduzidas, é frequentemente apontada como uma opção prática e viável para resolver esta questão.

Dado este contexto, o presente artigo reflecte uma investigação, ainda a decorrer no âmbito de um programa de doutoramento na Oxford Brookes University (Reino Unido), cujo principal objectivo é explorar e avaliar o potencial do material de construção terra como forma de criar habitação sustentável de baixo custo em áreas urbanas de países em desenvolvimento, com especial ênfase em África.

Nesta fase da investigação, os métodos utilizados para a obtenção de informação baseiam-se sobretudo na análise rigorosa da literatura alusiva ao tema, daqui se identificando casos de estudo onde é demonstrado o papel do material terra enquanto elemento que contribui activamente para a habitação sustentável de baixo custo. Esta análise é concluída com a exploração do sucesso ou insucesso desses casos e da sua aplicabilidade em diversos contextos.

Como conclusão, procura-se estabelecer um entendimento relativamente às técnicas de construção em terra passíveis de serem aplicadas a áreas urbanas de países em desenvolvimento, bem como entender quais os aspectos que poderão conferir a estas habitações um carácter sustentável quando consideradas as suas vertentes sociocultural, económica e ambiental.

1. INTRODUÇÃO

1.1 O rápido crescimento da população e a carência habitacional no mundo

Muito embora o problema do crescimento da população mundial tenha sido abordado já desde o século XVIII por pessoas como Thomas Malthus que analisaram o assunto de uma perspectiva, sobretudo económica (Malthus, 1985), foi durante os anos 80 do recente século XX que este tema assumiu proporções globais. Foi então reconhecido que o rápido crescimento da população mundial não estaria a decorrer de forma sustentável, atendendo aos recursos ambientais disponíveis e que este facto seria incompatível com a distribuição equitativa dos recursos e que qualquer melhoramento habitacional seria difícil, dado a escala do problema (World Commission on Environment and Development, 1987). Números recentes, adiantados pelas Nações Unidas em 2007, prevêem que no ano de 2050 se atingirá um número astronómico de 9 mil milhões de pessoas, no entanto, é sublinhado que este não é de todo fenómeno equilibrado, já que é nos países em desenvolvimento que o crescimento populacional é mais notório (United Nations, 2007).

Antecipando como este facto poderia afectar directamente a população, surgem iniciativas como a *Global Strategy for Shelter* (1988), que têm como principal objectivo combater a escassez habitacional verificada sobretudo nas áreas urbanas dos países em desenvolvimento. Compreendendo as implicações óbvias que estas iniciativas teriam no ambiente construído, a Agenda 21 (United Nations, 1992) redigida após a *Earth Summit* de 1992, dedica um capítulo inteiro à promoção da sustentabilidade dos povoamentos humanos, cujas recomendações incluem o uso de materiais indígenas e técnicas de construção tradicionais. As orientações propostas têm a intenção de “melhorar a qualidade social, económica e ambiental dos povoamentos humanos assim como as condições de vida e trabalho das pessoas em geral, em particular os pobres urbanos e rurais.” (United Nations, 1992).

Estes mesmos problemas afectam o território africano há décadas. Na verdade, desde meados dos anos 60 do século XX, após a maioria dos países terem conquistado a sua independência, as cidades africanas têm passado por mudanças radicais, muitas das quais relacionadas com o aumento exponencial da sua população residente (United Nations Centre for Human Settlements - HABITAT, 1996). Este crescimento inicialmente motivado pela migração das zonas rurais para as zonas urbanas, evoluiu já para um processo de crescimento natural (UN-HABITAT, 2008) e prevê-se que a tendência de crescimento se mantenha no futuro. Estima-se que por volta de 2030 África acumule um total de 759,4 milhões de pessoas a habitar em cidades e que em 2050 o continente terá mais população urbana que a combinação das populações urbanas e rurais de todo o Hemisfério Ocidental. Portanto, com as projecções a apontar para que em 2015 existam já 59 cidades Africanas excedendo um milhão de habitantes, é urgente que se encontrem formas de garantir habitação e serviços para toda a população urbana (UN-HABITAT, 2008). Este desafio pode revelar-se algo difícil, considerando-se a seriedade do problema já que actualmente, onde 46% desta população urbana habitam em povoamentos informais (UN-HABITAT, 2008), onde a qualidade do ambiente edificado é bastante precária (United Nations Centre for Human Settlements - HABITAT, 1996).

Ora, considerando este problema é então absolutamente vital que se garanta que cidades africanas, mesmo que em franca expansão, consigam dispor dos meios para não só providenciar abrigo para a sua população, mas fazê-lo de forma sustentável. Para que tal objectivo se atinja com sucesso, é preciso que se ponderem várias questões económicas, socioculturais e ambientais, naturalmente envolvidas no processo.

1.2 O novo paradigma do ambiente construído nas áreas urbanas de países em desenvolvimento

A abordagem ao ambiente construído nos países em desenvolvimento desempenha um papel fundamental na concretização de uma malha urbana sustentável. Existem, no entanto, diversas questões fundamentais para as quais é necessário encontrar respostas. Tal é o caso da escolha e adequação dos materiais de construção a empregar presentemente nas mega-cidades.

Estima-se, por exemplo, que numa casa típica, a percentagem de valor atribuída aos materiais de construção possa atingir os 80% do total, representando assim a maior contribuição para a construção da habitação (United Nations Centre for Human Settlements - HABITAT, 1996). Este facto era, de certa forma, pouco irrelevante no passado já que, de uma forma ou outra, a população de baixos rendimentos sempre foi capaz de erguer um abrigo, atendendo assim às suas necessidades imediatas (Payne, 1977) e empregando geralmente conhecimentos de arquitecturas vernáculas passados de geração em geração. Estas tecnologias construtivas recorriam a materiais locais e tradicionais e eram consideradas ajustadas para as condições locais, factos que lhes conferiam uma evidente sustentabilidade económica e ambiental (Oliver, 2003). Em contrapartida, nos dias de hoje, onde os materiais de construção e soluções arquitectónicas importadas são vistas como sinal de desenvolvimento e sofisticação e o uso dos materiais de construção tradicionais se

encontra em declínio (United Nations Centre for Human Settlements - HABITAT, 1996), a questão da adequação dos materiais e tecnologias constituem uma grande fonte de preocupação.

Em nome de uma dita modernidade, materiais como o betão, aço e vidro, bastante comuns no mundo ocidental, têm sido progressivamente introduzidos nos países em desenvolvimento, mesmo sendo demasiado dispendiosos, usados de forma inapropriada e climaticamente inadequados. Estas práticas são geralmente apoiadas por normas e regulamentos baseados em modelos ocidentais (Oliver, 1983). Assim, na maioria dos países africanos, os materiais de construção disponíveis no mercado, mesmo que por vezes de fraca qualidade, são vendidos a um preço extremamente elevado, o que dificulta o acesso aos mesmos pelo grupo de população mais pobre.

Desta forma, não só o cidadão individual é prejudicado mas também os programas de habitação patrocinados pelo governo que, cegos pela atractividade de materiais de construção modernos e caros, acabam muitas vezes por abandonar projectos a meio devido à indisponibilidade dos materiais especificados (United Nations Centre for Human Settlements - HABITAT, 1996).

Com o intuito de abordar tais problemas, muitos estudos têm concentrado a sua atenção no tema das cidades sustentáveis, no entanto, poucos têm sido efectuados à escala da habitação nas zonas peri-urbanas, zonas estas onde a população têm vindo a aumentar consideravelmente. As soluções frequentemente indicadas como apropriadas para estes casos incluem alta densidade e construção em altura, apesar do facto de ter sido já provado que estas falham, não só em termos de insatisfação técnica (materiais, falha de sistemas pré-fabricados, condição e negligência) mas também, e particularmente, em termos sociais (Oliver, 2003). Começam no entanto a surgir outras perspectivas que reconhecem a urgência da introdução de práticas de construção sustentável, estas já a encarar o desenvolvimento socioeconómico e a protecção ambiental como desafios comuns para o futuro do ambiente construído (United Nations Centre for Human Settlements - HABITAT, 1996). Considerando a problemática do rápido crescimento populacional e espacial, não acompanhado de industrialização e crescimento económico, com que se deparam as cidades Africanas (Radoki, 2005), é fundamental que se abracem então estas últimas soluções. É neste contexto que surge por diversas vezes a sugestão do uso dos materiais e técnicas de construção de terra como uma possível ferramenta para combater a escassez de habitação em África, de forma sustentável (ex.: Agarwal, 1981; Arumala e Gondal, 2007; Gooding e Thomas, 1995; Zami e Lee, 2008).

2. A CONSTRUÇÃO EM TERRA NA HABITAÇÃO SUSTENTÁVEL DE CUSTO REDUZIDO

Embora a construção em terra seja ainda a mais comum em diversos lugares do mundo, esta prática tem-se deparado com diversos obstáculos no que à sua aplicação futura diz respeito. Um exemplo é o caso da influência ocidental sobre a prática da arquitectura nos países em desenvolvimento, o que tem de alguma forma atribuído prestígio e status a “materiais modernos”. Como consequência os materiais e técnicas tradicionais (entre as quais se inclui a construção em terra) têm conhecido algum abandono e são, por vezes, encarados como não adequadas à vida contemporânea. Contradizendo assim a afirmação de Rapoport (1969, p.26) “a mudança dos materiais não altera necessariamente a forma da casa”, neste caso é mesmo comum encontrar transformações no ambiente construído, sendo que os edifícios tradicionais se adaptam a ponto de adoptarem novas formas. Por exemplo, devido à introdução de telhados de zinco as tradicionais casas de planta circular são frequentemente substituídas por casas de planta rectangular, já que é a esta última que as coberturas de chapa se adaptam mais eficazmente (Denyer, 1978).

Para além disto, e mesmo com o reconhecimento de que os planos de habitação falharam muitas vezes por ignorarem questões sociais básicas, a imposição de standards

habitacionais inatingíveis é ainda uma realidade em diversas partes do mundo (Turner, 1972), incluindo nos países africanos. A aplicação de tais normas e regulamentos a este contexto, muitas vezes baseados em exemplos europeus (United Nations Centre for Human Settlements - HABITAT, 1996), é vista como arriscada por não considerar o modo de vida local e as necessidades específicas das populações (Rapoport, 1969).

Desta forma, a questão que importa então colocar é em que consiste de facto um povoamento humano sustentável num contexto urbano sobrepovoado e com fracos recursos económicos, já que a aplicação do seu conceito tem sido amplamente promovida como o meio para melhor combater o problema da escassez habitacional. A chave para um desenvolvimento sustentável foi introduzida no nosso quotidiano em 1987, aquando da definição oficial do conceito. A expressão “satisfazer as necessidades da geração actual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades” (World Commission on Environment and Development, 1987, p.8), tornou-se assim numa referência aplicável a vários sectores, entre os quais se encontra o dos edifícios. Mesmo assim, e apesar de hoje a sustentabilidade ser descrita como uma combinação equilibrada de aspectos sociais, económicos e ambientais, o significado de cada um destes carrega diferentes interpretações, dependendo do seu contexto. Logo, qualquer estratégia de habitação sustentável de custo reduzido a ser aplicada em África, terá necessariamente de ter este factor em consideração.

No que à construção em terra diz respeito, embora esta não represente a solução miraculosa para o problema da falta de habitação (Denyer, 1978), é muitas vezes apontada como a mais viável para providenciar habitação para um elevado número de pessoas, de forma sustentável (Agarwal, 1981; Houben; Guillaud, 1994; Minke, 2006), sendo uma solução particularmente indicada para os mais pobres (United Nations Centre for Human Settlements - HABITAT, 1996).

Seguidamente, o material terra será brevemente analisado sob as perspectivas social, económica e ambiental para que se entenda o papel que o material poderá ter na contribuição para a criação da habitação sustentável.

2.1 A construção em terra e a vertente social

A construção em terra tem sido utilizada como forma de proporcionar abrigo às populações durante séculos, acompanhando assim a própria história da Humanidade. Este é também o caso de África, onde a variedade e formas dos edifícios em terra reflectem o espírito do material, do local e dos seus construtores da terra. (Houben e Guillaud, 1994).

Alguns defensores da construção em terra afirmam que a mesma se encontra geralmente associada a espaços arquitectónicos orgânicos onde impera alegria, surpresa, interesse, drama e variedade, como é o caso do plano da cidade de Mopti, no Mali. Pelo contrário, às casas modernas, que fazem uso de materiais de construção e conceitos ocidentais, é associada a falta de “coração, individualidade e segurança” (Smail, 1990, p.122).

Este é também um material profundamente ligado ao sentido de comunidade. É comum que se encontrem práticas onde toda uma comunidade participa na construção das casas de família, amigos e vizinhos.

Nos dias de hoje, e apesar dos esforços movidos em contrário, a construção em terra é ainda muitas vezes socialmente rejeitada, sobretudo pela sua associação com pobreza e atraso civilizacional (Kabir, 2005), o que nada tem a ver com o seu desempenho real ou capacidade técnica. Para alterar esta situação, é necessário que se implementem medidas no sentido de apoiar a utilização do material terra. Medidas como o apoio por parte dos regulamentos de construção ou mesmo do exemplo dado pelos governos utilizando as tecnologias de construção em terra nos edifícios públicos, o investimento na formação de profissionais da construção e a inclusão do tema nos programas universitários (Kabir, 2005).

2.2 A construção em terra e a vertente económica

Hassan Fathy, um defensor do uso arquitectura de terra como forma de abrigar os mais pobres, alega que “um simples bloco de terra seco ao sol é perfeitamente adequado para construir uma casa e, pode ser produzido no Egipto quase a custo zero” (Fathy, 1973, p.133).

Esta mesma ideia é defendida por George, que no seu livro *A fate worse than debt* (1988), defende que o uso de arquitectura de terra tradicional pode contribuir mesmo para a redução das dívidas nacionais dos estados Africanos. De acordo com Houben and Guillaud (1994), o uso de materiais locais dinamiza a economia local, promovendo a formação de técnicos e artesãos, criando, por isso, postos de trabalho.

O proprietário-construtor pode beneficiar do facto de a terra ser geralmente encontrada no próprio local de construção, evitando assim o custo associado ao transporte de materiais para erguer a sua casa (Minke, 2006).

2.3 A construção em terra e a vertente ambiental

Segundo Berge (2009), nos dias de hoje, a indústria da construção é a segunda maior responsável pelo consumo de matérias-primas, logo após a indústria alimentar. Isto sublinha a importância da utilização de materiais de construção que se encontrem amplamente disponíveis e que não dependam de fontes de energia não renováveis para a sua produção. O mesmo autor relembra ainda a importância da reciclagem dos diversos elementos construtivos, uma vez que isso poderá reduzir a procura de novos materiais.

No que ao material terra diz respeito, e como foi já mencionado, o mesmo encontra-se largamente disponível na maior parte do mundo (embora nem sempre adequado para construção) e a energia que requer para sua produção, transporte e movimentação está estimada em cerca de 1% da energia necessária para fazer o mesmo, por exemplo, com blocos de cimento. Devido às suas propriedades naturais, o material terra armazena calor e liberta-o progressivamente para o interior dos espaços e diz-se mesmo que melhora também a qualidade do ar interior, absorvendo poluentes (Minke, 2006).

Embora todos estes aspectos, e muitos mais, sejam apontados frequentemente como exemplos do impacto ambiental reduzido do material de construção terra, é importante referir que práticas mais modernas incorporam não só a mecanização do processo construtivo em terra, mas também prevêm a adição de cimento à mistura. Ora, isto poderá aumentar não só a energia incorporada do processo, como alterar o potencial de reciclagem e desempenho do material e nem sempre melhora a qualidade do mesmo (Zami; Lee, 2008).

Embora a questão da utilização ou não de estabilizantes possa originar alguma polémica, cada caso deverá ser analisado individualmente, dependendo das suas características e requisitos.

3. EXEMPLOS E ANÁLISE DE CASOS DE ESTUDO

Nesta secção, dois exemplos de construção em terra no contexto Africano serão brevemente descritos e analisados criticamente.

3.1 Escola DfID, Hatcliffe, Harare, Zimbabwe

Este projecto de 1997 (figura 1), a cargo de Ram Cast CIC, foi financiado pelo governo britânico, pelo Overseas Development Administration (ODE) e consistiu na construção de um bloco de salas de aula no Scientific and Industrial Research and Development Centre (SIRDC), em Hatcliffe, Harare (Zimbabwe). A técnica construtiva utilizada foi a taipa, embora betão tenha sido utilizado para as fundações, a pedido da organização de acolhimento.

Após a sua construção, este edifício demonstrou a flexibilidade do material terra assim como as possibilidades técnicas da sua utilização, quando aplicados por exemplo coberturas de vãos de grandes dimensões, factor muito útil para salas de aula e clínicas. Para além disso foi também verificado que a taipa pode ajudar a reduzir o preço da construção de uma forma geral, já que este edifício ficou em cerca de 60% mais barato do que se blocos de cimento fossem utilizados. Finalmente, a juntar à flexibilidade e economia encontra-se a rapidez de construção. Os 155 m² de paredes ficaram completos num curto espaço de 4 semanas. O exemplo aqui ilustrado revela que é possível aplicar com sucesso esta técnica e procedimento por exemplo a habitações escolas, clínicas ou até edifícios comerciais em África (Keable, 2007; Zami; Lee, 2008).



Figura 1. Escola DfID, Hatcliffe, Harare, Zimbabwe (Keable, 2002)

3.2 Mesquita em Mamarila – Sanogola, Mali: Técnica de construção “Voûte Nubienne”

Esta mesquita (figura 2) foi erigida na estação de construção de 2008/08, utilizando a técnica denominada ‘la Voûte Nubienne’ ou VN. Muito embora este tipo de construção seja tradicionalmente utilizada no Sudão e Ásia Central, tem sido adaptada a algumas áreas de África onde a madeira é escassa, uma vez que dispensa o uso de outro material que não a terra para as paredes e cobertura (blocos de terra comprimida – BTC, ou blocos de adobe). Esta possibilidade é muito útil, especialmente considerando que a madeira, enquanto recurso natural, é por vezes explorada de forma insustentável em muitos países em desenvolvimento (United Nations Centre for Human Settlements - HABITAT, 1996).

Este edifício é composto por 3 abóbadas principais e duas secundárias, mais pequenas. Também este exemplo é caracterizado por um curto tempo de construção, já que a estrutura principal foi completa em 25 dias e os rebocos no interior e exteriores aplicados depois em 10 dias (Association La Voute Nubienne, nd). A rapidez de execução desta técnica foi já por várias vezes comprovada, por exemplo numa casa modelo construída num tempo recorde de 24 horas nos laboratórios da CRAterre, em Grenoble, em França (Fontaine; Anger, 2009).

O custo mais elevado deste tipo de construção é geralmente atribuído à mão de obra, já que o restante está relacionado, sobretudo ao uso de materiais e recursos locais, o que favorece a economia local. Neste caso em particular, durante a construção da mesquita, 10 pessoas receberam formação que puseram já em prática noutros projectos em aldeias vizinhas, após a conclusão deste.

A Associação Voûte Nubienne considera que este tipo de edifício, embora seja mais comum em zonas rurais pode também ser adaptado a áreas urbanas e peri-urbanas. Poderão ser vistos como pontos menos positivos o facto desta técnica, segundo a mesma associação, requerer mão-de-obra com experiência (ao contrário de outras técnicas de construção de terra), assim como o facto de estes edifícios necessitarem de manutenção anual para garantir protecção contra os elementos do clima. Para evitar esta última, em alguns casos utiliza-se um reboco exterior com cimento adicionado, deixando assim a parede impermeável (Association La Voute Nubienne, nd), podendo aumentar-se no entanto o impacto ambiental do material.



Figura 2. Mesquita em Mamarila – Sanogola, Mali (Association la Voute Nubienne, 2009)

3. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O presente artigo procurou estabelecer uma relação entre o crescimento populacional do mundo e o estado do ambiente construído e qualidade de vida nos países em desenvolvimento, com especial ênfase no contexto Africano. Recorrendo a literatura publicada constata-se que é imperativo que se encontrem soluções construtivas sustentáveis para que se possa garantir habitação e qualidade de vida à população mais pobre, que é geralmente a mais afectada pelo crescimento exponencial das áreas urbanas.

A construção em terra é assim muitas vezes apresentada como uma opção viável e sustentável, nas suas vertentes social, económica e ambiental, para combater o problema da escassez habitacional para a população urbana e peri-urbana.

Através dos exemplos referidos neste artigo pode verificar-se que é possível erguer edifícios sustentáveis recorrendo às tecnologias de construção em terra, neste caso a taipa e BTC. Não só se verificou que o custo de construção é reduzido, quando comparado com outros materiais, mas também que se respeita o ambiente utilizando materiais locais, o que, por sua vez, minimiza a energia incorporada nos edifícios e as emissões de CO₂ geralmente associadas ao transporte de matérias-primas. A juntar a estes aspectos, encontra-se o investimento nas economias locais, através de programas de formação oferecida às pessoas envolvidas na construção. Estas têm a possibilidade de após adquirem este novo conhecimento poderem elas próprias envolver-se na concepção de outros projectos.

Mesmo assim, para que a construção em terra seja implementada e valorizada em pleno é preciso que se ultrapassem preconceitos sociais que de momento constituem verdadeiros obstáculos à sua utilização. Quer seja por uma questão de julgamento estético ou por questões políticas, por falta de apoio das autoridades locais ou inexistência de regulamentos que suportem a sua utilização, a verdade é que o potencial deste material milenar que é a terra parece estar ainda subaproveitado.

Estes e outros aspectos serão alvo de investigação futura durante os próximos três anos, período em que a autora se encontrará a desenvolver um doutoramento alusivo a este mesmo assunto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agarwal, A. (1981). *Mud, mud: the potential of earth-based materials for Third World housing*. London International Institute for Environment and Development.

Arumala, J. O.; Gondal, T. (2007). *Compressed earth building blocks for affordable housing*. In: *The construction and building research conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors*. Georgia Tech, Atlanta USA: RICS.

Association La Voute Nubienne (nd). [Online]. Retrieved on 25/04/2010 from: <http://www.lavoutenubienne.org/The-first-VN-Mosque-in-Mali>

- Berge, B. (2009). *The ecology of building materials*, 2nd ed. Oxford Elsevier Architectural.
- Denyer, S. (1978). *African traditional architecture: an historical and geographical perspective*. London: Heinemann.
- Fathy, H. (1973). *Architecture for the poor. An experiment in rural Egypt*. London: The University of Chicago Press
- Fontaine, L.; Anger, R. (2009). *Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture*. Paris: Éditions Belin/ Cité des sciences et de l'industrie.
- George, S. (1988). *A fate worse than debt: a radical new analysis of the Third World debt crisis*. London: Penguin.
- Gooding, D.; Thomas, T. (1995). *The potential of cement stabilised building blocks as an urban building material in developing countries - DTU working paper No. 44*. DTU
- Houben, H. and Guillaud, H. (1994). *Earth construction: a comprehensive guide*. London Intermediate Technology Publications.
- Kabir, K. (2005). *Mass housing through earth construction technology in Nigeria*. *Pakistan Journal of Social Sciences* 3 (5), p.755-760.
- Keable, R. (2007). *Ram Cast CIC*. [Online]. Retrieved on 25/04/2010 from: <http://www.rammed-earth.info/project/21/>
- Malthus, T. R. (1985). *An essay on the principle of population and a summary view of the principle of population*. Harmondsworth: Penguin.
- Minke, G. (2006). *Building with earth: design and technology of a sustainable architecture*. Basel, Berlin, Boston: Birkhauser.
- Oliver, P. (1983). *Earth as a building material today*. *Oxford Art Journal* 5 (2), pp.31-38.
- Oliver, P. (2003). *Dwellings: The vernacular Worldwide*. New York: Phaidon.
- Payne, K. P. (1977). *Urban Housing in the third world*. London Boston: Leonard Hill Routledge & Kegan Paul.
- Radoki, C. (2005). *The urban challenge in Africa*. In: Keiner, M., Koll-Schretzenmayr, M. and Schmid, W. A. (eds.) *Managing urban futures : sustainability and urban growth in developing countries*. Aldershot Ashgate.
- Rapoport, A. (1969). *House form and culture*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Smail, D. (1990). *Retention of the traditional values of African earth architecture*. In: *Conservation of earthen architecture: 6th international conference: Adobe 90: preprints*. Las Cruces, NM: Getty Conservation Institute.
- Turner, J. F. C. (1972). *Housing as a verb*. In: Turner, J. F. C. and Fichter, R. (eds.) *Freedom to build: dweller control of the housing process*. New York and London Macmillan, pp.148-175.
- UN-HABITAT (2008). *The state of African cities 2008: A framework for addressing urban challenges in Africa*. Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT). [Online]. Retrieved on 10/12/2009 from: <http://www.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=2574>
- United Nations (1988). *General Assembly: Global Strategy for Shelter to the Year 2000*. United Nations. [Online]. Retrieved on 25/04/2010 from: http://www.unhabitat.org/downloads/docs/1393_76192_other1.htm
- United Nations (1992). *Earth Summit : Agenda 21 - The United Nations Program od Action from Rio*. United Nations. [Online]. Retrieved on 25/04/2010 from: <http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/index.shtml>

United Nations (2007). World population prospects the 2006 revision. Executive summary. New York: United Nations - Department of Economic and Social Affairs: Population Division.

United Nations Centre for Human Settlements - HABITAT (1996). An Urbanizing World: Global report on Human Settlements 1996. Oxford: Oxford University Press.

World Commission on Environment and Development (1987). Our common future / World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press.

Zami, M. S.; Lee, A. (2008). Using earth as a building material for sustainable low cost housing in Zimbabwe. The Built and Human Environment Review: online journal. University of Salford.

AUTORA

Célia Macedo. Estudante de PhD, desde 2009 (Oxford Brookes University, Reino Unido), MSc Energy Efficient and Sustainable Building, 2009 (Oxford Brookes University, Reino Unido), Arquitecta (Lisboa, 2005)



EARTH AND BAMBOO: EXPERIENCE FROM NEPAL

Nripal Adhikary

International Network for Bamboo and Rattan. 314 dhobidhara, Kathmandu, Nepa. E-mail: nripal@abari.org

Key words: bamboo, adobe, rammed earth, reinforcement historic buildings, Nepal

Abstract

Nepal lies in a seismically active and subtropical climactic zone, yet according to Nepal's Living Standard Survey 82% of the Nepali houses are made of earthen material. In order to tackle the challenge of earthquakes and high moisture, people in Nepal have used earth and bamboo/wood combination to create reinforced structures and high pitched yet light weight roofing system to tackle high rainfall. Using these techniques, people have built earthen structures as high as five stories. For last three years, the author has been revisiting these old techniques so that they can be used in modern design practices. Author has designed and supervised more than a dozens building using the combination of bamboo and earth and in this paper, author will describe the unique bamboo and clay construction techniques including earth and bamboo stitching techniques, post-compressed structures, bamboo reinforced domes, and many other architectural elements.

1. INTRODUCTION

Diverse climactic, geographical and cultural variation of the Himalayas have contributed to development of rich architectural tradition like rammed earth, adobe, stones, wattle and daub, wood and bamboo construction. Himalayan and adjacent region is prone to earthquake, landslides, floods extreme weather and over the centuries local artisans have developed sophisticated architectural traditions which have tried to mitigate and adapt to hostile weather and geographic conditions (Rautela, P. 2005, Jaquin, et. al 2004). In many rural regions of the country, buildings made with natural materials are still vibrant living traditions. Unfortunately, wherever modern roads have reached modern materials are slowly replacing the old vernacular architectural tradition. In urban areas, vernacular architecture implies poverty and backwardness. It is exacerbated by the fact that there has been professional and academic neglect of these centuries old traditions. There are very few academic or commercial institutions in Nepal that are encouraging use of the local materials so that they can cater to the modern sensibilities. Modern sanitation, fenestrations, moisture barriers, large room spaces have not been integrated in the vernacular system and moreover need for regular maintenance has encouraged people to deviate away from these centuries old traditions.

Structurally sound earthquake resistant modern buildings are expensive for ordinary Nepali, therefore many people build by compromising on aesthetic and structural integrity. Furthermore, the country does not have industry of its own, which means the construction materials have to be imported from India, leading to increased environmental and construction cost. A reinvestigation of traditional materials can provide solution to growing housing demand of the country by not compromising structural, ecological, cultural and economical level.

2. STATEMENT OF THE PROBLEM

Bamboo and earth are abundant in Southern Nepal. They have been used as construction materials for centuries. Locals believe that they are warm in winter and cool in summer. Influx of concrete in the last 30 years, especially after a construction of highway that joined

the region with rest of the country has changed the equation. Although concrete is thermally uncomfortable some of the perceived advantages it has over earth and bamboo buildings (which are not necessarily inherent to the materials) like- no need for regular maintenance, ability to construct large span structures, minimum intrusion of rodents and snakes into the house and relief from wet walls caused due to capillary action – make people believe concrete is a superior material.

This paper shows the author's experience in applying vernacular earthen techniques into modern context. Author and his team got an opportunity to construct 10 bamboo and earth houses in a village of Janakpur in the southern regions of Nepal (Figure 1). The paper presents traditional ways of using bamboo and author's experiment with bamboo and earth (mainly rammed earth, adobe and compressed earth blocks) in order to demonstrate that the traditional material can do what the modern materials can.



Figure 1. Map of Nepal (Google Map, 2010)

3. TRADITIONAL USES OF EARTH AND BAMBOO STRUCTURES IN SOUTHERN NEPAL

Bamboo construction are primarily done by an ethnic group called *doms*. Doms are 'untouchable' Dalit groups who have been working with bamboo for centuries. A dom family holds an exclusive right to work in a certain community. They can even sell their rights to another dom family if they decide to leave the area. It's a traditional way of protecting intellectual property. The most popular of their products is granary (locally know as *bhakari*), which is build out of bamboo and plastered with mud.

3.1. Wattle and daub technique,

The same construction materials are also used in construction of walls. Splits bamboo are first woven into a wall which are then connected to bamboo or wooden posts. Many layers of earth are applied on to the wall with a circular movement in order to give smooth finish (Figure 2). Ideal earth plaster consists of clayey soil (2/3 clay, 1/3 sand), cow dung and wheat husk which are left at least overnight to soak (Figure 3).



Figure 2. Wattle and Daub (Meyer and Deuel, 1997)



Figure 3. Plaster (Author, 2008)

Using this wattle and daub technique one can see construction of maximum of two stories (Figure 4). The columns, joists and beams are generally wood, wattle and daub walls are stitched to wooden poles and can be replaced whenever needed. Houses can be 30-40 years old but the walls are usually replaced every 6-7 years.

It is a ritual in villages to plaster ones house with various vegetable dyes after every monsoon (Figure 4) in preparation to a festival called *Chath* (which is in October) in order to mark the arrival of harvest. Every year for Chath, houses are plastered and maintenance including replacement of damaged bamboo are done. On the plaster surface women create relief sculpture using same materials (clay, cow dung and wheat husk). In the eastern region designs are hand-sculpted onto a top layer made with a cow milk additive to produce a white 'canvas' (Chaudhari et. al 2010). The colors are natural or artificial dyes.

The houses are plastered with beautiful motifs which are mainly done as 'art for arts sake' rather than for religious reasons. There can be art of flowers, elephants, old religious characters or modern motifs like airplanes and tractors.



Figure 4. Same house in different years (Author, 2009)

3.2. Some of the challenges of bamboo and earth houses

In Janakpur there are many reasons people associate bamboo and earth with poverty. Firstly, most people in the cities, which is considered to be the yardstick of development, live in concrete houses. This association of 'development' with concrete is a major hurdle for anyone who wants to see growth of these materials for modern uses. There are some technical limitations as well which have contributed to the negative perception of earth and bamboo.

Some of them are:

- There are many cavities between the joints between earth and bamboo, which allows entry of rodents and snakes into the house.
- Bamboo are placed directly onto the floors causing it to decay faster.

- Due to heavy weight of the clay tiles of the roof, walls tend to creep after a certain time.
- Traditionally due to limitations of technology people were not able to construct structures more than 3 meters in span.

Perhaps for the above reasons, village elites try to build houses out of cement. This creates an impression that these houses are primitive and unfit in the modern environment. But the people who live in cement houses invariably agree that the bamboo and adobe houses create a very pleasant thermal environment. It is interesting to note in villages that people still prefer earthen floors for thermal comfort in even if the walls are made of cement.

4. OUR INTERVENTION

In order to change the perception of people in Janakpur about traditional material, an international NGO, CARE Nepal, hired author and his team to build modern earth and bamboo houses by mobilizing local resources. The objective of the project was to construct modern structures using traditional materials which are - locally available, have low embodied energy, have cultural precedence and are thermally comfortable. In this regards large spanned structures were design and built using the local materials and local labor. There was a very comprehensive engagement of the locals in the design and construction process. The structures were built as a community hall, a cantina, public toilets and three office space for local NGOs. Most of the resources including material and labor were obtained locally. Only cement and rods, which constituted less that 10 percent of construction material were sourced from outside. Four kinds of earthen technologies were demonstrated: rammed earth, adobe, cob and compressed earth blocks. The fifth structure was a cantina, and it was built predominantly out of bamboo and some adobe.

4.1 Construction methodology

The foundation was the major component could substantially resolve issues like moisture intake through capillary action, entry of rodents and snakes, earthquakes and water splash off. Rubble trench foundation, made of small bed rocks, were laid without mortar. The gaps in-between the stones were supposed to act as shock absorber during earthquakes. There was a very high plinth level in order to avoid any splash off from rain. The rugged surface made of stone and the height of the plinth would deter entrance of snake. There were two layers of burnt bricks before the actual adobe started which would also act as deterrent against rodents, snakes and rain splash off.

4.2 Walls

In order to strengthen lateral resistance of earth walls, they were reinforced horizontally and vertically with bamboo. Bamboo posts were embedded into the burnt bricks at 2 meter interval after which layers of adobe, rammed earth and compressed earth blocks followed (Figure 5). After every two meters horizontal bamboo tie-beams were placed. In the rammed earth it was not a problem, as earth could be easily rammed around bamboo. To place bamboo horizontally in adobe and compressed earth blocks were real challenge, as the round bamboo surfaces conflicted with the flat bricks, because of its geometry. Finally, the technique of cob, which is earth reinforced with wheat husk, were used to fill up the uneven cavities created by bamboo.

4.3 Trusses

The wall portions were made of earthen material in order to create thermal mass. Bamboo were embedded into earth in order to provide structural strength. For the roofing all the trusses were made using bamboo. They were fabricated on the ground and hauled up when complete. They were placed on vertical bamboo posts and tied with cement and rebar (Figure 6). All our connections were done with rebar and cement. Span up to 8 meters were achieved using this method (Figure 7). Some of the limitation of fabricating in the ground was

replacement of bamboo (if needed) would be difficult. Moreover there were more chances of getting cracks if one is not careful as there are chances of twisting and turning when one is hauling up to the site.



Figure 5. Bamboo reinforcement on walls (Author, 2008)



Figure 6. Bamboo truss being put on bamboo post (Author 2008)



Figure 7. Bamboo roof on earth wall (Author 2008)

4.4 Roofing

Micro Concrete Tiles (MCR) were used for roofing. They are cost effective and ecological alternative to galvanized metal sheets and burnt tiles. MCR is mix of cement, sand and micro aggregate ($\varnothing > 10$ mm) which are vibrated for 45 seconds and cured in water for 2 weeks. We insulated MCR with flattened bamboo, which are obtained by beating bamboo on its axis. Since the colors could be added on to the tiles, many villagers found them very attractive.



Figure 8. Micro Concrete Tiles (Author, 2008)

4.5 Public perception and participation

In our intervention we have tried our best to be culturally sensitive. The communities were intended to be involved in the design and construction processes. The reaction has been mixed. Initially public were, adamantly against the use of earth and bamboo for construction as it represented backwardness. There was lots of convincing to be done. After realizing that their traditional materials were used with lots of modification, and as it started to look modern, perception gradually changed. It remains to be seen whether the locals will follow this kind of construction. Interestingly some of the concepts of truss were already being emulated though they were using ropes and not metals for connection.

5. CONCLUSION

This project was our humble effort to appropriate nature materials into modern concept by respecting local cultural so that negative association related to the materials were challenged. Though technically we were quite successful in achieving what we had set out for i.e. 1) achieve large span 2) mitigate moisture, snakes, rodents problem 3) minimize need for constant maintenance. In terms of cultural acceptability, locals were very appreciative and inquisitive about the process but whether people would adopt the new techniques remains to be seen. Before the process becomes mainstream there are many things that have to be sorted out. For example, there needs to be reliable supply of treated bamboo. There needs to be enough trained and skilled workers who can use these traditional materials in new context. Awareness on the potential of these materials among architects, engineers and government agencies must be increased. Still much work needs to be done in order to convince people that these materials can solve lots of modern housing problem sustainably, economically and beautifully by maintaining cultural tradition.

REFERENCE

Chaudhari, S.; Chaudhari, K.; Tamrakar, R.; Britton, S. (2010). Nepali women help revive a disappearing architectural art form. <http://www.abari.org/mokha> accessed on June 27, 2010.

Jaquin, P. A.; Augarde, C. E.; Gerrard, C. M. (2004). Analysis of historic rammed earth. *Structural Analysis of Historic Constructions*. Editors Lourenço, P.B., Modena. C. and Roca, P. 2004: Balkema: Padova, Italy.

Meyer. K. W.; Deuel P. (1997). The Tharu of the Tarai. <http://www.asianart.com/tharu/> accessed on March 27, 2010.

Nepal Living Standard Survey (NLSS) (2004). National Report: His Majesty's Government of Nepal. Kathmandu: National Planning Commission.

Rautela, P. (2005). Indigenous technical knowledge inputs for effective disaster management in the fragile Himalayan ecosystem. *Disaster Prevention and Management*, v. 14, No. 2, 2005 p. 233-241. Emerald Group Publishing Limited.

AUTHOR

Nripal Adhikary is an architect from Nepal who specializes in earth and bamboo architecture. He has built with bamboo and earth in USA, Nepal, India, Kenya, Uganda and Mongolia. He currently runs ABARI, Adobe and Bamboo Research Institute, an organization based in Nepal, that tries to promulgate traditional materials to into contemporary design practices.



ECOALDEA ÑEMBYATY (NUESTRA REUNIÓN)

Oriel Visintini¹, Alcides Scarpin², Maria Eugenia Germano³, Ariel González⁴

(1) OAV Arquitectura. E-mail: orielangel@hotmail.com;

(2) SCARPIN S.R.L. E-mail: ;

(3) FRONTERRA. E-mail: mariaeugeniagermano@gmail.com;

(4) Departamento Ingeniería Civil, UTN Santa Fe. E-mail: aagonzal@frsf.utn.edu.ar

Palabras claves: Ecoaldea, adobe, interinstitucionalidad

RESUMEN

En un predio de 22 ha con bosque originario a 10 minutos de la ciudad de Reconquista (norte de la provincia de Santa Fe), se está interviniendo con el objeto de construir una ecoaldea; 65 viviendas en lotes de 30 m x 50 m en donde ésta ocupa solo el 10% del lote y en donde las huertas (obligatorias) ocupan el 60-70% del terreno generando un área productiva autosustentable. Se han dejado 4 ha libres con laguna y 6 ha de vegetación natural nativa y zona de corrales (producción y/o mascotas colectivas). Se estima una población de unas 150 personas. El diseño contempla en el frente un espacio para venta de productos y restaurant naturista más cooperativa vecinal, instalaciones deportivas, aulas para talleres culturales, natatorio natural y anfiteatro de tierra para 45 personas.

Todos los poseedores de lotes pertenecen a su vez a una cooperativa de producción de cultivos orgánicos que con la ganancia realiza amortización y mantenimiento de la vivienda en adobe.

Se adquiere también proyecto y cimientos construidos con pendientes, lechos de absorción, riego, tratamiento de aguas grises etc. Existirá una conexión inicial de energía eléctrica pero migrando a eólica y solar.

Los materiales a utilizar son adobes, maderas locales (palma, eucalipto, pino o bambú) y bitumen para aislaciones, usándose cemento solo en cimentaciones; el techo es orgánico con la utilización de pasto, verbena y trébol. Se completa con aberturas de madera, pisos estucado de barro (bosta de vaca y cal) o tejuelas de barro (se diseñaron 3 prototipos y 7 modelos de acuerdo a las necesidades).

Desde un inicio la ladrillería mas importante de la zona se suma al emprendimiento con el fin de reconvertir en parte su producción; es allí en donde se toma contacto con la Universidad (que aparte realiza un asesoramiento integral) para realizar los ensayos de adobes tomados del protocolo de ensayos que se realizó con el interlaboratorial promovido por Proterra. Con estos resultados se está en estos momentos terminado de definir detalles y utilización de materiales.

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

Ñembyatý, cuyo significado es “nuestra reunión” en el dialecto guaraní de la región, es un proyecto propuesto por el estudio OAV de Reconquista que apunta a la “construcción natural”, bioconstrucción o bioarquitectura en forma indistinta. Esta tendencia, que se está convirtiendo en vanguardia en el mundo, revaloriza enormemente el uso de la tierra como elemento principal de la construcción de muros, piedras para las fundaciones y el empleo de bambú y maderas para las estructuras.

Construir con tierra se basa en la simplicidad, en tratar de construir con el mínimo de mano de obra especializada y las mínimas herramientas. En determinados proyectos de construcciones singulares o en viviendas unifamiliares es una opción inmejorable pues la tierra resulta atóxica, tiene baja energía incorporada y características óptimas para la climatización pasiva. Por otro lado, construir con tierra es idóneo en determinadas regiones carentes de otros recursos y donde históricamente ya se ha utilizado con éxito: además del cobijo de nuestros antepasados, construir casas con tierra es habitual en muchas zonas del

planeta. En estos casos, se hace interesante mantener e impulsar las técnicas autóctonas de construcción y fomentar su aplicación, investigación y mejora.

Una ecoaldea es un asentamiento, casi siempre rural o semirural, con una filosofía en común relacionada con los recursos naturales y la sostenibilidad, y en la que cada miembro se siente implicado, protegido y participativo.

La ecoaldea tiene sus inicios en una filosofía poco común entre todos los miembros de nuestra sociedad, regida por los siguientes principios básicos:

La sostenibilidad de los recursos	Sustentabilidad
El equilibrio ecológico	Durabilidad
La relación con la tierra	Supervivencia
La protección del entorno social	Afectividad- Humanidad

Esto porque la producción de alimentos y sustento son básicos, sobre todo para cuando algún vecino sufra desempleo y deba generar, con su familia, sus nuevos ingresos. Por eso una huerta es el alma de la ecoaldea, el sustento de la comunidad, la base de toda la filosofía que pueda predominar sobre cuáles sean sus tendencias espirituales. Y si puede haber una granja con animales, mucho mejor, para obtener una dieta completa. Es obvio que toda ecoaldea necesita generar el ingenio y la voluntad de comprensión necesarios para volver una ventaja cualquier obstáculo que se presente. Uno de los principios que se utiliza cuando se planifican estos asentamientos es recurrir a la permacultura, vocablo acuñado recientemente y que une “agricultura”, “cultura” y “permanente” en un concepto mucho más abarcativo.

1.1 Bioconstrucción

La construcción utilizada en las ecoaldeas participa de los principios ecológicos y de sostenibilidad que define su filosofía, lo que recibe en nombre de bioconstrucción, construcción natural, bioarquitectura, etc.

Se busca minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente, relacionando los espacios entre sí, propiciar la relación del hombre con el medio y crear núcleos de población de escala humana.

La bioconstrucción optimiza el uso de los materiales y propicia el ahorro de energía para conservar los recursos naturales, sin que repercuta en la calidad de vida. Para llevarla a cabo basta con mirar el pasado y aprender de la arquitectura tradicional, que en su mayor parte era bioclimática. La filosofía que está detrás intenta incorporar a las viviendas y sus productos de consumo y desecho al ciclo ecológico, donde nada se pierde y todo se recicla.

Al construir una casa con los criterios de la arquitectura sostenible, se deberá tener en cuenta una serie de conceptos básicos:

- Los diseños deben ser bioclimáticos, con aprovechamiento de las energías renovables, orientaciones favorables hacia el sol, protección y aislamiento adecuados a cada situación, etc.
- Los materiales deben ser naturales, preferentemente autóctonos, no tóxicos para la salud, duraderos y reciclables.
- Los sistemas constructivos deben respetar el medioambiente, aprovechando los recursos naturales con responsabilidad ecológica adaptando las soluciones de la arquitectura tradicional a las nuevas necesidades.
- Ubicación adecuada. Debe ubicarse en entorno natural, cerca de arroyos, ríos o pantanos, y de tierras cultivables (a razón de aproximadamente 500m² por persona). Se han de evitar la proximidad a fuente de contaminación (tanto atmosféricas, como lumínicas y acústicas), el asentamiento sobre fallas

geológicas o corrientes de agua inundables y lugares con modificación del campo magnético natural.

- Integración en el entorno. Se debe conservar la morfología del terreno, la vegetación del lugar y aprender de los estilos arquitectónicos tradicionales preexistentes creando armonía en las formas constructivas.
- Diseño personalizado. Conocer las necesidades del usuario. Evitar elementos excesivamente rectilíneos: salvar grandes luces con arcos o bóvedas, sorteando las esquinas pronunciadas sin abusar de los elementos estructurales de hormigón armado (como vigas y pilares). Adecuada distribución de espacios, teniendo en cuenta las consideraciones bioclimáticas, el ahorro energético, la orientación...

1.2 La utilización de la tierra como material de construcción

La tierra es un material inocuo. No contiene ninguna sustancia tóxica, siempre que provenga de un suelo que no haya padecido contaminación.

Es totalmente reciclable. Si en la construcción no se mezclan la tierra con algún producto fabricado por los humanos (por ejemplo, cemento), será posible integrar totalmente el material en la naturaleza una vez se decidiera derruir el edificio.

Fácil de obtener localmente. Prácticamente cualquier tipo de tierra es útil para construir, o bien se puede escoger una técnica u otra función de la tierra disponible. También se puede hacer mezclas con otro material cercano o con algún mejorante de mezcla (cal, yeso, paja...)

La construcción con tierra es sencilla, con pocos gastos energéticos. No requiere un gran transporte de material o una cocción a alta temperatura. Es por ello que se considera un material de muy baja energía incorporada. Sin embargo, quizá si es necesario un mayor esfuerzo e implicación de los constructores.

Su obtención es respetuosa. Si se extrae del propio emplazamiento provoca un impacto poco mayor que el que se supone realizar la propia construcción. No lleva asociaciones con problemas como la deforestación o la minería extractiva que implican otros materiales constructivos.

Excelente propiedades térmicas. La tierra tiene una gran capacidad de almacenar el calor y cederlo posteriormente (cualidad conocida como inercia térmica). Así, permite atenuar los cambios de temperatura externos, creando un ambiente interior agradable. Sobre todo resulta adecuada en climas áridos con oscilaciones extremas de temperaturas entre el día y la noche pero, si se incluye un aislamiento adecuado, también es idónea en climas suaves.

Propiedades de aislamiento acústico. Los muros de tierra transmiten menos las vibraciones sonoras, de modo que se convierten en una eficaz barrera contra los ruidos indeseados.

La tierra es una material inerte que no se incendia ni se pudre, ni recibe ataques de insectos. Esto es así porque se evita el uso de capas superiores de suelo, con gran cantidad de material orgánico.

Es un material por naturaleza transpirable. Los muros de tierra permiten la regulación natural de la humedad del interior de la casa, de modo que se evitan las condensaciones.

Económicamente asequible. Es un recurso barato (o prácticamente gratuito) que a menudo ya se encuentran en el lugar donde se levanta la casa.

1.3 La tierra adecuada

En las casas de tierra habitualmente se pueden realizar con este material, desde las paredes, hasta los revoques y lo suelos. El material empleado debe tener una composición determinada para poder aprovechar correctamente sus propiedades. Es posible encontrar bibliografías específicas así como artículos con los aspectos más técnicos de la tierra. En

ellos se describen, de modo más fiable de lo que es posible detallar aquí, las proporciones más adecuadas, las características plásticas idóneas, o la utilización de los posibles estabilizantes de la tierra (desde la paja o cal, al cemento, etc.).

Algunos autores afirman que la proporción ideal para la construcción con tierras es un 65% de arena, 18% de limos, y un 20% de arcilla. Se dice que la arcilla debe estar en poca cantidad, en una proporción igual o inferior al 20%. También se dan como adecuados, sobretodos para las técnicas de tapial y adobe, las proporciones siguientes: Grava del 0 al 15%, arena del 40% al 50%, limos del 20% al 35%, y la arcilla del 15% al 25%.

Un sencillo ensayo de sedimentación puede dar una idea de las proporciones de la tierra de que se dispone. Además de tener una proporción suficiente de arcilla y otros componentes, la tierra a emplear debe estar limpia de raíces y restos vegetales, y tener un aspecto homogéneo.

Sin embargo, si se desea realizar una construcción con tierras es básico, en primer lugar, realizar muestreos y diferentes pruebas previas a la construcción definitiva.

Es sumamente aconsejable consultar a las personas de la zona o investigar las referencias históricas, si las hubiera de la experiencia en la construcción con tierra.

2. EL PROYECTO

Como antecedentes, el estudio OAV ha proyectado con estas características un complejo deportivo junto al Río Correntoso, brazo del Paraná sobre el que está el puerto de la ciudad. Es un conjunto de 16 ha, en un arenal refulado, donde se alojarán instalaciones deportivas, culturales, sociales y comerciales, todo en adobes, maderas, bambú y paja. Cuenta con museos, hoteles, centro vecinal de pescadores, mercados, comunicaciones, espectáculos y un puerto deportivo, además de una costanera y un gran camping. Reforestado con diseños y árboles de la región, y respetando absolutamente el paisaje, este gran parque pretende ser un modelo de arquitectura turística sustentable no invasiva, correspondiendo al lugar que no sólo es un Sitio Ramsar, el Jaaukanigás (gente del agua) sino que es el corazón de una reserva de la biosfera (492.000 ha del Departamento General Obligado, provincia de Santa Fe, Argentina). Ñembyatý es una propuesta con similares características destinada al sector privado.

Esta aldea tendrá aproximadamente unos 150 habitantes y son alrededor de 60 a 65 familias las que se podrán establecer a medida que avance el trazado de las calles y parcelas. Esta cifra da una densidad ideal de 4 casas por hectárea, para que el paisaje siga siendo rural aunque cuente con las ventajas de lo urbano. Tampoco es casual este dato, porque los sociólogos urbanos que asesoraron recomiendan entre 100 y 150 habitantes, con el fin de que los vecinos vean circular caras conocidas y esto refuerce la sensación de seguridad. Digamos que el marco de referencia y seguridades pasa a tener, como fue hace no mucho, un entorno vecinal.

Se cuenta con el apoyo profesional y asesoramiento de técnicos de la Argentina y el Uruguay (Grupo FRONTERRA) que hace años trabajan en la concreción de propuestas similares. También se cuenta con el importante aporte del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de Santa Fe, y el equipo de capacitadores, que investiga desde el ámbito académico estas manifestaciones.

En el aspecto empresarial, se ha sumado y con gran entusiasmo una empresa líder en el ramo de la fabricación de ladrillos, de Alcides Scarpín, la que ya está trabajando en coordinación con los laboratorios de la UTN Santa Fe. La idea es que el asentamiento se convierta en "proyecto escuela" y la empresa ladrillera en "fábrica escuela".

2.1 Infraestructura

La prestación de servicios y la infraestructura necesarios están pensados y planificados para que se logre el total autoabastecimiento. Por ejemplo:

Electricidad: Con conexión inicial a red, posterior incorporación de energías fotovoltaicas y eólica. La propuesta incluye la ubicación de dos generadores eólicos cuyo diseño se gestiona para poder almacenar cargas de mayor voltaje a compartir entre servicio y vecinos, sin costo mayor que el que genere su producción. Las instalaciones son subterráneas para no afectar ni a las personas, al paisaje o el entorno natural y visual.

Agua potable y para riego: La provisión de agua para el consumo familiar se obtiene mediante bombeo de la napa freática del lugar, la que está a una profundidad adecuada para su extracción. Está planificada una estrategia para la defensa de la pureza de esta napa y su uso racional. En el interior de las 5 ha del Monte Nativo se instalarán dos molinos a viento para el llenado de agua de dos tanques australianos de gran capacidad para el riego de las huertas familiares, base del sustento aldeano, mediante la construcción de una red de acequias de albañilería y con un sistema de esclusas, para un control y aprovechamiento óptimos.

Desagües de aguas negras y grises: El proyecto contempla que cada uso de agua dentro de las viviendas se recicle en su totalidad. Del éxito obtenido en este rubro dependerá el destino que se dé al agua reciclada. Las viviendas se fundarán sobre cimientos elevados en unos 50 a 60 cm sobre el terreno para dotar a los desagües de baños y cocinas de la pendiente necesaria para el tratamiento de los efluentes. Estos decantarán en cámaras sépticas e interceptores de grasas donde se separan los elementos contaminantes a través de bacterias aeróbicas y anaeróbicas, y con métodos manuales se higienizan periódicamente. Los líquidos que decanten por pendiente de estas cámaras van a un estanque fito-sanitario.

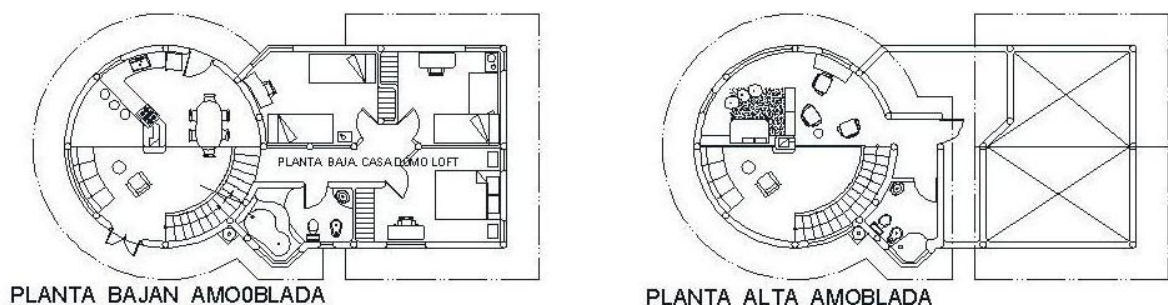
2.2 El diseño en la construcción con tierra

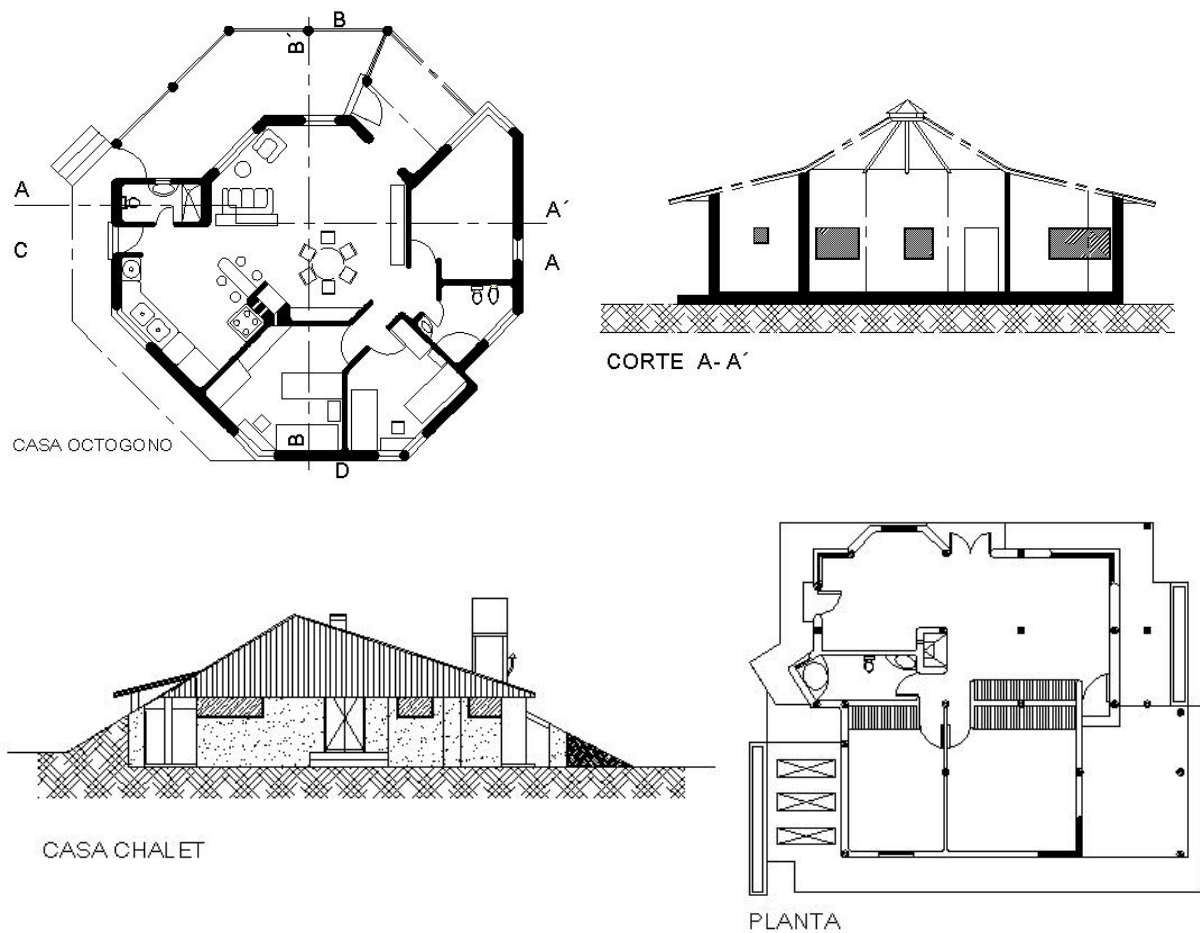
Es muy importante para que el material cumpla su función y dé buenos resultados tener en cuenta cuestiones de diseño de acuerdo a la técnica empleada. En función de ello se han propuesto en primera instancia tres modelos a elegir por los aldeanos.

Para informar acerca de las distintas tecnologías que se pueden usar, se realizarán talleres teórico-prácticos con un formato tipo "Celebratierra"¹, con la concurrencia de expertos de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Se trata de que, quien sea que compre un lote en esta ecoaldea, tenga varias ofertas de sistemas constructivos. Y que además pueda optar por el esfuerzo propio y ayuda mutua o la cooperativa de constructores naturales en formación, para la realización de su edificio.

En una primera instancia por usos y costumbres locales se adoptó la tecnología del adobe para el inicio de obras colectivas como el portal de ingreso.





Propuestas de modelos a elegir por los aldeanos

3. LA INTERSECTORIALIDAD: INCORPORACIÓN DE EMPRESA Y UNIVERSIDAD

El proyecto supo convocar la participación de dos actores importantes y necesarios a la hora de cerrar el círculo de la efectivización de una nueva forma de construir; por un lado una empresa de fabricación de ladrillos que busca reconvertir parte de su producción y abrir nuevos caminos con viejos productos y por otro la universidad que con su triple accionar en docencia, extensión e investigación, aporta desde la capacitación y los ensayos de laboratorio.

La articulación entre diseñador, fabricante y asesor (estudio, empresa y universidad), se dio de manera sencilla y espontánea, entendiendo cada uno el rol que le corresponde. En una primera instancia se decidió realizar pruebas de tierra y de elementos constructivos para verificar características y buscar mejoras en la confección del producto adobe.

3.1 La producción

Luego de una visita al lugar de producción se seleccionaron cuatro tipos posibles de tierra a utilizar en función de los yacimientos existentes, se realizaron los correspondientes ensayos de granulometría y clasificación, resultando todas las tierras aptas para la fabricación de adobes. Se paso luego a la fase de fabricación experimental en donde además de la variable de la materia prima utilizada se modificaron algunos parámetros en la máquina extrusora utilizada y en los tiempos y formas de utilización del túnel de secado.



Adobes y túnel de secado



Acopio de adobes



Acopio y espera a la entrada al secado



Máquina extrusora y conformadora de adobes

3.2 Los ensayos

Se realizaron aproximadamente 200 unidades de cada fórmula, se seleccionaron aleatoriamente 50 que se trasladaron al laboratorio y luego se realizaron los ensayos de flexión, compresión y erosión sobre aproximadamente 20 probetas de cada tipo. De estos ensayos se produjo un informe que genera recomendaciones acerca de que tipo de materia prima usar y bajo que metodología de fabricación.

Ante la falta de una normativa específica argentina referida al tema se requirió a normas de otros países, dando prioridad a los Latinoamericanos; también se buscó en bibliografía especializada. Uno de los antecedentes mas importantes es la experiencia que el propio grupo viene adquiriendo en el desarrollo de sus actividades de investigación, desarrollo y transferencia, especialmente el relacionado con el ensayo interlaboratorial de adobes propuesto por la Red Iberoamericana PROTERRA en la cual la UTN participó.



Ensayo a la flexión



Ensayo a la compresión



Preparación de los adobes para ensayo a compresión



Estado de los adobes después del ensayo a compresión



Ensayo de erosión. Estado original del adobe



Ensayo de erosión. Estado del adobe a los 15' de ensayo

Algunas conclusiones y recomendaciones que se derivan son:

Flexión: Los resultados comparados con otro tipo de elementos como ser BTC son muy superiores; se estima que es debido a la incorporación de fibras que mejora la resistencia a la tracción del elemento. Esto significaría que un muro realizado con estos elementos tendría una buena resistencia ante asentamientos diferenciales que tiendan a provocar fisuras.

Compresión: Si bien los resultados no son muy altos, alcanzan para utilizar el elemento en muros de construcciones de un nivel y verificando que su capacidad portante no supere la determinada en los ensayos.

Erosión: Este es el punto más crítico, ya que el elemento no resiste a la acción combinada de agua y viento (se infiere que tampoco al agua sola), por lo que deberá siempre estar protegido de la humedad y de las inclemencias climáticas.

Se concluye que el elemento es apto para construcciones con determinadas restricciones, consistentes en una verificación de las cargas admisibles y fundamentalmente de la protección de la superficie con algún producto que impida el paso del agua y que quede firmemente adherido por un tiempo prudencial para de esta manera asegurar una vida útil razonable del elemento.

Se sugiere utilizar otro tipo de tierra que contenga arcillas de mayor impermeabilidad para generar un elemento más resistente a la humedad y eventualmente con mayor resistencia a la compresión.

NOTAS

- 1) “Celebratierra” es el formato de intercambio de conocimientos “aprender haciendo” que se realiza en una obra en construcción, “obra escuela”, con la participación de todos los actores involucrados en la misma e intercambiando conocimientos teóricos y prácticos

AUTORES

Oriel Angel Visintini Simón, Arquitecto, estudia Urbanismo y Sociología Urbana en Santa Fe, Buenos Aires y Rosario (1965-73). Del 78 al 92 vive y trabaja en Tabasco, México. Diseño y obras en el complejo urbano Tabasco 2000 (Palacio Municipal, Area comercial, Parque, etc) Trabaja en la profesión en Santa Fe, Rosario y Reconquista. En la Bioarquitectura desde 2006, estudió con Gernot Minke, Jorge Belanko y otros. En 2008 adquiere 22 ha en su ciudad, donde proyecta la Ecoaldea NEMBYATY.

Alcides Scarpin, Sócio Gerente Ladrillería Scarpin SRL. Proyecta y construye equipamiento específico para el moldeo de tierra. Desarrolla y diseña productos alternativos para la bioconstrucción

Maria Eugenia Germano, Arquitecta, egresada de la FADU-UNL, ex-integrante de equipo interdisciplinario de CECOVI desarrollando actividades en investigación, desarrollo y transferencias de tecnologías que incorporan a la tierra como material de construcción. Participante de equipos de trabajo y difusión de tecnologías de tierra (Fronterra).

Ariel González, Ingeniero en Construcciones, Magister Scientiae en Metodología de la Investigación. Docente-Investigador del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional.. Integrante de equipos interdisciplinarios en ONGs que abordan el tema del hábitat urbano y rural. Con actividades en investigación, desarrollo y transferencias de tecnologías para viviendas de bajo costo.



EXPERIÊNCIAS EM CONSTRUÇÃO COM TERRA NO SEGMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR

Cecília Heidrich Prompt¹, Leandro Lima Borella²

Departamento de Formação, Cresol Central SC/RS

(1) cecipoa@yahoo.com.br; (2) leandro@cresolcentral.com.br;

Palavras-chave: Sustentabilidade, construção com terra, capacitação, agricultura familiar, bioconstrução.

Resumo

Este trabalho apresenta experiências na construção com terra, realizadas junto ao segmento da agricultura familiar na região oeste de Santa Catarina. A agricultura familiar representa um importante segmento da sociedade, compreendendo 84,4% da população rural do país, que é responsável por 70% da produção de alimentos da cesta básica brasileira. Entretanto, nota-se no meio rural a falta de sucessão e baixa qualidade de vida, muitas vezes decorrente do déficit habitacional. Além da habitação, os agricultores familiares dependem de diversas edificações para a realização de suas atividades produtivas, como galpões, silos, estruturas para animais entre outras. As comunidades rurais são, de forma geral, afastadas dos centros urbanos, tornando difícil o acesso de materiais de construção industrializados nas propriedades. Em contrapartida, as propriedades disponibilizam diversos recursos naturais para a utilização na construção, sendo a terra o mais abundante. Tendo em vista este quadro, estão sendo realizadas diversas experiências de construção com terra na região do oeste catarinense, promovendo a apropriação tecnológica pelos agricultores através de oficinas de capacitação. Este artigo objetiva narrar estas experiências, nas quais se busca contemplar os aspectos da sustentabilidade: ambiental, social, econômica, política e cultural.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A partir da década de 1970 houve muitos investimentos por parte do Estado na modernização agrícola, através de programas de assistência técnica e crédito. Estas políticas, entretanto, atendiam somente uma parcela de agricultores, excluindo os mais descapitalizados.

Na década de 1990 surge o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), como uma política específica para a agricultura familiar, e estes agricultores passaram a ser incluídos em programas de crédito e renda. O PRONAF tem como diretriz principal aumentar a qualidade de vida das famílias através do desenvolvimento rural sustentável.

Entretanto por muito tempo as políticas públicas para a agricultura familiar ficaram restritas a investimentos nas atividades produtivas, deixando a descoberto os setores da saúde, educação, lazer e habitação. Devido ao crescimento dos movimentos sociais, impulsionados pelas dificuldades das famílias em manterem-se na atividade assim como suas estruturas produtivas, o campo passou a ser visto como um local de convivência e de reprodução social, sendo que outras políticas públicas passaram a ser implementadas para o segmento da Agricultura Familiar, incluindo os programas habitacionais.

Neste contexto a habitação rural passa a ser abordada como uma das principais políticas públicas para a agricultura familiar, complementando as ações de crédito rural, assistência técnica e extensão rural. O tema tem grande potencial gerador de discussões, o que possibilita o desenvolvimento político e social, melhorando as condições de cidadania dos agricultores familiares envolvidos, o que vem a configurar a habitação como um importante instrumento de transformação social.

Uma casa tem reflexos na qualidade de vida dos agricultores, principalmente no que se refere aos aspectos de saúde, autoestima e bem-estar familiar. A permanência e reprodução social das famílias no campo estão diretamente relacionadas com as condições de moradia, vinculadas com a sua atividade agrícola na geração de trabalho e renda, assim como as condições de acesso à educação, saúde, serviços básicos e infraestrutura.

Apesar de todo avanço em relação ao acesso das políticas públicas de habitação para a agricultura familiar, os programas para o setor ainda não incorporaram o enfoque sistêmico, desconsiderando os aspectos bioclimáticos, qualidade e funcionalidade das moradias, conteúdo energético, toxicidade e origem dos materiais.

Diante disto, a Cooperativa Central de Crédito Rural com Interação Solidária – CRESOL CENTRAL SC/RS, vem buscando aumentar o grau de sustentabilidade dos programas de habitação através da incorporação dos conceitos da bioconstrução nos projetos habitacionais que desenvolve junto as famílias de agricultores associados.

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é o de narrar as experiências de construção com terra realizadas pelo Sistema Cresol Central SC/RS, nas quais se buscam contemplar os aspectos da sustentabilidade: ambiental, social, econômica, política e cultural.

3. METODOLOGIA DE TRABALHO

O Sistema Cresol Central SC/RS desde 2007 aposta na ideia da bioconstrução para casas e outras estruturas da propriedade. A primeira experiência foi realizada no município de Paial, localizado na região oeste do estado de Santa Catarina, com a construção da residência da família do agricultor Ademar Weirich através de um curso de capacitação em bioconstrução. Nesta casa foram experimentadas diversas técnicas como a terra ensacada (correntemente conhecida como superadobe), tijolos modulares de solo-cimento e reboco natural. A construção desta casa foi acompanhada de atividades de capacitação da qual participaram agricultores de todas as regiões de abrangência do sistema Cresol. Esta experiência pioneira impulsionou outros agricultores a se desafiarem a construir suas casas com técnicas de bioconstrução, fortalecendo assim o desenvolvimento desta temática no sistema.

O conceito da bioconstrução está sendo ampliado para outras edificações da propriedade como garagens, galpões e demais construções rurais. Além do mais, se investe em pesquisa e capacitação nas áreas de saneamento ambiental e da gestão da água, com a proliferação das cisternas de ferro-cimento para coleta de água da chuva. O Sistema Cresol Central SC/RS, através da bioconstrução, tem um olhar sistêmico sobre a propriedade das famílias da Agricultura Familiar, de modo a promover a autonomia das famílias, o fortalecimento das relações sociais e a preservação ambiental.

A difusão tecnológica se dá através da sensibilização de lideranças locais e entidades parceiras através de palestras e seminários que desencadeia as demais ações. Com o apoio destes atores as ações se ampliam para oficinas e cursos sobre os temas, capacitando agricultores e profissionais da construção civil na execução das técnicas de bioconstrução. As famílias que se desafiam a realizar uma obra em bioconstrução recebem uma atenção especial para a realização do projeto. O acompanhamento das obras e ações se dá por meio de equipe técnica especializada composta por uma arquiteta e um engenheiro agrônomo.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Bioconstrução

Muito embora a história do homem sempre tenha sido acompanhada de exemplos de construções em harmonia com o meio ambiente, foi a década dos anos 1970 a que proporcionou o início de uma das mais pródigas fases, propiciando o surgimento de um movimento que aspirava por construções dessa natureza. Os princípios são mais ou menos os tradicionais, presentes ao longo da história, mas, a partir da década de 90 eles passaram a receber a denominação de projetos sustentáveis ou mais sustentáveis (Sattler, 2007, p. 55).

A discussão sobre a arquitetura sustentável é crescente em diversos locais do mundo, justamente por ser a construção civil uma das atividades mais depredadoras do meio ambiente na atualidade. A sustentabilidade na arquitetura pode ser lograda de diversas formas, dependendo da realidade em que está inserida. No Brasil, e mais especificamente no meio rural, a bioconstrução é sem dúvida a forma mais adequada de se produzir a arquitetura.

Definir a bioconstrução em algumas palavras é tarefa difícil, já que ela engloba uma série de conceitos que se incorporam aos projetos arquitetônicos, urbanísticos ou paisagísticos. É um caminho para a produção de uma arquitetura responsável, que contemple a sustentabilidade em todos os seus aspectos.

4.2. Contextualização histórica

A bioconstrução trabalha com o resgate de tecnologias milenares que foram sendo abandonadas num período histórico recente, especialmente a partir da Revolução Industrial. Sabe-se que a humanidade sempre teve a habilidade de construir seu próprio abrigo, de forma que diferentes grupos de pessoas em todos os continentes foram, ao longo dos séculos, desenvolvendo formas próprias de construir. A estas formas chamamos arquitetura vernacular, que é uma arquitetura própria, intrínseca de um local. A arquitetura é uma das formas de manifestação cultural do grupo que a produz, devendo ser tratada como um patrimônio e valorizada como manifestação dos significados mais profundos dos povos.

A arquitetura de terra crua, hoje resgatada na bioconstrução, tem origens na antiguidade. Vestígios de fundações feitas de taipa de pilão no ano de 9.000 A.C. foram encontrados na Palestina, demonstrando que as cidades mais antigas do mundo foram construídas em terra crua.

No Brasil, a arquitetura popular foi expressa das mais diversas maneiras, integrando tecnologias provenientes das várias culturas que formam o povo brasileiro. Os povos indígenas sempre tiveram maneiras próprias de construir suas habitações, utilizando os materiais disponíveis no meio ambiente para construções adequadas ao clima. A construção com terra foi amplamente utilizada no período colonial, sendo inúmeros os exemplos que permanecem intactos aos séculos de história do nosso país. Na região Sul os imigrantes italianos e alemães edificaram uma arquitetura própria, mesclando as tecnologias trazidas da Europa com os recursos locais.

O advento da industrialização vem trazendo um número cada vez maior de tecnologias para a construção civil. Cimento Portland, tijolos queimados e telhas de fibrocimento passaram a ser ofertados no mercado e divulgados como uma forma moderna e eficaz de se construir. Uma grande campanha impulsionada por interesses econômicos foi fortalecendo ao longo dos anos a ideia de que a única forma de se construir é assentando tijolos queimados com cimento e areia, e esta forma se tornou símbolo de modernidade e status social dentre todas as camadas da população. Jean Dethier, em seu ensaio *A Sabedoria da Terra*, reafirma esta ideia com as seguintes palavras:

Algumas potências industriais ou multinacionais, produtoras de materiais de construção, ou centros de estudos responsáveis por sua utilização maciça,

procuram, às vezes, desacreditar a terra. Privilegiando, a partir de mais de meio século, a utilização dominante do concreto, do aço, do alumínio e derivados petroquímicos, a arquitetura contemporânea ortodoxa 'favorizou' os monopólios industriais que, para explorar esses mercados, raciocinam em termos de instalações gigantes de produção, cujo caráter devorador de energias e poluentes é bem conhecido. (Dethier, 1982, p.10)

O caráter devorador citado por Dethier (1982) se refere ao fato de que os materiais de construção industrializados são provenientes de processos de fabricação complexos que demandam grande quantidade de energia e liberam resíduos como gases causadores do efeito estufa e tóxicos que nem sempre são tratados de forma adequada. Além do mais, a padronização dos materiais de construção imposta pela industrialização massificou a maneira de construir, condicionando a forma das edificações. Perde-se, neste momento, a identidade cultural dos povos expressa através da arquitetura. Outra desvantagem desta padronização é a falta de adequação da arquitetura ao clima, que resulta em edificações sem conforto térmico e ineficientes energeticamente, o que aumenta a demanda de energia através do consumo crescente de aparelhos e eletrodomésticos para aquecimento e resfriamento das edificações.

4.3. A bioconstrução como alternativa viável para a habitação rural

4.3.1. Uso de materiais locais e naturais

Cada material de construção empregado em uma casa é proveniente de um processo de várias etapas que constituem o seu ciclo de vida: a extração do recurso natural, fabricação, transporte ao canteiro de obras, uso na construção e demolição. É importante conhecermos este processo que determina qual o impacto que o uso de determinado material tem sobre o meio ambiente.

As propriedades rurais dispõem de diversos recursos naturais que podem e devem ser utilizados na construção de casas e outras benfeitorias. Madeira, terra, pedra e fibra vegetal são materiais de construção óbvios para a agricultura familiar, que se utilizados adequadamente podem constituir casas duráveis e saudáveis. O uso dos materiais provenientes da propriedade minimiza o impacto ambiental e torna a construção mais econômica. Em relação ao uso da terra crua na construção, Weimer (2005) identifica como vantagens a possibilidade da extração local, economizando em transporte, e sua destinação também local após demolição.

Ou seja, os materiais naturais se reintegram ao meio ambiente em caso da demolição das estruturas. Isto minimiza outro grave problema ambiental proveniente das atividades da construção civil que é a questão dos resíduos.

4.3.2. Resgate cultural e autonomia dos usuários

A bioconstrução visa resgatar as tradições construtivas locais anteriores à industrialização massiva. As tecnologias ancestrais devem ser resgatadas, pois são de mínimo impacto ambiental e refletem a cultura regional. Taipa de pedra, estruturas de madeira e tijolos fabricados localmente são alguns exemplos de tecnologias que podem ser utilizadas na construção de moradias, aliadas às novas tecnologias. Além do mais, os projetos de habitação rural devem contemplar as atividades diárias dos agricultores familiares, estando de acordo com a sua realidade e constituindo espaços onde as famílias possam viver de acordo com sua cultura.

É importante destacar que o resgate de tecnologias construtivas antigas promove também a reconquista da autonomia dos usuários.

Tentar uma síntese criativa e operacional entre técnicas chamadas de tradicionais e técnicas chamadas de modernas constitui um caminho novo, que procura concretizar métodos mais apropriados às nossas necessidades, mas também apropriáveis por seus usuários, a fim de que

possam ser agentes de suas ferramentas e não apenas pacientes (Dethier, 1982. p.13)

4.3.3. Gestão adequada dos resíduos

O conceito de ciclos é muito importante para a concepção de ambientes sustentáveis. Ciclar os recursos e a energia é uma forma de economia e de assegurar a sustentabilidade ambiental, pois em um ciclo nada é desperdiçado e não há contaminação ambiental. Na bioconstrução considera-se a ausência de resíduos, e os mesmos passam a ser vistos como recursos para novos processos. Sattler (2007, p. 46) cita como diretrizes básicas para o tratamento dos resíduos das edificações “[...] aproveitá-los ao máximo, tratá-los de forma descentralizada localmente e em pequena escala, e separar os diversos tipos de resíduos”.

Dentro da agricultura familiar, a gestão adequada dos resíduos é fator de suma importância, de modo a garantir a preservação ambiental das propriedades. Há diversas tecnologias simples e de fácil apropriação que podem ser incorporadas nos projetos e adotadas pelos usuários, como o sanitário seco, a gestão racional da água ou o saneamento ecológico.

4.3.4. Relações sociais

Os processos relacionados à bioconstrução estimulam as relações sociais, pois são espaços de troca de conhecimento e de ajuda mútua. Este processo é de fundamental importância para a vida no meio rural, e a troca entre vizinhos e familiares faz parte do modo de vida nas comunidades.

A capacitação vem junto aos processos da bioconstrução, já que é necessário um conhecimento das tecnologias construtivas por parte dos construtores. As atividades de capacitação são executadas, na maioria das vezes, junto às experiências pioneiras de cada comunidade. Portanto, são estimuladas atividades de mutirão que favorecem a cooperação mútua e a sociabilidade dentro das comunidades.

4.3.5. Conforto ambiental e eficiência energética

A eficiência energética é mais uma premissa importante para a construção de habitações sustentáveis. A incorporação de conceitos de bioclimatismo é fundamental para a construção de edificações eficientes energeticamente. Estes conceitos dizem respeito à adequação da arquitetura ao local, utilizando o clima como aliado para a obtenção do máximo conforto ambiental com o mínimo gasto energético. Esta conexão pode ser lograda pela forma da edificação, através da colocação dos elementos arquitetônicos nos locais adequados. A questão do conforto é fundamental para a satisfação do usuário.

Segundo Sattler (2007, p.38), citando Lyle (1994) “[...] a edificação é uma mediadora entre o sol e a terra. Assim, deve-se projetar uma edificação de forma a controlar o fluxo de energia (calor) para obter conforto térmico no seu interior”. Sattler (2007, p.38) cita, ainda, que “O conforto ambiental é um fator que promove a qualidade da edificação e a consequente qualidade de vida do usuário”. A produção da habitação de interesse social geralmente ignora conceitos de eficiência energética e conforto ambiental, ainda que no meio acadêmico seja crescente o interesse nesta temática. A bioconstrução contempla também estes conceitos, aliando os critérios de bioclimatismo às características intrínsecas dos materiais. Segundo Weimer (2005, p. 251) “paredes de terra transpiram e equilibram os excessos e carências de umidade e de temperatura do meio ambiente”.

A arquitetura bioconstruída rejeita, além do mais, o uso de materiais de construção tóxicos que possam liberar substâncias nocivas à saúde dos usuários. O resultado é a construção de ambientes saudáveis, que se configuram através do conforto ambiental e do uso de materiais verdadeiramente nobres.

5. DESCRIÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS REALIZADAS

5.1. Residência Ademar Weirich

Localidade: Paial, SC.

Área: 93 m²

Fundações: Pedra local assentada com argamassa de cimento e areia

Paredes externas: Terra ensacada¹

Paredes internas: Tijolos de solo-cimento, fabricados no canteiro

Cobertura: Telhas cerâmicas

Estado da obra: Concluída

A construção da residência de Ademar Weirich teve início no primeiro semestre de 2008. O projeto arquitetônico foi elaborado através de uma parceria da Cresol com o Instituto de Permacultura e Ecovilas da Pampa (IPEP). O processo foi acompanhado de um curso de capacitação em bioconstrução, voltado a agricultores familiares. A planta baixa foi elaborada com base em um projeto de habitação de interesse social de 70 m². A este projeto foi adicionada uma varanda em duas laterais da casa. Outra mudança importante no projeto arquitetônico foi a localização do banheiro, construído próximo a porta dos fundos. Este fator é fundamental para a vida rural, já que os agricultores e agricultoras preferem se lavar antes de entrar na casa.



Figura 1. Família Weirich, Paial/SC. Casa antiga em madeira e casa nova em bioconstrução

Inicialmente, as paredes externas foram pensadas para serem construídas em taipa de pilão. Entretanto de maneira geral, no oeste catarinense, o solo é extremamente argiloso, e mostrou-se inadequado para a técnica. Foram feitas diferentes tentativas através da adição de areia, até que se atingiu o traço ideal. Porém, feita desta forma o custo ficaria demasiado elevado, e optou-se por construir as paredes em terra ensacada. O reboco foi feito com solo local, areia e cimento. A cobertura é feita com telhas cerâmicas, estruturadas em madeira de eucalipto coletada da propriedade do agricultor.

Na execução das paredes internas foram utilizados tijolos de solo-cimento feitos no local com uso de prensa manual e solo local. Devido ao elevado teor de argila do solo da propriedade do Sr. Ademar, foi necessário um ajuste no teor de areia para reduzir os efeitos da retração do solo, o que comprometeria a qualidade dos tijolos.

Tendo esta sido a primeira experiência realizada através da Cresol Central SC/RS, vem servindo de referência para outros agricultores e agricultoras que demonstram curiosidade pelas tecnologias de bioconstrução.

5.2. Residência José Roque Bohn

Localidade: Pinhalzinho, SC.

Área: 63 m²

Fundações: Pedra local assentada com argamassa de cimento e areia

Paredes Externas: Terra ensacada
 Paredes Internas: Madeira
 Cobertura: Telhas cerâmicas
 Estado da obra: Concluída

José Roque Bohn é um dos agricultores que se capacitou durante o curso realizado durante a construção da residência de Ademar Weirich. José Bohn é um agricultor de 68 anos, e a sua decisão de construir sua casa com tecnologias de bioconstrução vem em sintonia com seu modo de vida, já que o agricultor é agroecologista. Em sua propriedade está localizado um moinho de farinha agroecológica pertencente a um grupo de agricultores, e há uma cisterna de ferro-cimento para coleta de água da chuva.

O projeto arquitetônico de sua residência, assim como no caso de Ademar Weirich, foi adaptado de um modelo da Cooperhaf, com área de 63 m². As paredes externas são de terra ensacada e as internas de madeira.

Para a construção da casa, foi contratado um construtor com experiência na técnica de terra ensacada. O restante da mão de obra foi sobretudo familiar, tendo havido alguns mutirões entre a comunidade, vizinhos e parentes. Outro diferencial desta residência foi o reaproveitamento de boa parte dos materiais de construção: madeira da estrutura do telhado, esquadrias e telhas, o que reduziu significativamente o custo da obra.

Apesar da área reduzida, a residência contempla as necessidades da família, já que vivem José Bohn, sua esposa e um filho adulto. A propriedade do agricultor é referencia na região, sendo que o mesmo recebe constantemente pessoas e grupos para visitaçào.



Figura 2. Família Bohn, Pinhalzinho/SC. Casa nova em bioconstrução

5.3. Residência Itacir Turcato

Localidade: Descanso, SC.

Área: 150 m²

Fundações: Concreto

Paredes Externas: Terra ensacada comumente denominada de hiperadobe² e pau a pique

Paredes Internas: Cordwood³

Cobertura: Telhas cerâmicas e telhado vivo

Estado da obra: Concluída

Itacir Turcato é agricultor familiar agroecologista e terapeuta holístico. Seu interesse pela construção com terra partiu de uma forte necessidade de viver o máximo possível conectado com a natureza. Itacir procurou a assessoria da Cresol Central SC/RS tendo em mãos um esboço do projeto arquitetônico que nortearia a construção de sua casa. Tratava-se de uma planta simétrica, em forma octogonal, sendo que de cada lado do octógono brotavam elementos semelhantes a pétalas de flores. No centro a idéia da família era de construir dois pavimentos.

A planta sofreu poucos ajustes na forma depois de redesenhada pela equipe técnica. No decorrer do processo foram mostradas para a família diversas opções de tecnologias de bioconstrução. Optou-se pela terra ensacada (hiperadobe) para as paredes externas, o cordwood para as internas, o pau a pique nas paredes do segundo pavimento e o telhado vivo. Decidiu-se que a parte central da casa seria estruturada em madeira, e a mesma foi colhida na própria propriedade.

As paredes internas foram feitas em cordwood. A madeira também é de procedência da propriedade, e a argamassa foi resultado de diferentes testes feitos pela família. Chegou-se a uma mistura composta de solo local, areia, cal e cinza. Durante a construção, feita com mão-de-obra familiar, foi demonstrada a criatividade do grupo: com os toquinhos foram feitos diferentes desenhos nas paredes internas dos dormitórios.

Itacir e sua família optaram pela saúde de sua residência, demonstrando coerência nas opções tomadas para a construção de sua casa em relação ao seu modo de vida.

5.4. Residência Altair Gross

Localidade: Seara, SC.

Área: 150 m²

Fundações: Pedra local assentada a seco e pedra local assentada com argamassa de cimento e areia

Paredes Externas: Terra ensada (tipo reconhecido como hiperadobe) e pau a pique

Paredes Internas: Cordwood

Cobertura: Telhas cerâmicas e telhado vivo

Estado da obra: Em andamento

A opção da família de Altair Gross pela construção com terra surgiu a partir do contato com a Cresol Seara, que os levou a visitar a residência de Ademar Weirich em Paial. No primeiro contato com a família, a mesma expressou seus desejos em relação a sua casa nova. Expressaram também o interesse em construir com formas orgânicas, de maneira que a futura casa tivesse um desenho diferenciado.



Figura 3. Família de Altair Gross, Seara/SC. Abril/2010. Planta baixa e obra em andamento

Chegou-se a uma planta com porão semi-enterrado e mais um pavimento, prevendo também o aproveitamento da área sob a cobertura. O desenho foi embasado na proporção áurea, sendo que o ponto de partida compõe o muro de arrimo do porão. A forma orgânica da espiral faz um jogo de volumes com a garagem. Um dos diferenciais desta residência é a forma de construção das fundações, executadas em pedra e sem argamassa de assentamento. Para tanto foi contratada mão de obra especializada.

A residência é toda estruturada em madeira de eucalipto coletada da própria propriedade. Os agricultores possuem uma marcenaria em sua propriedade, portanto excelência em trabalho com madeira. As paredes externas do porão são de terra ensacada (hiperadobe). As paredes do segundo pavimento serão de pau a pique ou de madeira.

Esta residência representa uma nova visão sobre a habitação de interesse social no meio rural. Com a utilização de materiais locais, é possível lograr-se grande economia na construção das habitações, tornando-se possível que as mesmas sejam mais adequadas às necessidades das famílias. A partir desta experiência, tem-se um novo olhar sobre os programas de habitação de interesse social, que devem visar adequação climática, social e cultural, de acordo com os diferentes contextos onde é implantada.

6. CONCLUSÃO

Existe um esforço contínuo do atual Governo Federal e dos movimentos populares em reduzir o déficit habitacional e ampliar o acesso à habitação, e em especial para a agricultura familiar que historicamente esteve fora das políticas públicas para o setor. Alguns avanços já são evidentes neste sentido, consolidando o tema da habitação rural em políticas públicas de caráter permanente e que cada vez mais procuram se aproximar da realidade das famílias agricultoras.

Portanto, já se faz necessário incorporar definitivamente os aspectos da sustentabilidade nas políticas públicas, programas e projetos de habitação para a Agricultura Familiar. Algumas experiências com construções sustentáveis, com enfoque nos princípios da bioconstrução, têm sido realizadas pelo Sistema Cresol Central SC/RS e demonstram sua viabilidade, assim como evidenciam o seu potencial na promoção da igualdade social, valorização da cultura, uma maior eficiência econômica e um reduzido impacto ambiental, configurando um elevado grau de sustentabilidade para o setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DETHIER, J (1982). A sabedoria da Terra. In: DETHIER, Jean; ZBINDEN, Catherine (Org.). *Arquiteturas de terra ou o futuro de uma tradição milenária*. Paris: Centre Georges Pompidou; Avenir Editora.

SATTLER, Miguel Aloysio (2007). *Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a casa alvorada e o centro experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis*. Porto Alegre: Coleção Habitare; Finep

WEIMER, G. (2005). *Arquitetura popular brasileira*. São Paulo: Editora Martins Fontes (Raízes).

NOTAS

(1) A terra ensacada comumente denominada superadobe corresponde à técnica construtiva de paredes autoportantes que utiliza sacos de rafia (polipropileno) empilhados com subsolo local compactado;

(2) A terra ensacada comumente denominada hiperadobe corresponde à técnica construtiva de paredes autoportantes, similar ao “superadobe”, do qual se diferencia pelo uso de sacos de raschel (sacos para frutas em malha de polietileno de alta densidade);

(3) Cordwood corresponde à técnica construtiva de paredes de vedação usada em sistemas estruturados. Consiste em assentar pedaços de troncos de madeira com o uso de argamassa de terra. A tradução literal do nome é “cordão de madeira”, que no Brasil é chamada de “parede de toquinhos” ou “parede de roletes”;

AUTORES

Cecília Heidrich Prompt, Arquiteta e Urbanista. Departamento de Formação da Cresol Central SC/RS, Chapecó/SC, cecipoa@yahoo.com.br.

Leandro Lima Borella, Engenheiro Agrônomo. Departamento de Formação da Cresol Central SC/RS, Chapecó/SC, leandro@cresolcentral.com.br;



BRASIL 2010

III CONGRESSO DE ARQUITETURA E
CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL

31 DE AGOSTO - 03 DE SETEMBRO
CAMPO GRANDE - MATO GROSSO DO SUL



OPORTUNIDADE DE APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DA MENTALIDADE ENXUTA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PAINEL MONOLÍTICO DE TAIPA DE PILÃO

André Falleiros Heise¹, Ariovaldo Denis Granja², Flávio Augusto Picchi³

(1) HEISE Arquitetura Ltda.; andrefalleiros@gmail.com

(2) (3) Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia em Edificações – GTE, Departamento de Arquitetura e Construção – DAC, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP);

(2) adgranja@fec.unicamp.br; (3) fpicchi@fec.unicamp.br

Palavras-chave: taipa de pilão, *lean construction*, painel de solo-cimento, *lean thinking*, processo de produção.

RESUMO

No sentido de aplicar o conceito da melhoria contínua e eliminação de desperdício, este trabalho visa identificar as oportunidades de aplicação dos princípios e ferramentas do *Lean Thinking* (Mentalidade Enxuta) no processo de produção do painel monolítico de taipa de pilão. A partir da revisão da literatura foram identificados os princípios e as ferramentas da mentalidade enxuta e a descrição do processo de produção do painel monolítico de taipa de pilão, assim, oportunidades foram abordadas cruzando-se as etapas do processo de produção com os princípios e as ferramentas que se mostraram apropriadas, tendo sugestões de melhoria para o processo e para o produto. Através da análise teórica dos possíveis benefícios da aplicação adaptada dos princípios e das ferramentas *lean* ao processo de produção do painel monolítico de taipa de pilão, foi constatado que o potencial de trazer resultados positivos é promissor. Para maior esclarecimento, se apresenta um estudo de caso exploratório, que está em fase de detalhamento e planejamento do canteiro de obras aplicando-se algumas técnicas e ferramentas da mentalidade enxuta. Outras pesquisas demonstraram a oportunidade de aplicação dos princípios *lean* com resultados positivos em diversos processos na indústria da construção civil, por exemplo, a indústria de pré-fabricados, o desenvolvimento de projetos e outros segmentos do setor. O processo de produção do painel monolítico de taipa de pilão tem características favoráveis às questões ambientais atualmente discutidas no ambiente da construção civil, e a aplicação dos princípios *lean* pode reduzir desperdícios e proporcionar ganhos de produtividade ao processo estudado.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil está vivenciando um momento de transformação na filosofia de projetos de novos edifícios com a aplicação de princípios da mentalidade enxuta e a utilização de tecnologias de baixo impacto ambiental.

O conceito “Lean Thinking” (Mentalidade Enxuta) foi desenvolvido em ambiente da manufatura, baseado no Sistema Toyota de Produção (TPS). O termo “lean” (enxuto) foi adotado visando a caracterizar um novo paradigma de produção, onde qualquer tipo de desperdício é combatido. A indústria da construção civil tem se interessado muito em adotar esse novo paradigma no setor, seja num ambiente administrativo da empresa construtora como também no ambiente do canteiro de obras ou de produção.

Sendo o “Lean Thinking” bastante amplo e o setor de construção complexo e diversificado, diversas são as aplicações potenciais deste conceito, e é de se esperar que haja diversas oportunidades de aplicação não exploradas até o momento (Picchi, 2003).

Diversos pesquisadores e empresas têm buscado interpretar os conceitos para este ambiente, bem como realizar aplicações práticas (Picchi, 2003). Várias discussões e casos podem ser encontrados nos Anais de encontros anuais do “International Group for Lean

Construction” (IGLC), tratando da aplicação em diversos segmentos da construção civil, por exemplo:

- ✓ BALLARD, G.; ARBULU, R. (2004). Making prefabrication lean. Proceedings of the 12th Conference of the International Group for Lean Construction.
- ✓ BJORNFOT, A.; STEHN, L. (2004). Industrialization of construction: a lean modular approach. Proceedings of the 12th Conference of the International Group for Lean Construction.
- ✓ LUO, Y.; RILEY, D.R.; HORMAN, M.J. (2005). Lean principles for prefabrication in green design-build (GDB). Proceedings of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction.
- ✓ PICCHI, F.; GRANJA, D. (2004). Construction sites: using lean principles to seek broader implementations. Proceedings of the 12th Conference of the International Group for Lean Construction.

Womack e Jones (1998) são os criadores do termo “Lean Thinking” (Mentalidade Enxuta), ampliando, para toda a empresa, os conceitos de “Lean Production” (Produção Enxuta) que haviam sido apresentados em Womack et al. (1992). Esses autores estabelecem as bases da Mentalidade Enxuta em cinco princípios. Observa-se ainda que os cinco princípios de Womack e Jones (1998) abrangem explicitamente tanto os conceitos de Valor como de Fluxo adotados por Koskela (2000). (Pichhi, 2003).

Outro aspecto fundamental é eliminar todo o tipo de desperdício, seja de mão-de-obra, material, tempo, ferramenta, máquina ou do próprio espaço. Ohno (1988), líder do desenvolvimento do TPS, define sete tipos de desperdícios: superprodução, espera, transporte, processamento desnecessário, estoque, movimento e defeitos.

Além das melhorias no processo de produção é necessário pensar na sustentabilidade dos espaços construídos que deve partir da matéria-prima e dos processos utilizados para a construção, principalmente na indústria da construção civil, que nas suas atividades intrínsecas tem se caracterizado por ser um dos maiores geradores de resíduos poluentes, e vêm se tornando o foco principal das pesquisas científicas e tecnológicas nos diversos campos do conhecimento humano. A preservação do meio ambiente significa a preservação da harmonia entre as esferas natural, cultural e artificial em que vivemos. (Heise, 2004)

No processo de desenvolvimento tecnológico, considera-se segundo Corcuera (1998) que a indústria da construção é um dos grandes consumidores de energia e geradora de poluentes.

Segundo Pinheiro (2002) utilizar novos materiais e técnicas pode gerar ganhos de eficiência e diminuição do impacto das construções. É preciso buscar o maior e melhor desempenho possível com o menor custo e menor impacto. As novas tecnologias trazem mais opções de técnicas e de materiais. Os materiais de construção devem ser aplicados de maneira a obter uma arquitetura mais equilibrada (ecológica e humana) (Heise, 2004).

Dentre alguns sistemas construtivos, a tecnologia de construção do painel monolítico de taipa de pilão pode ser considerada de baixo impacto ambiental. A reavaliação do uso da terra como material de construção é de extrema importância. É necessário conhecer as características químicas e físico-mecânicas da terra, enquanto matéria-prima e também no âmbito dos processos construtivos da arquitetura com terra, para avaliar quais os benefícios que este material pode proporcionar ao ambiente construído (Heise, 2004). Esta tecnologia está carente de pesquisas que apontem soluções para que a técnica seja aperfeiçoada e amplie sua utilização no mercado da construção civil.

Portanto, este trabalho visa identificar a oportunidade de aplicação dos cinco princípios da mentalidade enxuta no processo de produção do painel monolítico de taipa de pilão. Para tanto as oportunidades serão abordadas, cruzando-se as etapas do processo de produção com as ferramentas e os princípios fundamentais identificados na revisão da literatura. O

trabalho não pretende discutir os princípios da mentalidade enxuta e não esgotar as possibilidades de melhoria contínua no processo de produção do painel monolítico de taipa de pilão e sim abrir discussões para estudos futuros de aplicação das teorias em campo.

2. PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DA MENTALIDADE ENXUTA

Desde que Womack et al. (1992) chamaram a atenção para este novo paradigma da produção, diversos setores dedicaram grande atenção às possibilidades de aplicações em seus ambientes (Picchi, 2003). Womack e Jones (1998) são os criadores do termo “Lean Thinking” (Mentalidade Enxuta) e estabeleceram cinco princípios como base conceitual.

Valor – entender o que é valor para o cliente e oferecer maior valor agregado, sem desperdício.

Fluxo de Valor – identificar e eliminar desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor, da matéria prima ao cliente final.

Fluxo – produção em fluxo, estável, sem interrupções.

Produção Puxada – produzir somente quando demandado pelo cliente ou processo posterior.

Perfeição – melhoria contínua através da rápida detecção e solução de problemas na base.

Segundo alguns autores os princípios da mentalidade enxuta devem ser aplicados por completo em toda a estrutura do processo de produção bem como na estrutura da empresa e na forma de fazer negócios. Foi constatado em outras pesquisas que os princípios quando aplicados isoladamente não atingem os resultados satisfatórios, criando uma falsa visão e entendimento dessa nova filosofia de pensar o processo (Picchi; Granja, 2004).

O artigo não pretende discutir ou comparar os princípios da mentalidade enxuta, descritos por Womack et al (1992) com abordagens de outros autores sobre o assunto, também não pretende discutir a aplicação dos princípios na estrutura da empresa e nem na forma de fazer negócios. Desta forma não é sugerida a aplicação de ferramentas isoladas e sim a aplicação do conjunto de ferramentas e ações para todo o processo de produção.

Algumas das ferramentas identificadas na revisão da literatura que poderão ser adaptadas ao processo são:

Engenharia simultânea

Mapeamento do fluxo de valor

Células de trabalho

Pequenos lotes

“Poka-yoke” (dispositivo à prova de erros)

Gráfico de balanceamento do operador

Gerenciamento visual

Nivelamento da produção

A oportunidade de aplicação adaptada dos princípios e das ferramentas “lean” para o processo de produção do painel monolítico de taipa de pilão será feita pela análise teórica de seus possíveis benefícios. A possibilidade de trazer resultados positivos é real, mas tal comprovação deve ser estudada em casos de aplicação prática no futuro.

3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PAINEL

A tecnologia de construção com painel monolítico de taipa de pilão é conhecida no Brasil desde a época dos colonizadores. Na história mais recente as experiências com o uso desta tecnologia foram através do arquiteto Lucio Costa, em 1940, no projeto da Vila Operária de João Monlevade (MG). Em 1948 o hospital Adriano Jorge em Manaus (AM), com área de 10.800 m², foi construído com painéis monolíticos de solo-cimento (Heise, 2004).

Hoje, algumas universidades e profissionais estão desenvolvendo esta técnica construtiva para torná-la mais viável tecnicamente e economicamente, tendo em vista que esta caiu em desuso pelo aparecimento de outras tecnologias que se mostraram mais eficazes e vantajosas para as grandes empresas da indústria da construção.

O processo de produção do painel monolítico pode ser dividido em 4 etapas:

- ✓ Preparação da matéria-prima
- ✓ Montagem das fôrmas
- ✓ Compactação
- ✓ Desmontagem das fôrmas

3.1 – Preparação da matéria prima

A preparação correta da matéria-prima trará resultados em um painel mais resistente e durável. A preparação depende do tipo de solo da jazida escolhida, da utilização do painel, das características do painel, para poder se determinar as quantidades de aglomerante, água e massa específica aparente seca a ser alcançada após a compactação. A ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) se baseia nos métodos de dosagem da PCA (Portland Cement Association).

As atividades que compreendem a mistura da matéria-prima são:

- ✓ Localização da jazida;
- ✓ Determinação da dosagem ou traço;
- ✓ Mistura dos materiais;
- ✓ Transporte da mistura;

3.2 – Montagem das fôrmas

As experiências práticas demonstram que as fôrmas são importantes equipamentos do processo, portanto elas devem ser eficientes. As fôrmas devem ser de um tamanho que possibilite, de acordo com o projeto e a tipologia da construção, trazer rapidez e eficiência na montagem e desmontagem das mesmas, além de possibilitarem o trabalho com diversas modulações. Finalmente elas devem ser reaproveitadas o maior número de vezes possíveis, garantindo-se qualidade.

As atividades que compreendem a montagem das fôrmas são:

- ✓ Projeto de fabricação;
- ✓ Pré-fabricação das fôrmas¹
- ✓ Transporte das fôrmas;
- ✓ Montagem das fôrmas;

3.3 – Compactação

Compactação do solo, na definição de Freire (1999) é: a prática de, artificialmente, aplicar sobre o solo cargas dinâmicas, com finalidade de aumentar a sua densidade e se conseguir maior resistência. A densidade é o fator físico de maior importância do painel monolítico, e a densidade dependerá do tipo de solo, da umidade da mistura e da energia de compactação.

As atividades que compreendem a compactação são:

- ✓ Lançamento da mistura dentro da fôrma;
- ✓ Compactação da mistura (manual ou equipamento);

3.4 – Desmontagem das fôrmas

A desmontagem da fôrma é uma etapa importante do processo, após o painel já ter sido compactado, há que se desmontar a fôrma e aguardar a cura do painel monolítico. É importante a limpeza e manutenção em seguida para que a fôrma possa ser reutilizada sempre em bom estado. Para tanto a desmontagem da fôrma deve ser de maneira fácil sem dar “trancos” e sem muito peso. Deve ser uma retirada de componentes seguidos um dos outros dentro de uma sequência ideal.

As atividades que compreendem a desmontagem das fôrmas são:

- ✓ Desmontagem das fôrmas;
- ✓ Limpeza das fôrmas e preparo para a próxima montagem;

4. APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DA MENTALIDADE ENXUTA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PAINEL MONOLÍTICO DE TAIPA DE PILÃO

No estudo de caso exploratório apresentado será utilizada a terra do local de escavação da piscina para se construir os painéis de taipa de pilão. Na figura 1 apresenta a planta baixa e o corte do projeto arquitetônico e a indicação dos painéis de taipa de pilão, denominando-se de painel A, painel B, painel C, painel D, painel E e painel F.

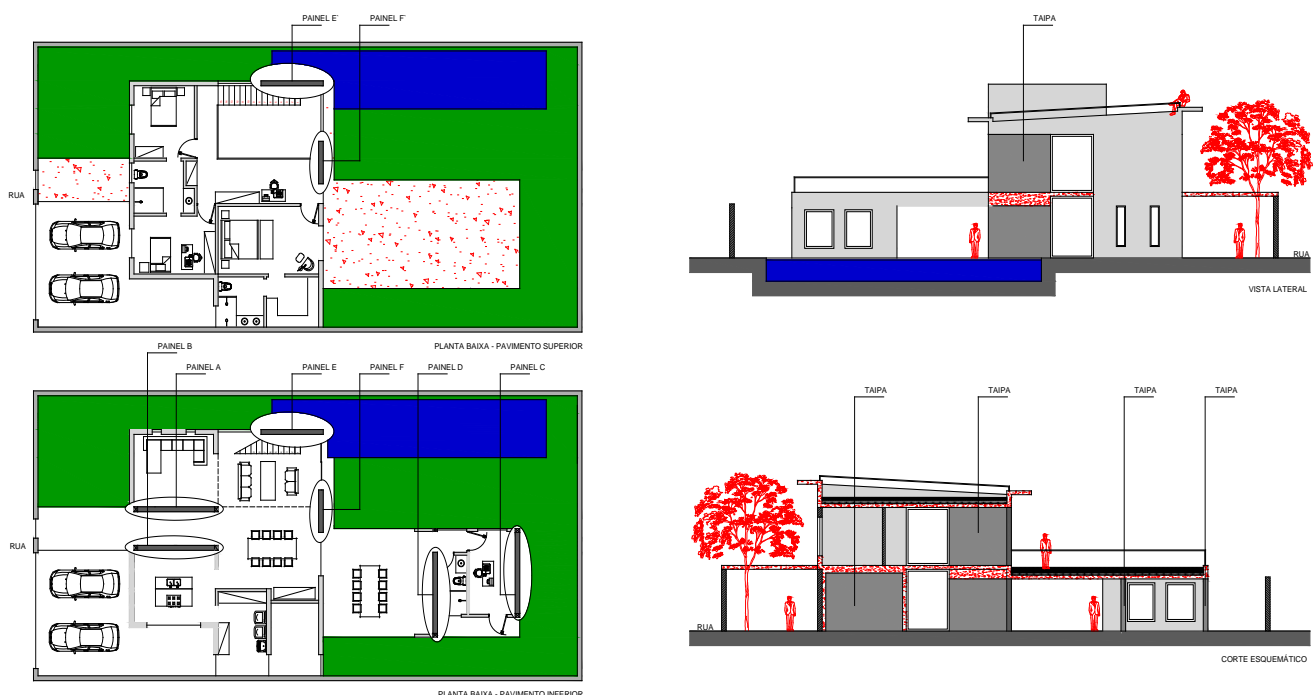


Figura 1:Desenhos de planta baixa, corte e vista do projeto arquitetônico

Na tabela 1 é possível verificar que a quantidade de solo útil que será retirado da escavação da piscina poderá ser aproveitado na sua totalidade para a execução dos painéis de taipa de pilão. Esses por sua vez foram dimensionados em função da informação do volume útil gerado pela escavação.

Tabela 1. Volume de terra necessário para execução dos painéis de taipa e o volume de terra escavado da piscina (m³)

	Volume compactado	Volume solto	Descarte	Volume útil
TAIPA	23,9	43,1	4,3	47,4
PISCINA	60,4	78,5	31,4	47,1

4.1 – Valor

A correta definição de como o valor é percebido pelo cliente é o ponto inicial para trabalhar a mentalidade enxuta (Picchi; Granja, 2004). O cliente pode ser entendido como interno e externo. Cliente externo é aquele que não está ligado diretamente ao processo de produção, mas irá utilizar o produto e o cliente interno é aquele que faz parte diretamente do processo de produção.

Tabela 2. Percepção de valor por tipo de cliente do processo

	Cliente	Percepção de valor
INTERNO	Construtor Empreendedor Células de trabalho	Agilidade e eliminação de desperdício Baixo impacto ambiental e redução de custo Perfeição do produto e tempo de produção
EXTERNO	Usuário Sociedade	Conforto ambiental, estética, durabilidade Impacto ambiental

É necessário e importante definir bem as características do produto e do processo para conseguir atingir a percepção de valor pretendida.

Característica do produto que agregam valor à percepção dos clientes:

- O projeto do módulo do painel deve conseguir maior flexibilidade no projeto;
- O painel é produzido através de uma tecnologia de baixo impacto ambiental;
- O painel monolítico de taipa de pilão tem ótimo comportamento térmico-acústico;
- O painel monolítico tem compatibilidade com outros sistemas.

Características do processo que agregam valor à percepção dos clientes:

- Utilização do conceito de pré-fabricação¹, modularidade e construtibilidade para o projeto do painel e de fabricação e montagem das fôrmas;
- Utilização de equipamentos apropriados;
- Capacitação e treinamento de mão de obra;
- Elaboração de manuais de montagem e desmontagem de fôrmas;
- Elaboração de procedimentos de execução e controle de qualidade.

A figura 2 mostra a sequência de montagem dos painéis e os tipos de módulos. A partir deste esquema é possível, por exemplo, desenvolver o manual de montagem e desmontagem das fôrmas, ou seja, começar a planejar a logística do canteiro de obras.

Interface com outros sistemas construtivos através da Engenharia Simultânea:

- a) Painel de vedação com estruturas de concreto, madeira ou aço;
- b) Painel estrutural com sistemas de laje e telhado.

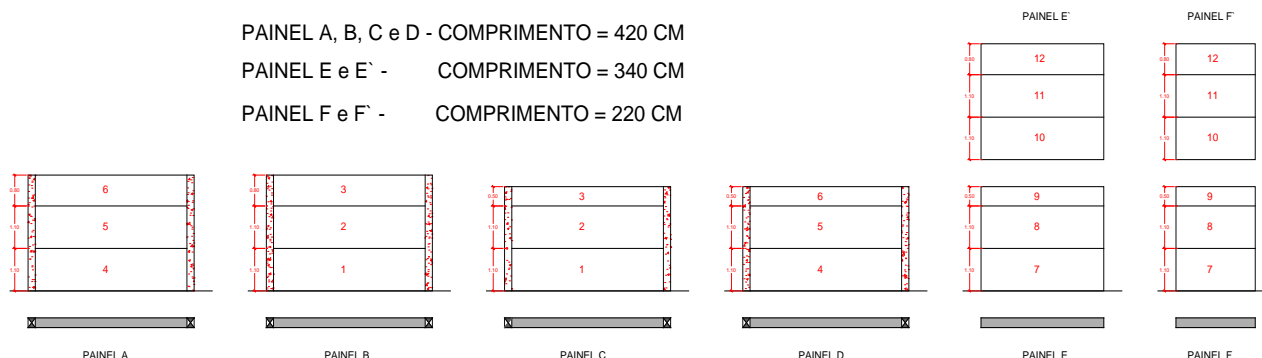


Figura 2. Croquis dos painéis de taipa com a numeração da sequência de montagem

4.2 – Fluxo

O conceito de fluxo é o principal elemento da mentalidade enxuta para atingir uma completa eliminação de desperdício do processo (Picchi; Granja, 2004).

Uma das ferramentas é definir o fluxo em células de trabalho, possibilitando identificar as repetições e os padrões de trabalho, onde o controle e melhoria podem ser atingidos. Definir e treinar grupos de operários que irão operar em cada célula de trabalho, deixando o mesmo grupo nos ciclos de produção. Padronização do trabalho é fundamental para estabelecer o fluxo (Rother; Harris, 2002).

Exemplo 1: definição das células de trabalho para a etapa de mistura da matéria-prima e identificação das oportunidades de melhoria no processo (tabela 3).

Tabela 3. Identificação das células de trabalho por etapa e as oportunidades de melhoria

Células de trabalho	Oportunidades de melhoria
Localização da jazida	Definição das características do produto Definição dos recursos necessários Análises de laboratório
Determinação da dosagem ou traço	Definição das características do produto Ensaio em laboratório
Mistura dos materiais	Utilização de equipamento apropriado Produção em pequenos lotes Procedimento de execução Controle de qualidade
Transporte até o local de uso	Utilização de equipamento apropriado Gerenciamento visual
Liberação do material	Utilização do "Last Planner"

4.3 – Fluxo de valor

Gerenciamento do fluxo físico de pessoas, materiais e equipamentos no canteiro de obras deve fazer parte do planejamento e do controle do processo (Alves; Formoso, 2000).

A ferramenta de Mapeamento do processo irá definir os fluxos (figura 3) das atividades, das informações, dos materiais e dos recursos (mão de obra e equipamentos) necessários para planejar e controlar o processo a fim de obter um fluxo contínuo sem interrupções, eliminando os desperdícios e atividades que não agregam valor.

Identificar as atividades ou células de trabalho que serão executadas fora do canteiro de obras e quais serão executadas dentro do canteiro. Atividade executada fora do canteiro de obra tem um nível de controle de qualidade superior àquelas executadas dentro do canteiro.

Conhecendo o mapeamento do fluxo de valor é possível projetar e gerenciar de forma eficaz o canteiro de obras, buscando assim a máxima racionalização da produção, tendo fluxo

contínuo e eliminando desperdícios que não agregam valor, fazendo assim com que o “lead time” seja reduzido ao necessário.

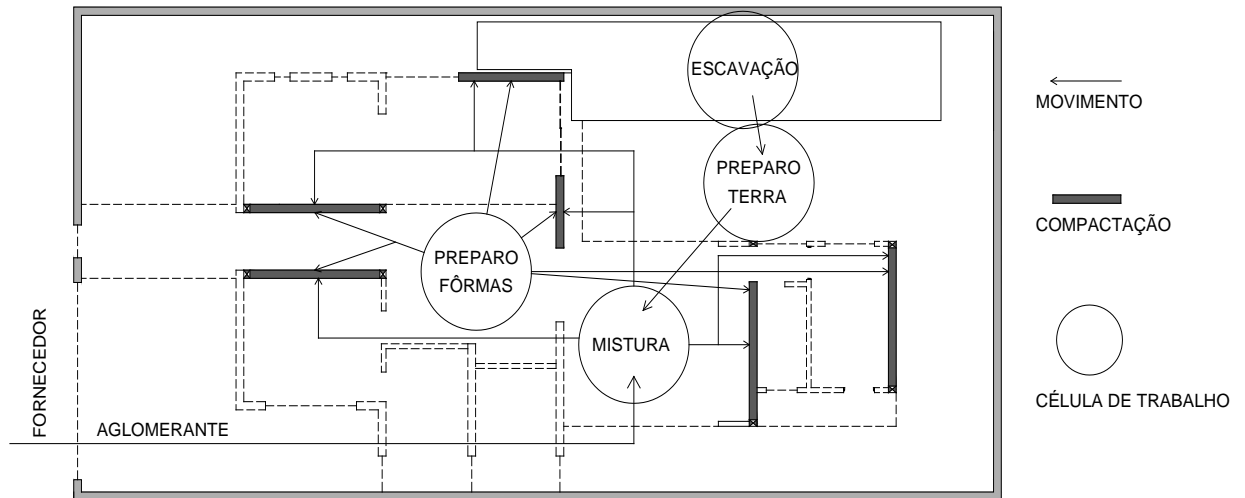


Figura 3. Mapeamento simplificado das atividades do processo dentro do canteiro de obra

4.4 – Produção puxada

Puxar e fluxo são princípios considerados como principais características da Mentalidade Enxuta e as bases para eliminação do desperdício. Com base na produção puxada o processo poderá trabalhar com fluxo contínuo, sem interrupções. (Picchi; Granja, 2004).

As células de trabalho devem ser bem dimensionadas para que a taxa de produção seja igual a taxa de demanda do processo. Assim é possível aplicar a ferramenta do JIT (“Just in time”) para os clientes e fornecedores internos ao processo, como ilustra a figura 4.

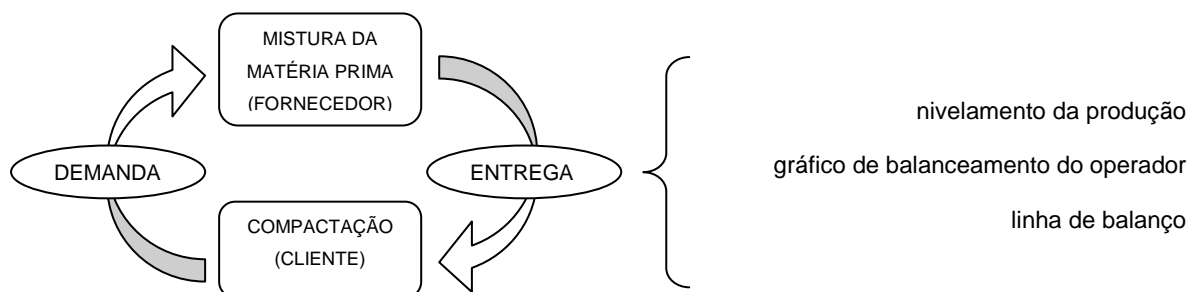


Figura 4. Exemplo de relação entre cliente e fornecedor e ferramentas apropriadas para trazer melhorias

4.5 – Perfeição

Observa-se no setor da construção civil uma tendência de uso cada vez maior de sistemas de qualidade em construtoras, o que traz algum avanço em padronização das tarefas e melhoria. O trabalho padronizado, como entendido no “Lean Thinking”, vai além da descrição da seqüência de operações, abrangendo também padronização do ritmo, inventário padrão e layout (Picchi, 2003).

Outras ferramentas devem ser aplicadas na prática para atingir o estágio de melhoria contínua do processo e a perfeição do serviço, como exemplo, o treinamento dos operadores e dos responsáveis técnicos, para que possa ser feito o gerenciamento visual da atividade. Ainda pode ser adaptada a ferramenta do Poka-yoke, um dispositivo que dá a possibilidade de evitar erros, por exemplo, na fabricação e montagem das fôrmas.

A melhoria contínua tem também no “Lean Thinking” a particularidade de ser realizada na base da hierarquia, com rápida detecção e solução de problemas (Shonberger, 1982). Pode-

se, portanto, afirmar que, do ponto de vista do “Lean Thinking”, elementos fundamentais adicionais devem ser implantados, mesmo em empresas com sistemas de qualidade, para que se possa atingir o estágio de melhoria contínua perseguido pelo princípio da perfeição.

Uma das ferramentas pode ser, por exemplo, a folha de dados de controle da qualidade da mistura de materiais², identificando a obra, a quantidade de serviço a ser executado, o início, o término, os operadores (empreiteiro, encarregado e equipe), condições para início do serviço, itens de verificação, tolerância, dosagem e aceitação do serviço por parte do responsável técnico.

5. CONCLUSÕES

O “Lean Thinking” vem se firmando, primeiro na manufatura e, mais recentemente, em outros setores, como o novo paradigma, não só de produção, mas de negócio, uma vez que envolve também o desenvolvimento do produto, relação com fornecedores, estratégia de venda e gestão de pessoas. (Picchi, 2003).

A análise dos princípios e ferramentas “lean” adaptadas ao processo de produção do painel monolítico de taipa de pilão se mostrou útil na identificação das oportunidades de aplicação e melhoria do processo, mesmo esta análise ainda sendo restrita e caracterizada como teórica.

É importante ressaltar que os benefícios desta análise teórica poderiam trazer na prática ganhos na redução dos custos da produção e ainda melhorar o resultado final do produto. Colocando a tecnologia numa posição competitiva entre as tecnologias de baixo impacto ambiental, já que uma das características do painel de taipa de pilão é seu comportamento térmico e seu processo pode consumir pouca energia. O aprimoramento do processo de produção é válido e necessário, buscando o maior e melhor desempenho possível com o menor custo e menor impacto para torná-la mais viável tecnicamente e economicamente.

Nas palavras de Claude Julien (diretor do Monde Diplomatique, Paris) fica clara a importância da investigação tecnológica;

A nova evolução tecnológica não poderia constituir um objetivo: só pode ser um meio. Se o objetivo é o crescimento econômico, simples medida de produção utilizará as novas tecnologias para reproduzir a antiga ordem, acentuando as distorções, se o objetivo é o desenvolvimento da sociedade, empreenderá uma tarefa bem mais complexa procurando nas novas tecnologias, meios mais eficazes para melhor organizar e dominar o seu universo. Nenhum profissional especializado em qualquer das tecnologias resolverá o debate, porque é político e cultural, não conseguirá mobilizar as energias e os recursos necessários, se a sua única preocupação é fazer face à concorrência, imitá-la na conquista das tecnologias de ponta (Dethier, 1986, p.).

Os estudos pioneiros são um importante passo para disseminar os princípios “lean” através da aplicação prática nos processos. O autor considera viável a implementação, na prática, das análises feitas pelo trabalho, tendo em vista que esta tecnologia caiu em desuso pelo aparecimento de outras tecnologias que se mostraram mais eficazes e lucrativas para as grandes empresas da indústria da construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T.C.L.; FORMOSO, C.T. (2000). “Guidelines for managing physical flows in construction sites.” Proceedings of the 8th Conference of the International Group for Lean Construction, Brighton, UK.

BALLARD, G.; ARBULU, R. (2004). Making prefabrication lean. Proceedings of the 12th Conference of the International Group for Lean Construction.

BJORNFOT, A.; STEHN, L. (2004). Industrialization of construction: a lean modular approach. Proceedings of the 12th Conference of the International Group for Lean Construction.

CORCUERA, D. (1998). Edifícios de escritórios na cidade de São Paulo: O conceito de sustentabilidade nos edifícios inteligentes. In: NUTAU 98, 1998, São Paulo. Anais...

DETHIER, J. (1986). Dês architectures de terre, une tradition millenaire. Paris: Editions Centre Pompidou.

FREIRE, Wesley Jorge (1999). Solo cimento para fins rurais. Disciplina: Solo cimento e argamassa armada. Campinas: Unicamp.

HEISE, A. F. (2004). Desenho do processo e qualidade na produção do painel monolítico de solo-cimento em taipa de pilão. Dissertação (Mestrado). Campinas: Universidade Estadual de Campinas.

LUO, Y.; RILEY, D.R.; HORMAN, M.J. (2005). Lean principles for prefabrication in green design-build (GDB). Proceedings of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction.

OHNO, T. (1988). Toyota Production System: beyond large-scale production. Cambridge: Productivity Press.

PICCHI, F. A. (2003). Oportunidade de aplicação do Lean Thinking na construção. Ambiente construído, Porto Alegre, v.3, n.1, p.7-23.

PICCHI, F.A.; GRANJA, A.D. (2004). Construction sites: using lean principles to seek broader implementation. Proceedings of the 12th Conference of the International Group for Lean Construction.

PINHEIRO, G. F. (2002). O gerenciamento da construção civil e o desenvolvimento sustentável: um enfoque sobre os profissionais da área de edificações. Dissertação (Mestrado). Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

ROTHER, M.; HARRIS, R. (2002). Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute Brasil.

SHONBERGER, R.J. (1982). Japanese Manufacturing Techniques. New York: Free Press, 1982.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. (1992). A máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro: Campus.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. (1998). A mentalidade enxuta nas empresas. Rio de Janeiro: Campus.

KOSKELA, L. (2000). Na exploration towards a production theory and its application to construction, Espoo, VTT Building Technology. 296 p. VTT Publications; 408.

NOTAS

(1) Pré-fabricação: fazer o todo ou parte do todo de um objeto em algum lugar que não seja o local da posição final de montagem (Ballard e Arbulu, 2004).

(2) Mistura dos materiais – é uma atividade, ou célula de trabalho, que acontece na etapa de preparação da matéria-prima.

AUTORES

André Falleiros Heise – arquiteto, mestrado pela engenharia civil da UNICAMP, professor de projeto de edificações da Universidade Bandeirantes de São Paulo, Membro da Associação Brasileira dos

Construtores com Terra - ABCTerra, sócio-proprietário da HEISE arquitetura onde atua como coordenador de projetos e planejamento do canteiro de obra. e-mail: andrefalleiros@gmail.com

Ariovaldo Denis Granja – engenheiro civil, doutor em Engenharia Civil (Unicamp), professor doutor, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia em Edificações – GTE, Departamento de Arquitetura e Construção – DAC, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. e-mail: adgranja@fec.unicamp.br

Flavio Augusto Picchi – engenheiro civil, doutor em Engenharia Civil (Unicamp), professor doutor, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia em Edificações – GTE, Departamento de Arquitetura e Construção – DAC, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. e-mail: fpicchi@fec.unicamp.br



PROJETO DE UNIDADE HABITACIONAL CONSTRUÍDA EM ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO PARA O ASSENTAMENTO RURAL MUTIRÃO DE CAMPO ALEGRE, NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Cynthia Lobato Serrano¹, Fabiano Prates Ravaglia²; Gerônimo Leitão³

Escola de Arquitetura & Urbanismo, Universidade Federal Fluminense - UFF, Rua Passos da Pátria 156 - Ínga - Niterói, telefone: 55 021 26295747

(1) serranocls@gmail.com; (2) fabiano_ravaglia@hotmail.com; (3) geronimo_leitao@uol.com.br

Palavras-chave: alvenaria de solo-cimento; habitação de interesse social; assentamentos rurais.

Resumo

O trabalho tem por objetivo desenvolver uma solução habitacional para as cerca de 400 famílias de trabalhadores rurais que vivem no Mutirão de Campo Alegre, assentamento rural implantado pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Nova Iguaçu e de Queimados, no estado do Rio de Janeiro, em meados da década de 1980.

O projeto de unidade habitacional que elaboramos adota o sistema construtivo dos blocos maciços de solo-cimento, produzidos no próprio local, em prensas manuais. A escolha dessa solução tecnológica se deve ao fato de existir no assentamento uma jazida cujo solo revelou, em ensaios laboratoriais realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, uma granulometria apropriada, viabilizando, assim, um traço de solo/cimento econômico, o que possibilitou uma redução substancial nos custos da produção da moradia.

Pretende-se, através da implementação deste projeto de unidade habitacional, contribuir para a difusão, junto aos trabalhadores rurais de Campo Alegre, com uma tecnologia adequada no que diz respeito aos aspectos econômico, social e de sustentabilidade do ambiente natural. A redução dos custos de construção e a melhoria das condições da habitabilidade das moradias construídas no assentamento, por meio de um projeto arquitetônico que incorpora soluções vernaculares, são também, objetivos desta proposta habitacional.

Por último, a introdução do sistema construtivo de blocos maciços de solo-cimento no Mutirão de Campo Alegre pretende estimular a geração de renda na comunidade, através da comercialização dos componentes produzidos na Central de Produção, cuja implantação, em convênio com as Associações de Moradores locais, é um possível desdobramento desta proposta de transferência tecnológica.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, o homem tem utilizado a terra como elemento básico na produção do ambiente construído. Ainda nos dias de hoje, existem exemplos significativos de edificações construídas há séculos, por povos de diferentes culturas, que resistiram à ação dos agentes agressivos do meio ambiente – um dos melhores desses exemplos é a Muralha da China, construída no século III A.C. (Leitão, 1993).

O uso pioneiro de blocos de terra secos ao sol – conhecidos como adobe – na construção de alvenarias, arcos e domos, ocorreu desde a Antiguidade, nas civilizações que se estabeleceram nas margens do Rio Nilo, estendendo-se, posteriormente, pelo norte da África.

Essa técnica construtiva foi difundida ao longo do Império Romano, por várias regiões da Europa, como o sul da França e da Grã-Bretanha, o sudoeste da Alemanha e parte da Península Ibérica.

A terra foi, também, amplamente utilizada como material construtivo pelos povos pré-colombianos, sobretudo naqueles locais onde o clima quente e seco favorecia o seu uso.

Foram, no entanto, os colonizadores espanhóis que introduziram no chamado Novo Continente, o adobe, utilizando tanto na construção de moradias quanto na de edificações de maior porte, como igrejas e palácios governamentais.

No Brasil, durante o período colonial, observa-se uma diferenciação no que se refere aos métodos construtivos adotados na América Hispânica: em lugar do adobe, eram comuns, principalmente em São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso, as construções de taipa de pilão – processo construtivo através do qual uma mistura umedecida de solo é compactada entre formas previamente fixadas –, sendo somente a partir do início do Século XVIII que seriam utilizados blocos em edificações (Leitão, 1993).

Nesse mesmo período, nas regiões Norte e Nordeste do país, o chamado pau-a-pique⁽¹⁾ – processo construtivo em que uma trama reticulada de madeira é recoberta por massa plástica de solo – foi e ainda é largamente empregada pela população mais pobre das áreas rurais.

O abandono das técnicas construtivas com terra pode ser, dentre outros fatores, atribuído à melhoria das condições de transporte dos materiais de construção e ao desenvolvimento de novos materiais, decorrente do processo de industrialização que se iniciou no Brasil a partir da década de 1930.

Do mesmo modo, o fim do trabalho escravo e o surgimento de novos padrões estéticos, no final do século XIX, cumpriram papel relevante para que o uso do adobe e da taipa na construção de edificações urbanas se tornasse cada vez mais raro.

Embora tenham sido realizadas iniciativas pioneiras sobre o uso da tecnologia do solo-cimento nas décadas de 1940 e 1950, com o apoio da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), é somente a partir dos anos 1970 que órgão de pesquisa com apoio do extinto Banco Nacional de Habitação (BNH), atuando na produção de moradias de interesse social, promovem o resgate do uso da terra como material de construção, especificamente do solo-cimento.

Em 1948, a ABCP publica “Casa de paredes de solo cimento” que divulga os critérios de dosagem, método de preparo da mistura, assim como formas de utilização e revestimentos adequados a esse tipo de construção.

Através do desenvolvimento de pesquisas e da implementação de projetos habitacionais de caráter experimental, estes órgãos procuraram criar soluções tecnológicas alternativas e de baixo custo, adequadas à diversidade regional e cultural das populações de baixa renda, cuja implementação foi bastante comprometida com a extinção do BNH.

A questão da moradia é apontada pelos técnicos do governo do Estado que atuam em programas de reforma agrária como um dos fatores fundamentais para viabilizar a implantação dos assentamentos rurais, uma vez que muitas famílias vivem em precárias habitações, com graves problemas de salubridade. Nesse sentido, apresentamos neste trabalho uma proposta alternativa de habitação para os assentamentos rurais implementados pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, desenvolvendo um projeto piloto para o Mutirão de Campo Alegre – localizado nos municípios de Nova Iguaçu e Queimados – em que são utilizados os blocos maciços de solo-cimento (Leitão, 1993).

A adoção desta solução se deve ao fato de que experiências anteriores foram bem sucedidas no uso dessa tecnologia na construção de moradias populares nas áreas rurais, em diversas localidades do país. Outro aspecto que determinou o uso do solo-cimento nessa comunidade foi à adequação do solo existente em determinados sítios do assentamento Mutirão de Campo Alegre, comprovada por ensaios realizados no Laboratório de Ensaios de Materiais de Construção da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

2. O ASSENTAMENTO RURAL MUTIRÃO DE CAMPO ALEGRE

Localizado nos municípios de Nova Iguaçu e Queimados, o Mutirão de Campo Alegre é um exemplo expressivo dos assentamentos rurais implementados pelo Governo do Estado.

A ocupação do “Mutirão de Campo Alegre” iniciou-se em 1983, mas a formação do assentamento data de janeiro de 1984, com a chegada de membros do Movimento dos Trabalhadores Sem-Terra (MST), organizada pelo Núcleo de Apoio à Família (NAF) e pela Comissão Pastoral da Terra do Rio de Janeiro (CPT/RJ), com um total de 640 famílias (Hollanda, 2008).

Assim, em 20 de junho de 1984, após seis meses de resistência pacífica, durante os quais sofreram várias pressões dos grileiros da região, os participantes tiveram suas reivindicações atendidas quando o então governador Leonel Brizola assina o decreto nº. 7351/84 e ato de desapropriação das terras para fins de utilidade pública assegurando, o apoio de diferentes órgãos públicos ao assentamento das famílias de lavradores e ao desenvolvimento da produção agrícola (Hollanda, 2008).

Foi criada após essa intervenção do Estado, a União das Associações do Mutirão de Campo Alegre – UAMCA, separada em 7 regionais (Terra Nova, Fazendinha, Mato Grosso, Chapadão, Marapicu, Capoeirão e Acampamento) que possuem diretorias autônomas⁽²⁾.

3. A TECNOLOGIA DOS BLOCOS DE SOLO-CIMENTO APLICADA A CAMPO ALEGRE

Definida a proposta de utilização do sistema construtivo de paredes monolíticas de solo-cimento, procuramos submeter o material coletado em uma das regionais de Campo Alegre – a regional Fazendinha – aos testes necessários de modo a verificar a viabilidade de sua utilização.

Esses testes empíricos são recomendados pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED, 1984) em situações em que não existe a impossibilidade da realização de ensaios em laboratório. Foram realizados os seguintes testes com o material coletado:

- 1) Teste do cordão: com uma porção de terra seca, juntar água até que os cordões rolados comecem a se quebrar com um diâmetro de 3 mm. Com esse material, formar uma bola e verificar a força necessária para esmagá-la entre os dedos polegar e indicador. Analisar de acordo com as seguintes características:
 - Cordão duro: só se pode quebrar a bola com muito esforço;
 - Cordão mole: a bola se fissa ou esmigalha com pouco esforço;
 - Cordão frágil: não é possível reconstituir a bola sem que ela se fissure ou esmigalhe.
- 2) Teste da fita: com uma porção de terra, com a mesma umidade do ensaio do cordão, fazer um cilindro do tamanho de um cigarro. Amassar o cilindro de modo a formar uma fita, com 3 mm a 6 mm de espessura e o maior comprimento possível. De acordo com as características do material coletado, pode-se obter:
 - Fita longa: 25 a 30 cm sem dificuldade;
 - Fita curta: 5 a 10 cm com dificuldade.
- 3) Teste do bolo: colocar uma quantidade da terra bastante úmida na palma da mão, golpear esta mão com a outra de modo que a água saia para a superfície da amostra, dando-lhe um aspecto liso e brilhante. Pressionar o bolo com os dedos e verificar o resultado dessa operação:

- Reação rápida: bastam 5 a 10 golpes para que a água aflore à superfície da amostra, a pressão dos dedos faz a água desaparecer imediatamente e uma pressão mais forte esmigalha o bolo.
 - Reação lenta: são necessários 20 a 30 golpes para que a água aflore, a pressão dos dedos faz com que o bolo se deforme como uma bola de borracha.
- 4) Teste de resistência seca: fazer 2 a 3 pastilhas de terra bem úmida, com cerca de 1 cm de espessura e 2 a 3cm de diâmetro. Secar as pastilhas ao sol por 2 ou mais dias. Tentar esmagar a pastilha entre os dedos indicador e polegar. Obtêm-se de acordo com as características do material os seguintes resultados:
- Grande resistência seca: é muito difícil esmagar a pastilha e quando se consegue esta se quebra como um biscoito;
 - Média resistência seca: não é difícil partir a pastilha e com algum esforço consegue-se reduzir os pedaços a pó;
 - Fraca resistência seca: é muito fácil partir a pastilha e ao partir, reduz-se à pó.

Após a realização desses testes, foram obtidos os seguintes resultados (Rocha; Leitão, 2008):

- Ensaio do cordão: cordão semi-duro;
- Ensaio da fita: fita curta;
- Ensaio do bolo: reação lenta;
- Resistência seca: resistência média.

É possível desse modo, segundo métodos qualitativos de escolha do solo definidos pelo CEPED, caracterizar o solo coletado como adequado para utilização na construção de paredes monolíticas de solo-cimento, uma vez que apesar de argiloso, apresenta um teor de areia que possibilita o seu uso.

Através dos resultados obtidos e com as recomendações da Cartilha para construção de paredes monolíticas em solo-cimento (CEPED, 1985), o traço utilizado de solo-cimento é de 1:10 (uma parte de cimento para dez partes de solo).

No entanto, após a verificação da possibilidade do uso do solo-cimento, foram realizados ensaios em laboratório. Com os resultados obtidos, foi possível obter um traço bem mais econômico que o traço preliminarmente utilizado, uma vez que novos ensaios apontaram 1:15 (uma parte de cimento para quinze partes de solo) como o traço definido para a execução de uma parede monolítica para testes – possibilitando, assim, resistência satisfatória e menor consumo de cimento.

Os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais realizados são os seguintes:

- retração na caixa de 60 cm de comprimento: 1,6 cm (≤ 2 cm);
- limite de liquidez: 35% ($\leq 45\%$);
- índice de plasticidade: 15% ($\leq 18\%$);
- percentual que passa pela peneira 0,075: 20,4% (de 10% a 50%);
- resistência à compressão média (traço 1:10 em volume): 4,3 MPa ($\geq 2,0$ MPa).

Os valores entre parêntese significam os limites indicados pelo BNH (1995).

O solo apresentou, ainda, a massa específica aparente seca (compactada) de 1,83 g/cm³, 97,3% passando na peneira de 4,8 mm, umidade ótima de 14,8%, e massa específica aparente de 2,017 g/cm³.

O processo de construção de paredes monolíticas em solo-cimento é bastante semelhante ao que utiliza blocos cerâmicos convencionais. Os blocos de solo-cimento são produzidos em prensas manuais, instaladas em local próximo à jazida de onde é retirado o material utilizado no preparo da mistura.

As prensas manuais devem ser fixadas no solo e corretamente niveladas; limpas, reguladas e lubrificadas, durante todo o processo de confecção dos blocos, de modo a assegurar a qualidade – de produção dos blocos –, bem como a homogeneização de suas dimensões.

A produção estimada para as prensas manuais oscila entre 800 e 3500 blocos/dia, de acordo com o número de trabalhadores envolvidos nas várias tarefas (preparo da “maseira”, transporte da mistura, operação das prensas, estocagem dos blocos) e, também, do número de horas trabalhadas – há que considerar, ainda, nesse aspecto da produtividade, a questão da capacitação da equipe de trabalho.

O processo de fabricação dos blocos ocorre segundo as seguintes etapas:

- definido o traço da mistura de solo-cimento (1:15), inicia-se o trabalho de homogeneização, revirando-se o material, até que se tenha coloração uniforme;
- adiciona-se água para formar uma mistura seca.
- a mistura é, em seguida, colocado na prensa manual, quando, então, se realiza a compactação – é necessário fazer o curso completo da alavanca, até que a mesma fique paralela ao piso, de modo a obter o grau necessário de compactação;
- retirados os blocos, com bastante cuidado, estes são empilhados em superfície plana e sombreada.

Os blocos produzidos devem passar por um processo de cura: estocados em local coberto – quando isto não for possível, pode ser usada uma lona plástica – com 4 a 6 molhagens por dia, em um período mínimo de 7 dias.

As pilhas de blocos estocados não poderão ter altura superior a 1,5 m e devem formar um bloco compacto – pilhas colocadas lado a lado, com um espaçamento mínimo entre elas –, de modo a dificultar a evaporação da água, durante o processo de cura. Passados 8 dias da data de produção, os blocos já podem ser utilizados na construção ou comercializados.

Recomenda-se a montagem de uma Central de Produção de Blocos Maciços, cujas características devem variar de acordo com a demanda estimada; essa unidade de produção, além de estar o mais próximo possível da jazida, deve ter, necessariamente, as seguintes instalações: administração; depósito para estocagem dos sacos de cimento e de outros materiais; local para a instalação de prensas manuais, área coberta (onde serão estocados os blocos, durante 3 dias, para que se processe a fase inicial da cura); pátio descoberto não pavimentado, porém nivelado (onde os blocos são guardados até o uso ou comercialização).

4. CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA UNIDADE HABITACIONAL

O projeto (figuras 1 e 2) consiste em varanda (4,70 m²), sala (16,75 m²), cozinha (5 m²), área de serviço (3 m²), 2 quartos (7,9 m² cada) e banheiro (2,7 m²), o que corresponde a uma área total de aproximadamente 48m², construído com alvenaria de blocos maciços de solo-cimento.

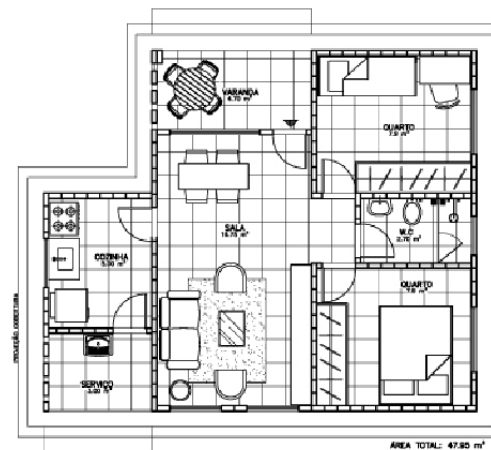


Figura 1. Layout da residência proposta

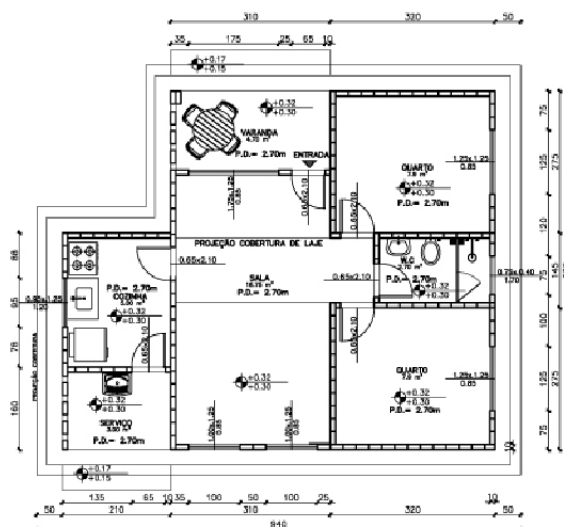


Figura 2. Planta-baixa da residência proposta

A ampliação da unidade habitacional foi também planejada, uma vez que, devido às características do processo construtivo utilizado, será necessário orientar a execução de futuros acréscimos, de modo a evitar problemas que comprometam a durabilidade e resistência das alvenarias.

As instalações hidráulicas, elétricas e sanitárias foram executadas do mesmo modo que nas construções convencionais, porém, recomenda-se que sejam aparentes, fixadas por braçadeiras e buchas, a fim de facilitar a realização das obras, reduzindo os gastos com materiais e mão-de-obra – embora, seja necessário reconhecer que esta solução encontre resistências, no que diz respeito a sua aceitação pela clientela alvo do projeto, devido a fatores culturais.

A cobertura adotada foi a de telhas onduladas de fibra vegetal, com o madeiramento apoiado sobre as paredes. O beiral acentuado, por sua vez, tem por objetivo dificultar que a água das chuvas atinja as paredes da unidade habitacional, o que poderia comprometer a sua durabilidade.

Além das telhas onduladas – cujo caimento é de 15% – foi proposta sobre o banheiro e parte da sala a localização dos reservatórios superiores de água, formando um volume com laje impermeabilizada e cobertura vegetal.

5. ETAPAS DO PROCESSO CONSTRUTIVO

As figuras 3 a 7 mostram etapas e vistas do protótipo.

A execução dos alicerces foi feita com uma mistura de solo-cimento compactado, que possui maior teor de estabilizante químico – um traço mais rico, portanto, de cimento. Há que ressaltar, ainda, o fato de que os blocos maciços podem ser também utilizados para o nivelamento do baldrame. Neste projeto que apresentamos, foi adotada, como solução de fundação, o baldrame no qual é utilizada a pedra-de-mão argamassada, em função da disponibilidade desse material no assentamento.

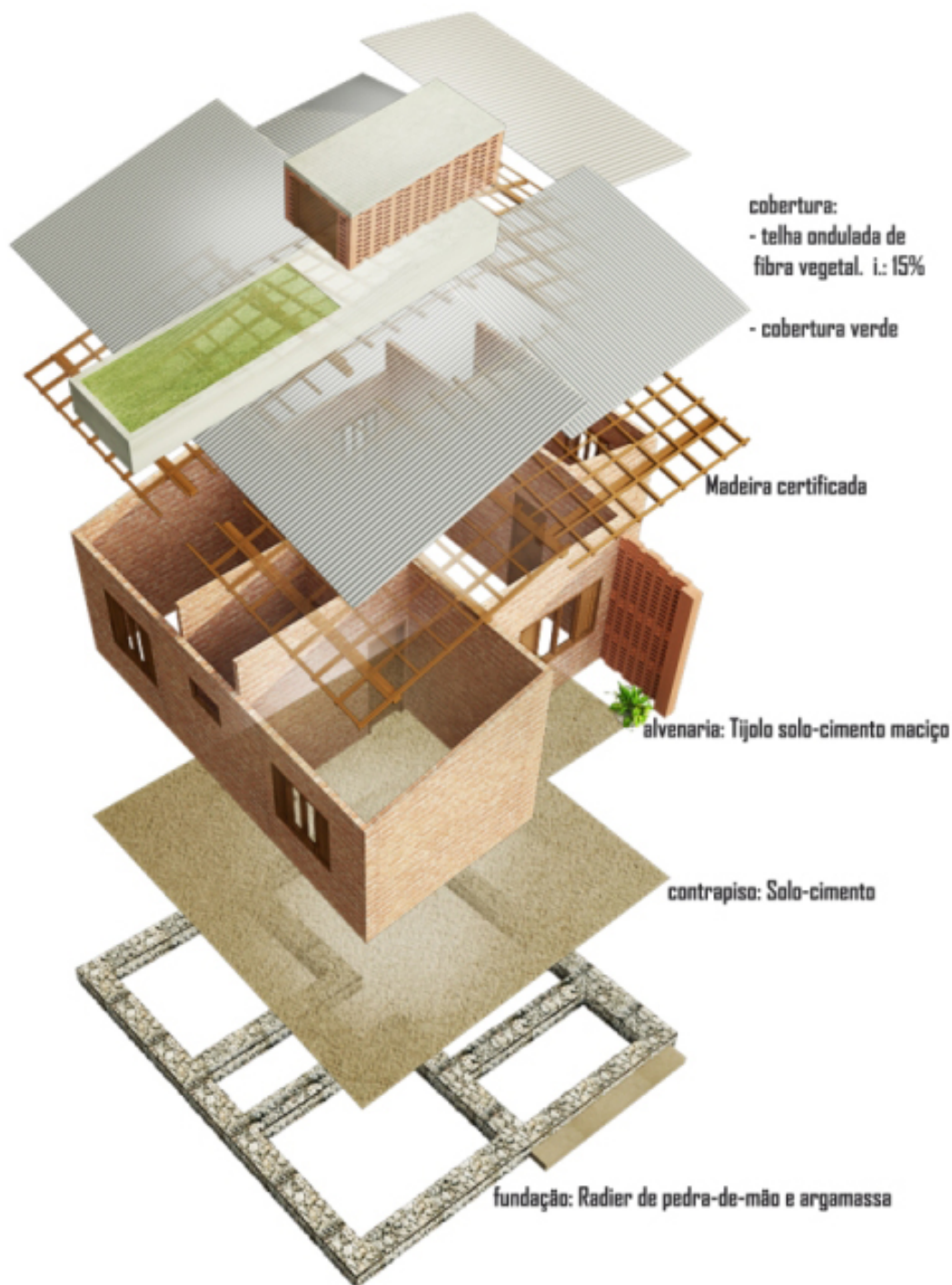


Figura 3. Etapas construtivas da edificação

As juntas entre os blocos devem ter 1 cm de espessura e estas não poderão coincidir verticalmente, de modo a evitar trincas. É recomendada a adoção, no preparo da argamassa, de um traço 1:15, em volume, na mistura de solo-cimento – isto se o solo for adequado, do contrário, terão de ser feitas as correções necessárias.

As paredes construídas com blocos maciços de solo-cimento podem ou não ser revestidas. O revestimento utilizado pode ser aquele tradicionalmente usado em alvenarias de bloco cerâmico: emboço, reboco, pintura. Se não for programado o revestimento, as paredes devem receber, na sua face externa, uma pintura com tinta à base de pó mineral, que servirá como impermeabilizante, enquanto que, no lado interno, podem-se utilizar tintas à base de água ou caiação. Quando as paredes não são revestidas, é sugerido que seja feito um rebaixo de 0,5 cm na argamassa de assentamento dos blocos, para melhorar o acabamento.



Figura 4. Vista lateral da residência



Figura 5. Vista da entrada principal



Figura 6. Vista das janelas dos quartos



Figura 7. Vista da área de serviços

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da construção desse protótipo de unidade habitacional, que adota a tecnologia do solo-cimento, acreditamos que será possível, não apenas promover a difusão das soluções construtivas alternativas junto às comunidades que vivem e trabalham em assentamentos rurais, a partir de um projeto piloto no Mutirão de Campo Alegre, como, também, viabilizar a implementação de um programa de geração de renda, através da criação de uma Central de Produção de Blocos de Solo-Cimento, cuja produção poderia atender às demandas não só deste assentamento, como da população que vive no seu entorno.

A perspectiva original do projeto que desenvolvemos era a de promover o acesso da população local à técnica construtiva do solo-cimento, estimulando-os a utilizarem essa tecnologia em construções de futuras moradias. Um conjunto de informações técnicas, apresentadas de forma simplificada e projetos arquitetônicos modulados de tipologias habitacionais seriam disponibilizados para as associações de trabalhadores que integram o

Mutirão de Campo Alegre. Cursos breves, realizados semestralmente, também foram previstos na perspectiva de transferência de uma tecnologia construtiva apropriada.

Apesar da suspensão dos projetos governamentais para o Mutirão de Campo Alegre no início da década de 1990, este trabalho visa a retomada desses projetos habitacionais e utilizar a experiência como referência para projetos habitacionais futuros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Cimento Portland (1948). Casas de paredes de solo-cimento. Boletim Informativo da ABCP, 1948 (54).

Banco Nacional de Habitação (1985). Uniformização das técnicas de aplicação do solo-cimento na construção habitacional. Rio de Janeiro: BNH.

CEPED. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (1995). Cartilha para construção de paredes monolíticas em solo-cimento. 4 ed. Rio de Janeiro: BNH.

CEPED. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (1994). Manual de construção com solo-cimento. São Paulo: ABCP.

Hollanda, Carolina Moreira de (2008). A salubridade na moradia popular em assentamentos rurais no Estado do Rio de Janeiro: Uma análise a partir do Mutirão Campo Alegre. Niterói: PPGEAU/UFRJ. Dissertação de Mestrado.

Leitão, Gerônimo (1993). Tecnologia construtiva alternativa e programas habitacionais de interesse social: o uso do solo-cimento em assentamentos rurais no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: PROARQ/UFRJ. Dissertação de Mestrado

Rocha, Ariston; Leitão, Gerônimo (2008). Transferência de tecnologias apropriadas: construindo com solo-cimento no assentamento rural de Campo Alegre, no Rio de Janeiro. Anais... Terra Brasil 2008, São Luís: UEMA; PROTERRA; Rede TerraBrasil.

NOTAS

(1) "A taipa consiste na montagem de uma trama reticulada de madeira e a posterior cobertura dessa trama com uma massa plástica de solo" (CEPED, 1984, p.17).

(2) "Aprender e ensinar saúde – Campo Alegre". Projeto especial de saúde para as áreas de assentamento rural. Governo Leonel Brizola. Organizadora do Projeto Especial de saúde: Glória Walkyria de Fátima. Rio de Janeiro, 1986.

AUTORES

Cinthia Lobato Serrano: aluna do curso de graduação da Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense.

Fabiano Ravaglia: aluno do curso de graduação da Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense.

Gerônimo Leitão: Arquiteto (FAU-UFRJ, 1982), Urbanista (FAU-UFRJ, 1989), Mestre em Geografia (IGEO-UFRJ, 1990), Mestre em Arquitetura (PROARQ-UFRJ, 1994), Doutor em Geografia (IGEO-UFRJ, 2004), Professor da Escola de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense, Diretor da EAU-UFRJ (2007/2011).



SECRETOS TÉCNICOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA OBRA MONUMENTAL CON TIERRA

Leonidas Gómez-Gómez

Acuarela Ltda. Calle 35 # 30-07 Bucaramanga-Colombia
Teléfono: (57 7) 6349670; e-mail: presidencia@acuarela.com.co

Palabras clave: tapia, tapia pisada, obra de tierra

Resumen

La reciente construcción de una Puerta Urbana con 600 toneladas de peso, 11 metros de altura y paredes de tapia pisada de 80 centímetros de grueso sin techo protector, es el resultado de la combinación armoniosa de la tradición y tecnologías nuevas apropiadas. La obra, ejecutada en la región montañosa con mayor actividad sísmica de Colombia, fue inspirada por las Guacas y Pirámides de tierra del antiguo Perú cuyo valor testimonial después de 3.000 o más años aún se conserva. La exposición que hace su diseñador y constructor presenta detalles técnicos que pueden contribuir al uso avanzado de la tierra en viviendas pero sobre todo en obras monumentales. El relato apoyado con fotografías y dibujos, incluye todo el diseño, las estructuras sismo-resistentes en tierra sin aditivos y luego el proceso de construcción con sus errores y aciertos, los textos de consulta, la improvisación de laboratorios, la realización de múltiples experimentos, la investigación de campo en las construcciones más antiguas de la región y sobre todo, los métodos de trabajo para no inhibir el conocimiento ancestral que conservan los maestros tapieros y motivar su iniciativa hasta el exitoso resultado final.

1. PUEBLITO ACUARELA. PRESENTACIÓN

En la República de Colombia, sobre la Cordillera Oriental, muy cerca de la ciudad de Bucaramanga, hay una montaña recortada a media altura, que configura una extensa y bella planicie conocida como La Mesa de Los Santos, donde se viene construyendo por etapas Pueblito Acuarela.

Pueblito es una aldea ecológica. Aldea por su tamaño y ecológica por el compromiso ambiental que se expresa en la utilización de materiales de construcción como la piedra, la tierra y la madera, por la implantación de redes de energía limpias, por el tratamiento de las aguas servidas internamente con tecnologías fitosanitarias propias, por el reciclaje, por el urbanismo ergonómico y la arquitectura natural con efecto bioclimático y sobre todo, por la estructura socio económica que garantiza la sustentabilidad con la mayor calidad de vida posible a sus habitantes.

El proyecto Pueblito Acuarela se ha convertido en una alternativa experimental y a la vez pedagógica. En un incentivo a la investigación y a la búsqueda de una fusión armoniosa entre el legado cultural de nuestros ancestros y la ciencia moderna. Es una contribución a la búsqueda de soluciones del crecimiento poblacional sin afectar el equilibrio medioambiental.

La riqueza conceptual desarrollada por Pueblito hasta ahora es bastante y cada vez será mayor. En el presente texto haremos referencia, de manera anecdótica, a lo que se deriva de la construcción de la puerta de entrada principal, reservándonos los demás temas para otras oportunidades.

2. LA PUERTA URBANA. JUSTIFICACIÓN

La puerta de entrada principal a Pueblito es un monumento de grandes proporciones formado por 4 tapias cruzadas en forma de pirámide. Es un reclamo visual de alto valor estético que atrae poderosamente la atención de los transeúntes que pasan por el frente en automóviles, en bicicletas o a pie. Y quienes entran o salen sienten el llamado a interpretar el significado de la obra y la clara percepción de estar integrados con todo lo que contiene. Es un estímulo a los sentidos.

Desde que han existido los pueblos han existido las puertas urbanas. Ha existido para acceder a los primitivos encerramientos, en las ciudades amuralladas, en los Fuertes Militares y en las ciudades

modernas, para proteger a quienes se encuentran al interior. Pero también hay puertas urbanas interiores, en éste caso tienen como función la sectorización o jerarquización de los espacios de adentro. En algunos casos las puertas urbanas no tienen el uso práctico convencional, son monumentos simbólicos, testimoniales u obras de arte. Y han calado tanto en la necesidad y el gusto de los seres humanos, que donde no se han construido expresamente, la gente se las ingenia para llenar el vacío figurando plantas ornamentales en forma de arco o improvisando elementos sustitutivos.



Figura 1. Puerta Urbana en proceso de construcción. Al fondo cúpula de bahareque

3. IDENTIDAD REGIONAL

Cada país quiere tener una identidad arquitectónica. En Colombia nos enseñan en los colegios y universidades que la casita típica es aquella construida con tapia pisada pintada de blanco con zócalos de colores, ventanucos con abras de tabla, techos a dos aguas con tejas curvas de barro cocido, corredores sostenidos por columnas de madera redonda y protegidos por largas barandas.

En realidad estas casitas son apenas la implantación en las montañas cafeteras del modelo colonial español que a su vez España había adoptado durante los largos años que fue dominada por los árabes. Antes que nuestros compatriotas hubieran enriquecido la implantación colonial con elementos originales hasta darle un carácter propio, fue substituida por otros modelos extranjeros, entre ellos el estilo Republicano de origen inglés y francés.

Entre tanto, no hemos sabido aprovechar la riqueza cultural que nos legaron las grandes civilizaciones anteriores a la Conquista Española. Para el caso, parece que hubiéramos querido desconocer deliberadamente la herencia urbanística y arquitectónica de los Mayas, los Aztecas, los Moches, los Incas o tantos otros pueblos de nuestra línea genética directa.

De todas las culturas, las que más influyeron en Colombia a nuestros antepasados, sin duda, provenían del antiguo Perú. Las evidencias son muchas, aprendimos el trazado urbano, la agricultura en terrazas, la fabricación de cerámicas, los instrumentos y los aires musicales, la orfebrería, los textiles y gran parte de sus ritos funerarios y compromisos espirituales. Sin embargo, durante el pasado indígena nunca construimos pirámides como ellos, es hasta ahora, en pleno Siglo XXI que hacemos la primera réplica a la entrada de una aldea que busca identidad en Latinoamérica.

4. LAS PIRÁMIDES

Las pirámides son volúmenes de bases cuadradas o triangulares cuyas paredes planas y simétricas se elevan inclinadas apoyándose unas a otras hasta un solo punto en la cúspide o hasta un plano superior de remate cuya forma es igual pero más pequeña que el plano de la base.

Las pirámides en piedra generalmente terminan en punta y tienen gradas para escalar, las pirámides de tierra generalmente tienen anillos de reducción volumétrica periféricos, truncan su altura con terrazas y utilizan rampas para subir y bajar.

En piedra o en tierra el valor estructural de las pirámides lo aportan las paredes inclinadas unas sobre otras que anulan las fuerzas de volteo y el ancho de esas paredes e incluso los cuerpos macizos de muchas de ellas son el soporte contra su propio peso. La pirámide es la más elemental pero la más efectiva estructura sismorresistente.

En todos los casos las pirámides han sido elementos jerárquicos, en Asia y África para usos funerarios, en Centro América como templos ceremoniales donde se hacían las ofrendas con vidas humanas y en Suramérica tuvieron usos religiosos, políticos, culturales y prácticos en la conservación de alimentos e incluso como viviendas.

Todavía no se sabe si se construyeron primero las pirámides de piedra o las de tierra. Lo que se ha podido comprobar es que las de tierra se han conservado mejor, quizá porque durante las guerras amortiguan mejor el impacto de las armas y en las épocas de abandono permanecen intactas porque nadie se lleva un material que se encuentra cerca y generalmente gratis en todas partes, mientras que el reciclaje de las pirámides de piedra resulta atractivo para hacer nuevas construcciones. La tierra bien manejada es tanto o más resistente a la erosión que producen el viento y las aguas lluvias que la piedra. Y lo cierto es que hoy se han descubierto ciudades con muchas pirámides de tierra relativamente bien conservadas con más de 4.000 años A.C. de antigüedad como Caral al norte de Lima, mientras que la pirámide de piedra más antigua conocida tiene apenas un poco más de la mitad de esa antigüedad.

Para el caso, la puerta principal de entrada a Pueblito Acuarela no es una pirámide, pero está inspirada en ellas, son cuatro paredes trapezoidales cruzadas entre sí jugando el papel de contrafuerte las unas con las otras. La inclinación la tienen las paredes por los cantos recortados a 45 grados, mientras que el cuerpo de las tapias está perfectamente aplomado. Aquí el efecto sismorresistente lo producen los contrafuertes.

Las paredes de tierra pisada o adobe pueden elevarse hasta 6 veces su grueso. Una pared de 60 centímetros, según esta ley, solo debe levantarse 3,60 metros. Nuestras paredes tienen 80 centímetros según los cuales pueden levantarse 4,80 metros, sin embargo se levantan 11,50 metros. Lo resolvimos haciendo en la mitad un entrepiso que reparte las cargas y sirve de estructura para continuar la elevación, casi como si fuera uno de los anillos periféricos de las pirámides de tierra del Perú o de las pirámides de piedra del Asia Menor que se conocen como Mástabas. El entrepiso cumple además la función de terraza mirador a donde las personas suben por gradas talladas en piedra y no por rampas de tierra como hubiera correspondido en caso de que hubiéramos pretendido hacer una copia y no una alusión. El entrepiso es el recurso técnico para que la Puerta contenga el peso de sus propias paredes superando el principio general que limita las alturas.

5. LA CIMENTACION

Las muestras de tierra extraídas en varios apiques y analizadas en laboratorio dieron como resultado una capacidad portante magnífica que solo requería 60 centímetros de profundidad para las vigas de cimentación. Sin embargo, al hacer la excavación de las zanjas encontramos gran cantidad de túneles de más o menos 8 centímetros de diámetro que hacen las hormigas Culonas, una hormiga única en el mundo que comemos con mucho placer, pero que lógicamente le quitan estabilidad al suelo.

Para no correr riesgos, decidimos rellenar con tierra-cemento los túneles de las hormigas y hacer una compactación uniforme del suelo hasta 2 metros de profundidad. Y sobre seguro se hicieron las vigas de amarre con los hierros y el concreto recomendado por el calculista. Del nivel del suelo hacia arriba, utilizando piedras pegadas con arena y cemento, se configuró el sobrecimiento de 80 centímetros de ancho por 60 centímetros de alto. El sobrecimiento es como el zapato que protege del agua el cuerpo que sostiene y ayuda a amortiguar el impacto de los sismos. En construcciones más pequeñas, como las viviendas, las piedras de los sobrecimientos pueden ir acuñadas sin pegamento.

En cualquier construcción con tierra la cimentación es fundamental, pero mucho más si se trata de una obra monumental y más todavía si el monumento se levanta en uno de los nudos sísmicos más activos del mundo, donde tiembla de 1 a 3 grados en la Escala de Richter en promedio 20 veces por día y entre 4 y 5,5 grados varias veces al año.



Figura 2. Preparando el subsuelo y armando las tapias a partir del sobrecimiento en piedra

6. LA FALTA DE EXPERIENCIA

Con 20 años de experiencia en construcción convencional y solo tres años fabricando y utilizando en viviendas y pequeños edificios el adobe crudo, pero sin nada de experiencia en tapia pisada tuve el atrevimiento de asumir la construcción de la Puerta Urbana y por supuesto, las consecuencias no se hicieron esperar. Esta es la anécdota.

Para empezar con el pié izquierdo, contratamos maestro y albañiles con muy poco o ningún conocimiento sobre tapias pisadas. Y más grave aún, decidimos utilizar las arcillas puras, rojas y amarillas y arcillas jaspeadas de blanco con altísimo contenido de caolín, sin pizca de arena ni grava, como un queso tierno, que habíamos extraído de la excavación para el cemento y de bancos alrededor de la obra. Muy contentos porque nos ahorraríamos el costo del transporte de las 600 toneladas de materia prima.

Dando palos de ciego, escuchando aquí y allí consejos de personas tan atrevidas e ignorantes como nosotros, quienes habían visto o que les habían contado o que creían que así debía ser, mezclamos paja seca con el barro y se le pusieron a las paredes cañas verticales con la intención de que, como pararrayos, condujeran las fuerzas de equilibrio por los centros hasta la base.

A los 15 días de trabajo se habían logrado paredes de 2 metros de altura que presentaban grietas verticales y horizontales hasta de 3 centímetros de ancho. Resolvimos tumbar. Responsabilizamos las características de la tierra. Con la lectura de algunos textos y la intervención de algunos teóricos que pontifican desde las nubes donde se encuentran totalmente desligados de la realidad, concluimos que podríamos mejorar la tierra agregando el 10% de cal viva y para cerrar las brechas entre los pegues de un tapial y otro se introdujeron “colmillos” elaborados con maderas redondas de 2 pulgadas de diámetro por 1 metro de largo.



Figura 3. Tumbando las tapias mal construidas antes de que se cayeran solas

Un mes después tuvimos que volver a demoler porque las grietas eran todavía más tenebrosas y la superficie de las paredes presentaba cualquier cantidad de cráteres y se desmoronaban con la simple fricción de las manos. Como quien hace junta de médicos en un hospital ante un complicado caso de

vida o muerte, empezamos a consultar colegas arquitectos, ingenieros y constructores que han hecho no una sino varias casas con tapia pisada y como si fuera poco abrimos un foro por Internet en el cual participaron decenas de colaboradores espontáneos de varios países.

El diagnóstico colectivo fue que a la arcilla además de agregarle cal hay que adicionarle un 15% de cemento como se hace con los adobes prensados conocidos como CINVA-RAM o BTC, además, que la tierra se debía pisar por capas de 10 centímetros y no de 15 centímetros. Tan ingenuos e ilusionados como antes, reiniciamos la obra.

Un mes después, con 4 metros de altura, la inestabilidad de la obra era mayor. Así que decidimos hacer la última demolición y parar la obra para prepararnos hasta tener la seguridad de poder volver a comenzar en firme.

7. PROCESO DE APRENDIZAJE

Al día siguiente de terminar el bachillerato, un impulso incontenible de aventura y búsqueda me llevó a vivir 3 años recorriendo de cabo a rabo el Perú. De manera dispersa pero intensa estude e hice casi de todo. Muchas cosas me impactaron para siempre, pero de todos esos impactos el más profundo lo produjeron esas magníficas construcciones de tierra que unos llaman guacas y otros pirámides, donde se conserva y se siente la memoria cultural de las más portentosas culturas prehispánicas. Y se descubre nuestro verdadero cordón umbilical.

Con los recuerdos intactos pero ésta vez con una intención perfectamente definida, después de casi 40 años, volví a Lima, a Trujillo y Chiclayo las ciudades norteñas y costeras que conservan quizá la más grande cantidad de reliquias arquitectónicas de los Pueblos anteriores a los Incas, para estudiar detenidamente la composición granulométrica de la tierra utilizada, las formas con sus proporciones, las cimentaciones, la orientación, los pañetes y en general todos los detalles técnicos visibles.

Y éste estudio me indujo a considerar la necesidad de hacer lo mismo con las construcciones de mi región en Colombia, aunque son mucho más elementales y menos antiguas. Los resultados fueron reveladores y muy halagadores. Resultó que en las estribaciones del Cañón del Río Chicamocha, relativamente cerca de Pueblito Acuarela, todas las viviendas, sin excepción, son de tapia pisada con tierras muy parecidas a las del Perú. Y quedan desde hace más de 200 años, muchas ruinas sin techo pero con las paredes intactas. Todo un libro abierto.

Debido a muchos factores, en los últimos 20 años el éxodo de los campesinos hacia las ciudades se ha intensificado, de manera que quedaron las viviendas de antes, pero no se volvieron a construir casas nuevas y los albañiles tapieros tuvieron que dedicarse a la agricultura o la minería. Pero ahí estaban. De uno en uno fui descubriéndolos e invitándolos a conformar el equipo para hacer la tapia más grande que jamás hubieran soñado. Seducidos por volver a su profesión, ellos mismos seleccionaron el maestro y se repartieron las funciones. El equipo resultó tan interesante, que incluyó una familia de tapieros por tradición compuesta por el abuelo de 70 años, dos hijos de 50 y 45 años y tres nietos de 20, 21 y 30 años que dicen llevar el barro en las venas. ¡Así que, con ellos, las investigaciones y un ánimo de revancha incontenible, decidimos poner manos a la obra!

8. REINICIANDO HASTA TERMINAR

8.1. La Tierra

La materia prima ideal para hacer tapias pisadas está compuesta mitad por tierra franco-arenosa y mitad por grava. La grava entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de pulgada.

Esa calidad existe en los campos en los lugares menos aptos para la agricultura. Y si no se encuentra cerca de la obra, la única opción como nos tocó a nosotros, es asumir el costo del transporte. Por supuesto que hay otras alternativas, pero ninguna mejor en la relación costo-beneficio

8.2. Experimentos

Con la tierra seleccionada hicimos pequeños bloques, uno pisando capas cada 3 centímetros, otro pisando cada 5 centímetros, y otro cada 10 centímetros. Sometimos los bloques durante una semana al impacto del chorro de agua que produce una manguera y resultó que la mejor compactación se logra pisando capas de 5 centímetros. De igual manera con capas de 5 centímetros se logra la mayor resistencia a la prueba de abrasión.



Figura 4. Haciendo experimentos de campo con la granulometría encontrada en las construcciones más antiguas de la región

8.3. Escarificación

Para que las capas de tierra pisada no queden separadas como un pastel milhojas hay que escarificar la capa pisada antes de aplicar encima la otra. La herramienta para escarificar se puede fabricar de manera artesanal remplazando los pelos de un cepillo por unas pocas puntillas.

8.4. Trabas en los Tapiales

Definiremos como tapiales los moldes, generalmente de madera, que se usan para contener la tierra mientras se pisa. Para la Puerta Urbana se usaron tapiales de 2 metros de largo por 1 metro de alto y 80 centímetros de ancho. Al pisar la tierra y luego desarmar los tapiales se producen bloques que parecen adobes de gran tamaño. Para lograr la altura de las paredes se arman unos tapiales encima de los otros, en los tapiales destinados a una casa es suficiente hacer trabas evitando que la línea de terminación de un tapial coincida con la línea de terminación del que va encima, como se acostumbra en mampostería, pero en construcciones monumentales se recomienda una traba adicional. Esta traba se logra metiendo una caja dentro del tapial para que al desarmar la tierra compactada parezca una torta rectangular de la cual se sacó en la esquina superior una porción equivalente a la cuarta parte de su tamaño. Dicho de otra manera, los tapiales de la puerta urbana de Pueblito Acuarela van ensamblados unos con los otros y trabados por hileras.



Figura 5. Trabas dentro del tapial para reforzar su estabilidad

8.5. Colmillos de escalera

Se llaman colmillos unos palos redondos de aproximadamente 80 centímetros de largo por 2 pulgadas de grueso que se introducen en el centro de las esquinas para que contribuyan a impedir que las tapias se abran. En ángulos de 90 grados los colmillos trabajan bien pero su función es casi nula si se les pone a unir bloques en línea recta. Para ésta función inventamos una escalera de 2 metros de largo con pasos a 40 centímetros que se instala acostada la mitad en el centro de un tapial y la otra mitad en el tapial que se le adjunta, generando una gran ayuda para la estabilidad y para evitar grietas verticales en los pegues.

8.6. Asumiendo la erosión

El primer intento de construcción incluía un pañete cubriendo todas las tapias pisadas con el objeto de mejorar la resistencia de la superficie a la erosión eólica e hidráulica. En la construcción final suspendimos el pañete en la cara de las tapias y lo aplicamos exclusivamente en los cantos. Es un pañete de alta resistencia compuesto por dos medidas de tierra arcillosa, una medida de arena fina de río, una medida de estiércol de vaca, media medida de ceniza y media medida de emulsión asfáltica, mezclado todo en agua y dejando madurar 3 días antes de aplicar. Por medio de experimentos prácticos y un simulador en el computador dedujimos que las paredes sin pañete en 50 años se reducirán de 80 a 75 centímetros, es decir, perderán 2,5 centímetros por cada lado hasta estabilizarse gracias a la grava que contienen.



Figura 6. Puerta principal de entrada a la aldea ecológica denominada Pueblito Acuarela en la Mesa de Los Santos – Colombia

9. ESTABILIDAD

La verdadera prueba la hace el tiempo. Tendremos que esperar. Sin embargo hay síntomas de perdurabilidad que nos animan. Desde que se terminó la obra hemos tenido múltiples temblores de baja intensidad y llevamos uno de 5.5 y otro de 5.7 grados. Los Domingos y Festivos suben y bajan más de 300 personas y pasan por debajo unos 400 vehículos. Van cuatro meses de uso y no se ha presentado la primera grieta, ni el primer desprendimiento, ni nada. Parece que la obra emulará con sus primas hermanas del Perú por la longevidad. Y queda establecido que los secretos técnicos para construir con responsabilidad una obra monumental en tierra no son tantos ni tan difíciles de aprender, pero se requieren modestia, persistencia y disposición a untarse, o como dicen los viejos tapieros, para trabajar la tierra como se debe, hay que sembrar las manos para que la tierra se nos meta por las venas y florezca.

AUTOR

Leonidas Gómez-Gómez, ecologista, urbanista y diseñador bioclimático con especialización en materiales naturales y techos vivos. Empresario y constructor. Autodidacta con estudios complementarios en la Universidad Nacional de Chile, en la Universidad de La Plata-Argentina, en la Universidad Maharishi en Estados Unidos, en la Universidad de Los Andes-Colombia y en el Instituto Tecnológico de Monterrey de México. acuarela@presidencia.net.co; leonidasgomezgo@hotmail.com www.acuarela.net.co



TECHOS Y VENTANAS BIOCLIMÁTICOS

Leonidas Gómez-Gómez

Acuarela Ltda. Calle 35 # 30-07 Bucaramanga-Colombia
Teléfono: (57 7) 6349670; e-mail: presidencia@acuarela.com.co

Palabras clave: techos, ventanas, bioclimático, techo verde

Resumen

En la búsqueda del efecto bioclimático al interior de las viviendas y edificios existe plena conciencia de la importancia que tienen la construcción de muros relativamente gruesos con tapia pisada, adobes, fardos de paja, bahareque o aplicando capas combinadas de materiales térmicos. Sin embargo, son demasiados los casos en los que se pierde o se rebaja considerablemente el efecto porque no se saben integrar correctamente los techos y ventanas apropiados. Aplicando el legado histórico que nos dejaron culturas como la de los Vikingos, las lecciones de los grandes maestros de la Arquitectura Natural en el presente, más experiencias y desarrollos propios, el expositor, apoyado con fotografías y dibujos técnicos, presenta diferentes alternativas para construir "techos vivos", techos de madera y techos convencionales con cielorrasos de tierra aligerada. Con relación a las ventanas se destaca la importancia que tienen primero su orientación, luego el tamaño y finalmente el diseño. Se indicaran los peligros de orientar las ventanas seducidos por el paisaje. El público aprenderá a construir la Brújula Solar y a establecer la diferencia con la Brújula Polar Magnética. Además se presentaran gran cantidad de evidencias y experimentos sencillos pero absolutamente reveladores del papel de juega la orientación en la configuración de habitats auspiciosos y saludables.

1. INTRODUCCIÓN

Se denominan bioclimáticos los edificios que por sus características constructivas producen y conservan con naturalidad la temperatura y la humedad ideal para el bienestar de los seres humanos. Los claustros bioclimáticos son frescos cuando en el exterior hace calor y tibios cuando afuera hace frío, sin utilizar equipos mecánicos o afectar el equilibrio medioambiental por el consumo de leña, materias primas no renovables o contaminantes.

El efecto se siente desde la entrada y es una sensación gratificante que generalmente no sabemos de donde proviene ni terminamos de identificar, pero que nos despierta el deseo de volver o quedarnos a vivir en el lugar. Y es así como se configura la principal cualidad que requiere el ser humano para sus viviendas, que sean saludables. El concepto convencional de vivienda se eleva a la categoría de cobijo, definiendo como tal los espacios que protegen y transmiten altas dosis de bienestar.

Los diseñadores y constructores que buscan el efecto bioclimático son conscientes de la necesidad de utilizar materiales naturales en las paredes, especialmente la tierra en forma de tapias pisadas, adobes crudos o bahareque, pero hasta ahora, la gran mayoría desconocen la orientación como el factor determinante y el valor de las ventanas y los techos para lograr resultados superiores. Por éste motivo, el presente texto está orientado casi exclusivamente a tratar esos aspectos.

2. LOS TECHOS

Los techos aportan la mitad del carácter y el estilo y mucho más a la calidad y comodidad interior, con excepción de los grandes edificios en los cuales el techo casi desaparece.

Los edificios clásicos chinos y japoneses rinden culto al techo. Y en todos los países en todos los tiempos cuando alguien quiere construir su propia casa en lo primero y en lo último que piensa es en el techo. Por eso muchas personas para referirse afectuosamente a su casa le dicen mi techo.

Sin embargo, la modernidad en su búsqueda expresiva se ha orientado por las fachadas y cada vez ha venido relegando más los techos.

Para que los techos contribuyan a convertir las viviendas y edificios en termos naturales auténticos, en climas tropicales cálidos se requieren techos con materiales que refracten o absorban las radiaciones solares y en climas tropicales fríos materiales que contengan y regulen el calor interior.



Figura 1. Hotel en Santiago de Chile

Las tejas de cerámica, las de barro cocido, las de cemento, las de zinc, hierro, acero, vidrio, policarbonato, plástico, asbesto-cemento y las placas de concreto o techos con materiales similares reducen y en algunas circunstancias anulan el efecto bioclimático que pudieran estar produciendo paredes construidas con tierra. Se usan porque son más económicas, más bellas o más fáciles de instalar. O porque el constructor no conoce las alternativas apropiadas.

2.1 Mejorando los techos convencionales

Todos los materiales de techo convencionales se pueden utilizar si debajo de ellos se instala un “cielo raso” de adobes o se configura por capas un sándwich aislante de barro y paja de mínimo 12 centímetros de grueso. Como habrá que reforzar la estructura para que soporte el peso adicional y agregar el valor de la mano de obra, debemos reconocer que los beneficios obtenidos justifican ampliamente el incremento del costo.

Se ha puesto de moda llamar ecológicos a los grandes edificios que aplican tierra y siembran prados y jardín en la última terraza. Es una presentación comercial sin aportes ecológicos significativos, porque casi en la totalidad de los casos la fachada superior ajardinada no concuerda con las demás fachadas en vidrio, ladrillos, aluminio o concreto.

2.2 Techos de madera

Las maderas impermeables con las cuales se pueden producir tejas planas o curvas requieren un grueso mínimo. Si la madera misma no es suficientemente gruesa se deben agregar otros elementos. Por ejemplo, a las tejas elaboradas con guadua hay que complementarlas con un cielo raso de bahareque. Y para las tejas planas de Alerce tan utilizadas al sur de Chile recomendamos una base de tablas machihembradas de 3 centímetros de grueso.

Durante la construcción de Pueblito Acuarela en Colombia, estamos fabricando tejas de 3 metros de largo y canales hasta de 6 metros partiendo por mitad y limpiando el interior de la palma macana (*Euterpe Predatoria*) con varias ventajas: primero, la palma madura es suficientemente gruesa para producir sola el efecto bioclimático; segundo, son insonorizantes; tercero, son autoportantes, es decir, que las tejas son su misma estructura de soporte; cuarto, son muy durables con alta resistencia al comején a otros animales y los hongos; y finalmente, como consecuencia de las cualidades anteriores, representan una gran economía para la construcción de los techos.

Bajo ninguna circunstancia se justifica la deforestación. Para poder utilizar a conciencia la madera en la construcción y particularmente en la fabricación de techos, nos debemos imponer la tarea de cultivar industrialmente los árboles, las guaduas o las palmas que vamos a necesitar.



Figura 2. Tejas de palma macana autoportantes

2.3 Techos Verdes

Denominamos así los techos que remplazan las tejas por material vegetal vivo, generalmente césped o “maleza” de raíces pequeñas y poca altura disponibles en la región donde se encuentre la construcción para que en lo posible no necesiten riego permanente.

Quines oyen hablar por primera vez de techos verdes, se les ocurre que son techos muy pesados con muchísima dificultad para impedir el paso del agua hacia el interior. En realidad es lo contrario, se pueden lograr techos verdes más livianos que otros techos bioclimáticos y la impermeabilización es realmente sencilla. El éxito de los techos verdes está, como en toda clase de construcción, en los detalles.

Los Vikingos son conocidos como los inventores de los techos verdes. Sobre una plataforma de tablas corrientes, aplicaban corteza de pinos altamente resinosa y contenían la tierra en los aleros con garabatos y tablas que expuestos al sol, al agua y al hielo seguramente tenían que estar cambiando cada 4 a 10 años.



Figura 3. Réplica Vikinga en Oslo-Noruega



Figura 4. Casita del administrador en el Mercado Campesino de Acuarela, Colombia

La casita de la foto anterior fue impermeabilizada con plástico agrícola de 2 milímetros de grueso y para contener la tierra tiene un cerco de bahareque. Mientras el plástico esté oculto a los rayos UV debajo de la tierra, podremos conservarlo en perfectas condiciones junto al elemento de contención de la tierra, por lo menos durante 100 años.

La impermeabilización de los techos verdes corre el riesgo de ser deteriorada con herramientas punzantes durante las labores de mantenimiento. Por tanto es requisito que los jardineros usen exclusivamente sus manos para arrancar de raíz las plantas que quieran desechar y hacer las podas estrictamente superficiales.

A manera de anécdota contaré que cuando hice el primer techo verde el césped prendió y al mes se secó. Lo remplazamos por una clase de pasto que crece como enredadera hasta en las grietas de las piedras, lo abonamos y regamos juiciosamente y también se secó. Lo volvimos a sembrar con maleza de la que crece sola en los alrededores sin cuidados de ninguna especie y se secó. Sembramos “maní forrajero” cuyas hojas forman un paraguas para conservar debajo la humedad y se secó. Seis meses después de invertir cuatro veces más de lo presupuestado, concluimos que quizá el problema no eran las matas sino la falta de tierra. Efectivamente habíamos sembrado sobre una capa de 8 centímetros de tierra por entre los cuales el sol del trópico alcanza a penetrar, calienta el plástico y quema cualquier raíz. El asunto se resolvió fácilmente doblando el grueso de la capa de tierra.

3. LAS VENTANAS

La importancia de las ventanas se mide primero por la relación con el sol, luego por el servicio que prestan a la ventilación, a la comunicación visual de los habitantes de los edificios con los transeúntes y finalmente con el paisaje. Generalmente ocurre al contrario.

Y cuando ocurre lo contrario, las ventanas se orientan casi exclusivamente por el paisaje perdiendo el sentido de las prioridades. Para el caso invito a considerar el paisaje como un “espejismo” que desaparece con la sobre-exposición. El paisaje es más intenso, variado y significativo cuando al tener que buscarlo, en cada oportunidad nos sorprende de diferente manera. Para agravar el problema, el paradigma del paisaje induce a crear ventanas tan desproporcionadamente grandes como deben ser solo las buenas vitrinas, con vidrios que terminan de anular las posibilidades de generar ambientes climatizados y saludables.

3.1 La orientación solar

La primera relación de las viviendas y edificios en general y de las ventanas en particular debe ser con el sol, porque el sol es la principal fuente de energía y de toda su radiación, la más intensa y positiva es la que emite por las mañanas, mientras que por las tardes es negativa. Las ventanas deben ser la puerta de entrada de la energía solar positiva.

Por tanto, las ventanas deben estar orientadas por la brújula solar al Oriente o al Norte, en algunos casos al Sur pero jamás al Occidente y evitando posiciones intermedias.

La brújula solar difiere de la brújula convencional magnética 23,3 grados que marcan una trascendental diferencia. Mientras la brújula magnética nos vincula a los polos como si la tierra fuera el centro del universo de acuerdo a los viejos postulados de los tiempos de la Santa Inquisición, la brújula solar nos ubica alrededor del eje correcto.

Con toda la importancia que tiene la orientación, lo menos que puedo es ofrecer la técnica más sencilla para construir una brújula solar y sustentar con evidencias de facilísima comprobación sus efectos.

3.2 Construcción de la brújula solar

Quines quieran fabricar una brújula solar de manera artesanal pero absolutamente precisa, sobre un plano nivelado, pueden clavar una varilla de 80 centímetros de altura, bien aplomada, que sirva de eje para pintar un círculo de 1 metro de diámetro. Las medidas pueden variar sin afectar el resultado. Por la mañana marcamos con un punto el momento exacto en que la sombra de la punta de la varilla cae sobre la línea del círculo y por la tarde hacemos lo mismo, luego unimos en línea recta esos dos puntos para obtener el oriente y el occidente, haciendo cruz logramos el norte y el sur. Si el primer punto se logra, por ejemplo, a las 10:05 faltando 1 hora y 55 minutos para las 12 del medio día, el segundo punto lo lograremos a las 12 del medio día más 1 hora y 55 minutos, es decir a la 13:55.

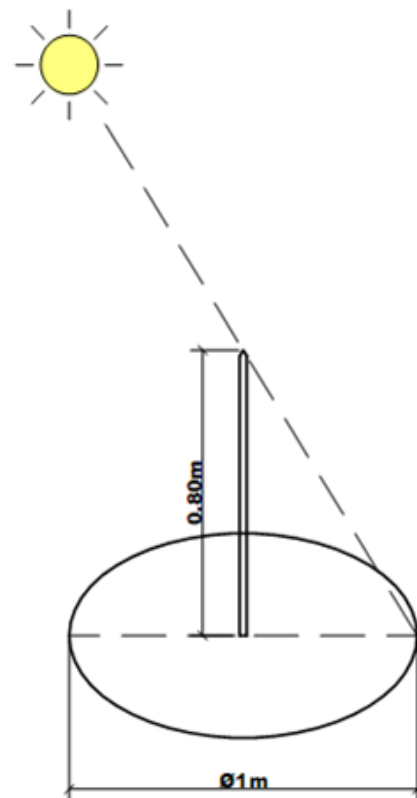


Figura 5. Construcción de la brújula solar

3.3 Evidencias

Son tantas las evidencias sobre los beneficios del sol en las mañanas, que solo mencionaremos algunas de muy fácil comprobación. Para empezar hagamos la prueba de las matas. A tres cajas relativamente altas de cartón se les abren lo más arriba posible

cuatro ventanas de 3 por 3 centímetros, orientadas con la brújula solar y se les pone por dentro un matero con una planta de rápido crecimiento y luego se cierran sus tapas. A la primera caja se le dejan las cuatro ventanitas abiertas, a la segunda se le tapa la ventana del Oriente frente al sol y a la tercera se le tapan la ventana del Oriente y la del Norte. Y se ponen a germinar las plantas regándolas con cuidado de que no les entre más luz que por las ventanas. Tan pronto van creciendo libremente, se podrá observar que la planta de la primera caja que tiene todas las ventanas abiertas asomará sus hojas únicamente por el Oriente, en la segunda caja que tiene tapada la ventanita del Oriente, la planta asomará sus hojas únicamente por el Norte, y en la tercera caja que tiene tapadas las ventanas del Oriente y del Norte, la planta no asomará las hojas ni por el Sur ni por el Occidente e indefectiblemente muere.

Donde haya caña dulce, se corta una caña en la mañana muy temprano y otra idéntica por la tarde. Al exprimir las cañas y comparar podremos apreciar que la caña cortada por la mañana produce seis veces más cantidad de jugo. Un experimento similar se puede hacer cortando las hojas que gotean por el pedúnculo. Todo porque las plantas absorben sus alimentos al ritmo que el sol se levanta.

La barba crece cuatro a seis veces más por las mañanas que en las tardes o por la noche. Y si queremos que la cuchilla de afeitar dure como nueva muchísimo tiempo, después de usarla debemos ponerla en la ventana frente al sol del Oriente. La recuperación celular también es mañanera, una herida antes de las 12 del día cicatriza mejor y primero que la misma herida sufrida a otra hora.

Todos los animales que dedican un tiempo especial a tomar sol, especialmente los domésticos, lo hacen por la mañana y buscan la sombra por las tardes. Quienes se pierdan en la selva podrán orientarse identificando la salida del sol por la cara más sana de los árboles. Y seguramente, si cada persona se dedica a observar la naturaleza, o estudia astronomía con todo el rigor científico, cada vez tendrá más evidencias de la importancia de aplicar la brújula solar en nuestras vidas. Un conocimiento que domino las grandes civilizaciones antiguas y que se fue perdiendo entre las guerras y la arrogancia de las nuevas generaciones.

3.4 Orientación de las fachadas

En climas tropicales cálidos recomiendo viviendas y edificios preferentemente rectangulares con la fachada principal al Norte y la espalda al Sur, de manera que las culatas reciban y refracten el sol de las mañanas y de las tardes.

En climas fríos tropicales, las viviendas deben tener un módulo con la fachada orientada al sol de las mañanas. Cuando el clima provee corrientes frías intensas por los costados, recomiendo construir en forma de escuadra de 90 grados un módulo que frene esa brisa. A esa escuadra la llamamos “Ele Mágica” por su aporte a configurar abrigos temperados.



Figura 6. Ventanas “lego” que impiden el paso directo del sol sin suprimir la iluminación

Las fachadas al Oriente, al Norte y las del Sur pueden ir acompañadas de ventanas francas, pero cuando son absolutamente necesarias las ventanas al Occidente para generar la circulación cruzada del aire, deben ser lo más pequeñas posible y preferentemente con trampas contra el sol de las tardes.

Las ventanas cenitales son recomendables para propiciar la circulación del aire caliente y viciado hacia el exterior, a condición de que bajo ninguna circunstancia permitan el paso directo del sol.

3.5 Tamaño de las ventanas

Las ventanas deben ofrecer la opción de dejar o no ingresar la luz y la brisa mediante la operación de tapas de madera, persianas o cortinas. Pero cuando el tamaño de las ventanas se desproporciona, la mayor parte del tiempo pasan cerradas, de manera que es probable que sirvan a la volumetría general del diseño, pero no a las funciones que les son propias.

El tamaño ideal de las ventanas es aquel que sirve primero a las funciones bioclimáticas y luego a una relación agradable de los habitantes con el exterior.

Normalmente los habitantes desean mirar a los transeúntes sin ser observados por éstos y contemplar el paisaje sin servidumbre visual con otras ventanas. Las ventanas deben contribuir a la privacidad limitando lo menos posible el campo visual. La ventana que debe permanecer siempre o casi siempre cerrada es preferible convertirla en muro.

Por razones estructurales sismorresistentes, son preferibles las ventanas verticales altas y delgadas que las ventanas anchas horizontales, sobre todo cuando los muros son de tapia pisada o adobes. Las ventanas verticales favorecen el ingreso del sol durante más tiempo y las horizontales durante menos. Para diseñarlas con acierto hay que conocer los futuros usuarios, sentir el terreno, el clima, el sol, la brisa y todo el entorno.

4. CONCLUSIONES

Los espacios interiores serán saludables dependiendo de la calidad del efecto bioclimático que se logre con la construcción. El resultado superior depende de la integración armoniosa de todos los componentes de la obra. La orientación es el componente principal del efecto bioclimático y le siguen los muros con sus ventanas, el techo y por supuesto, el piso. El lote donde se construye y los pisos internos de las construcciones merecen un tratado aparte.

En general podemos afirmar que para lograr construcciones ecológicamente viables, con tecnologías apropiadas y al menor costo posible, los Diseñadores y Constructores debemos reivindicar el legado cultural universal y milenario, asimilar las tradiciones regionales, incorporar la ciencia y la tecnología modernas y asumir una actitud crítica, autocrítica y de aprendizaje e investigación permanente.

AUTOR

Leonidas Gómez-Gómez, ecologista, urbanista y diseñador bioclimático con especialización en materiales naturales y techos vivos. Empresario y constructor. Autodidacta con estudios complementarios en la Universidad Nacional de Chile, en la Universidad de La Plata-Argentina, en la Universidad Maharishi en Estados Unidos, en la Universidad de Los Andes-Colombia y en el Instituto Tecnológico de Monterrey de México. acuarela@presidencia.net.co; leonidasgomezgo@hotmail.com www.acuarela.net.co



VARIÁVEIS TÉCNICAS QUE INTERFERIRAM NO USO DA TERRA PARA HABITAÇÃO SOCIAL RURAL. CASO: ASSENTAMENTO RURAL SEPÉ TIARAJU, SERRA AZUL-SP

Rafael Torres Maia¹, Akemi Ino²

Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC-USP) Av. Trabalhador São-carlense, 400, São Carlos, SP, Brasil. Tel: 55 16 33739304
(1) rafamaia@yahoo.com; (2) inoakemi@sc.usp.br

Palavras-chave: variáveis técnicas, terra, material alternativo, habitação social rural

Resumo

A terra como material construtivo tem características e propriedades que se adequam às condições inerentes de áreas rurais, atendendo as necessidades tanto para edificar as infra-estruturas como também para moradias nos assentamentos humanos. Apesar de fazer parte da história de muitas famílias, as técnicas de construção que utilizam a terra entraram em desuso, passando a ser usada apenas em situações emergenciais com poucos recursos como os abrigos temporários. Muitos aspectos técnicos fundamentais para seu emprego adequado foram esquecidos e a construção em terra passou a ser sinônimo de miséria inclusive nas áreas rurais. No Assentamento Rural Sepé Tiaraju, localizado no município de Serra Azul-SP, 77 famílias acessaram um financiamento habitacional para construção de suas casas. Destas, 10 famílias optaram por usar esse recurso para construir suas casas substituindo a vedação convencional de bloco baiano (cerâmico alveolar) por sistemas construtivos de terra e trabalhar em regime de mutirão, formando o Grupo Alternativo. No entanto, por motivos de ordem técnica, financeira e política, apenas três famílias permaneceram com a terra como material construtivo. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo identificar e analisar as variáveis técnicas que interferiram na adoção da terra como material construtivo alternativo para habitação social rural. Para coleta e análise de dados pesquisou-se os registros da equipe de assessores técnicos (Habis – Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade da EESC/USP e UFSCar); a literatura técnica e científica relativa às técnicas construtivas com terra e programas habitacionais federais; e consulta a especialistas em construção com terra. As variáveis técnicas identificadas a partir da descrição das etapas foram organizadas em sete grupos de variáveis, que se referem ao solo, assessor técnico/pesquisador, projeto, condições climáticas, produção, tecnologia e famílias. A análise qualitativa destes grupos de variáveis indica que além da necessidade de seleção adequada da técnica construtiva associada aos recursos locais disponíveis e de uma equipe técnica capacitada com presença constante, outra variável determinante, como programas habitacionais voltados para meio rural e para técnicas alternativas, favoreceria o uso da terra para construção da habitação social em assentamentos rurais.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Habitação

Habitação é um item de fundamental importância à população dos diferentes níveis sociais. A moradia digna acarreta em melhorias na qualidade de vida das pessoas. Desta forma, é de fundamental importância que se aumente o seu acesso à população de baixa renda.

A habitação é um instrumento que auxilia no equilíbrio social, pois a casa representa o abrigo natural e seguro da família. A moradia digna caracteriza-se como um dos mais importantes direitos do homem e o acesso a ela é uma condição básica para a promoção de sua dignidade, caracterizando esta como um fator de estabilidade social e política (Florim; Quelhas, 2004).

De acordo com Szücs et al. (2007) a habitação é elemento importante por permitir ao indivíduo possuir referencial de propriedade, espacialidade e proteção. A habitação deve

suprir as principais necessidades e anseios do seu morador, incluindo aspectos mais amplos que sua qualidade construtiva ou mesmo de sua sustentabilidade ambiental.

Porém, quando se trata de habitação de interesse social, observa-se que há uma grande dificuldade em se suprir essa carência. O resultado da falta de acesso das famílias mais carentes a uma “habitação digna” é um grande número de pessoas utilizando o meio que lhes é possível para conseguir um abrigo. É quando surgem as favelas, os cortiços, construções precárias, aluguéis e um aumento evidente de moradores de rua. A soma dessas situações compõe o déficit habitacional, descrito no próximo item.

1.2 Déficit habitacional

No Brasil, há um elevado déficit habitacional, o que demanda programas de habitação melhor enquadrados na realidade do país. Mesmo com os novos programas habitacionais, os valores atendidos não são suficientes para suprir o déficit real.

De acordo com o Ministério das Cidades:

O conceito de déficit habitacional utilizado está ligado diretamente às deficiências do estoque de moradias. Engloba aquelas sem condições de serem habitadas devido à precariedade das construções ou em virtude de desgaste da estrutura física. Elas devem ser repostas. Inclui ainda a necessidade de incremento do estoque, devido à coabitação familiar forçada (famílias que pretendem constituir um domicílio unifamiliar), aos moradores de baixa renda sem condições de suportar o pagamento de aluguel e aos que vivem em casas e apartamentos alugados com grande densidade de pessoas. Inclui-se ainda nessa rubrica a moradia em imóveis e locais com fins não residenciais. O déficit habitacional pode ser entendido, portanto, como “*déficit por reposição do estoque*” e “*déficit por incremento de estoque*” (BRASIL, 2007).

O déficit habitacional estimado no ano de 2007 foi de 6,273 milhões de domicílios, dos quais 5,180 milhões, ou 82,6%, estão localizados nas áreas urbanas. Mesmo que o déficit habitacional rural, correspondente a apenas 17,4%, seja aparentemente insignificante, a população residente nas áreas rurais é menor. Segundo o Censo de 2000 (IBGE, 2000), o déficit habitacional em áreas urbanas correspondia a 18,7% da população residente naquelas áreas, valor próximo do percentual do déficit habitacional residente nas áreas rurais (BRASIL, 2007, p. 24).

De acordo com dados do PNAD 2007 (IBGE, 2007), déficit habitacional do País concentra-se por renda, apresentando-se da seguinte forma:

- Faixa de 0 a 3 salários mínimo – 90,9%
- Faixa de 3 a 6 salários mínimo – 6,7%
- Faixa de 6 a 10 salários mínimo – 2,4%

Esses dados evidenciam que o déficit habitacional está concentrado nas classes econômicas mais baixas, com renda mensal de até três salários mínimos, onde a prioridade é alimentação e não sobra recurso para investir em habitação. Indicam também que os números do déficit são semelhantes entre as áreas rurais e urbanas, o que demanda igual atenção.

De tal maneira, o governo federal brasileiro passou a ter habitação como um item básico da população, que necessitaria de altos investimentos públicos. Porém, com tantos investimentos em habitação e um sensível decréscimo no seu déficit, as áreas rurais, principalmente os assentamentos de reforma agrária, indicam que pode estar havendo uma inversão, com a volta do homem para o campo. No estado de São Paulo existem 130 assentamentos rurais administrados pelo ITESP, com um total de 6.409 famílias e 87 assentamentos administrados pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), com um total de 7.118 famílias, divididos em dezesseis coordenações regionais,

que vivem em condições precárias de moradia e saneamento ambiental. Além disso, existem 125 acampamentos a serem legalizados nos quais vivem outras 10.372 famílias (BRASIL. INCRA, 2007a). Este quadro indica que os programas habitacionais devem propor financiamentos específicos para o seguimento rural, forma esta não abordada nos programas atuais, como é mostrado no próximo sub-item.

1.3 Programas habitacionais do Governo Federal

Para que a população de baixa renda possa ter acesso à aquisição da habitação adequada, por intermédio do setor formal, é necessário que haja acesso a financiamentos e/ou subsídios habitacionais que adêquem e/ou complementem sua capacidade de pagamento ao preço da habitação. Quando isso não acontece, ou ocorre em quantidade e tamanhos insuficientes, a população de baixa renda muitas vezes busca o setor informal, dando origem a assentamentos ilegais, favelas, cortiços, loteamentos clandestinos, coabitações, etc. (Medeiros, 2007, p. 80-81).

No artigo 23º da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, é estabelecido que “é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico”, entre outras atribuições (BRASIL, 1988).

Os programas habitacionais são formulados com características bem rígidas com pouca flexibilidade, definindo faixas econômicas, especificações técnicas e até a forma de organização para construção das moradias, considerando, na sua maioria, materiais e técnicas oferecidas pelo mercado na escala urbana. E além disso, estes programas habitacionais exigem materiais e técnicas construtivas padronizadas para todo o país, desconsiderando as características da indústria e da cultura construtiva locais. Os padrões construtivos comumente aceitos são: vigas em concreto, paredes externas em alvenaria de tijolos cerâmicos, cobertura em fibrocimento ou telha cerâmica, forro de madeira ou PVC, pavimentação interna com cimento alisado, reboco com pintura impermeável nas paredes molhadas, revestimento externo das alvenarias com reboco e esquadrias em ferro ou madeira.

No entanto, já foram aprovados pela CEF (Caixa Econômica Federal) projetos com especificações alternativas, desde que comprovassem atender os índices mínimos de resistência e durabilidade, entre essas estão: gesso acartonado, alvenaria estrutural, estrutura em aço, Steel Framing, paredes de concreto celular, paredes de concreto convencional e madeira legal (CEF, 2009). No mesmo sentido a terra poderia ser uma das opções de materiais a ser aceito para construção habitacional, considerando que este material tem a sua tradição e a comprovação histórica.

1.4 Terra como alternativa para construção habitacional

A terra crua foi utilizada durante muitos anos como material de construção de habitações de diferentes povos. Existem evidências do uso do adobe datadas do final do Período Neolítico e nas Américas são encontradas ruínas que comprovam a existência em grande escala, com destaque para Peru, México e Sudoeste dos Estados Unidos (Neves, 1994).

Atualmente verifica-se que esta tecnologia foi substituída pela construção com materiais produzidos industrialmente, principalmente por acelerar o processo construtivo. Porém, em virtude do debate atual sobre materiais ecologicamente corretos, observa-se que a construção em terra crua passou a ser novamente discutida como solução alternativa aos métodos convencionais, como a construção com tijolos cerâmicos e de concreto.

Entretanto, outros aspectos, segundo Mateus (2004, p. 80), também devem ser considerados na seleção de uma determinada técnica e/ou sistema construtivo, diante do elevado número de soluções e sistemas construtivos disponíveis no mercado, são eles: durabilidade, análise global dos custos da solução, comportamento térmico, impacto ambiental, mão de obra especializada, disponibilidade de materiais, manutenção, flexibilidade e distância de transporte.

Quando se trata de programas de habitação popular, a variável custo tem uma importância considerável, podendo variar significativamente em função de fatores como: área construída, preço do terreno, materiais, padrão de acabamento, técnicas construtivas, modos de provisão (mutirão, empreitada etc.), tipologia habitacional (casa, sobrado, apartamento), entre outros (Medeiros, 2007, p. 82).

Como pode ser visto, existem inúmeras variáveis a serem consideradas para seleção de técnicas mais adequadas para prover uma habitação, principalmente no âmbito de habitação social, onde os recursos são mais exíguos. Ao se usar padrões pré-estabelecidos, corre-se o risco de não atender às condições específicas de cada local, o que poderá interferir negativamente na qualidade das construções.

Em muitas regiões, principalmente nas áreas rurais, a utilização de técnica em terra crua como vedação é mais viável que os materiais convencionais, pois emprega recursos locais, consome pouca energia nos seus processamentos, com baixa utilização de insumos e baixo custo, tornando essas opções viáveis para construção das casas de trabalhadores rurais.

A experiência de construção de moradias no assentamento rural Sepé Tiaraju em Serra Azul – SP, objeto do presente artigo, traz resultados que apontam a possibilidade de empregar, além das técnicas e materiais aceitos pela CEF, outras técnicas e materiais menos usuais, entre eles a terra e a madeira, a serem utilizados nos programas habitacionais.

1.5 Assentamento Rural Sepé Tiaraju e o Grupo Alternativo

O Assentamento Rural Sepé Tiaraju foi composto por 80 famílias com renda de até um salário mínimo. Está localizado às margens da Rodovia Abrão Assed (SP-333), que liga os municípios de Serra Azul e Serrana, a nordeste do estado de São Paulo.

Em 2005, as 80 famílias haviam conseguido um recurso no valor de R\$ 5.000,00, proveniente do INCRA, para construção de casas. Procuraram então o Habis para auxiliá-los na elaboração de um projeto. Posteriormente, apareceu a possibilidade de acessar um recurso complementar, por meio do Programa Carta de Crédito FGTS – Operações Coletivas, mas esse programa apresentava restrições a técnicas e materiais alternativos.

A assessoria técnica do Habis apresentou para a Comissão de Engenharia da CEF os resultados obtidos com as experiências em Pirituba II, onde foram implantados o sistema de cobertura em VLP – Viga Laminada Pregada, janelas com madeira de plantios florestais e construída uma casa em alvenaria de adobe, resultando em uma casa maior que os modelos do programa estadual da CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo) com mesmo recurso. A CEF exigiu que, para o uso de qualquer outra técnica não reconhecida pelo seu setor de engenharia, seria necessário comprovar sua eficiência por meio de ensaios estruturais. Após algumas discussões e apresentação dos ensaios, comprovando a viabilidade de tais técnicas, a CEF aprovou o projeto e cada família pode acessar mais R\$ 8.900,00 para construção das casas, totalizando R\$ 13.900,00.

O Programa disponibilizava recursos para compra de materiais e uma parcela para pagamento de mão-de-obra (19%), que diminuiu para 13% para que os outros 6% pudesse cobrir os custos básicos de uma assessoria técnica. No entanto, este recurso disponibilizado não seria suficiente para a equipe técnica assessorar 77 construções simultaneamente, reforçando a necessidade de as famílias se organizarem em brigadas para trabalharem em mutirão.

As casas têm área construída que variam de 60 m² à 74 m² (área superior a de propostas habitacionais tradicionais), com projetos arquitetônicos e materiais discutidos e escolhidos coletivamente pelos moradores. Assim como em Pirituba II, a pesquisa permitiu a construção das casas em um processo com ampla participação das famílias, em todas as etapas. Entre as inovações para redução do custo e construção de moradias está o uso de materiais não convencionais, como cobertura em painel pré-fabricado de madeira, janelas produzidas com madeira de plantios florestais, alvenaria de adobe, estrutura pilar-viga em

eucalipto, fundação em pedras e alvenaria em tijolo cerâmico estrutural de face lisa (dispensando o tradicional tijolo baiano, estrutura em concreto e revestimento).

Vale destacar que em fevereiro de 2007 foi assinado também o Termo de Compromisso de Ajuste de Conduta (TAC), entre o Ministério Público, Promotores de Justiça do Meio Ambiente e de Conflitos Fundiários, o INCRA e os beneficiários-concessionários (assentados). O TAC é um instrumento que estabelece regras de proteção ambiental, produção agro-ecológica, educação sócio ambiental da comunidade dos assentados da reforma agrária, aumentando as possibilidades de implementação de tecnologias mais sustentáveis para habitação e infra-estruturas de saneamento ambiental (BRASIL. INCRA, 2007b).

Durante a discussão dos materiais a serem empregados na construção das casas, algumas famílias mostravam-se mais interessadas que outras em utilizar materiais e técnicas construtivas alternativas às convencionais. As famílias do assentamento apresentavam uma preocupação com a preservação dos recursos naturais, reaproveitamento de materiais, uso de recursos renováveis, garantia de conforto térmico, e algumas dimensões da sustentabilidade. A maior parte dos assentados concordava com a discussão, mas, no entanto, era forte a vontade de usar materiais industrializados para construir as paredes, ao invés de produzi-los. Dessa forma, as famílias que possuíam uma maior afinidade em experimentar técnicas alternativas que utilizam recursos locais e preferencialmente renováveis, se reuniram e formaram um grupo independente para construção de suas casas, se autodenominando **Grupo Alternativo**, totalizando no início 10 famílias.

Nas primeiras reuniões do Grupo Alternativo foram discutidas várias opções de materiais e técnicas construtivas alternativas com recursos reutilizáveis e/ou provenientes de fontes renováveis. A assessoria técnica e as famílias discutiam o uso do BTC (bloco de terra comprimida), pedra, taipa de pilão, taipa de mão e adobe. Neste momento as famílias entendiam a terra crua como o material que melhor se adequava às condições do assentamento, tanto com relação à disponibilidade como quanto ao manuseio. O contato e experiência das famílias e da equipe assessora com a maioria dessas técnicas eram insuficientes para garantir uma construção com qualidade. Desta maneira, optou-se pelo adobe, pois o Habis já tinha acúmulo de experiência nesta técnica, uma vez que integrantes da equipe já haviam assessorado a construção de uma casa de adobe no Assentamento Rural Pirituba II.

Durante o processo de capacitação e construção das casas do Grupo Alternativo, variáveis de ordem técnica, financeira e política influenciaram na composição deste grupo, de tal forma que em maio de 2006 ele era composto por 10 famílias que iriam construir as paredes da casa em terra (inicialmente em adobe) e em abril de 2010 esse grupo estava desfragmentado, resultando em apenas três famílias com paredes construídas ou a construir em técnicas alternativas de terra.

2. OBJETIVO

O presente artigo tem como objetivo identificar e analisar as variáveis técnicas que interferiram no uso da terra crua como material construtivo alternativo para habitação social rural no caso do Grupo Alternativo do Assentamento Rural Sepé Tiaraju.

3. PROCESSO DE MUDANÇAS NO GRUPO ALTERNATIVO

Neste item é apresentada uma descrição das etapas e processos pelos quais o Grupo Alternativo passou a contar após a formação definitiva do grupo de 10 famílias, em maio de 2006, até sua composição em maio de 2010. Todos os dados e informações foram extraídos dos relatos e vídeos com registros das atividades e estudos realizados neste período.

Antes de iniciar a produção dos adobes, foram retiradas amostras de solo de 5 lotes no assentamento para realizar ensaio de determinação da distribuição granulométrica em laboratório e teste do vidro, um teste expedito. Os resultados destes ensaios indicaram que as amostras em questão tratavam-se de solos arenosos em mais de 50%.

Como estratégia de atuação na capacitação das famílias, o Habis promoveu oficinas convidando um profissional de uma universidade para analisar o solo disponível, indicar possíveis necessidades de correção e ensinar como produzir os adobes. Por meio de testes expeditos, dentre eles o teste do vidro e o táctil visual, foi confirmado o resultado dos ensaios de laboratório, que o solo disponível era bastante arenoso, o que poderia indicar a necessidade de corrigi-lo com argila para ter condições de produzir um adobe com boa resistência. Os adobes produzidos na oficina de capacitação foram encaminhados para laboratório a fim de definir as características do adobe e concluir sobre as possibilidades e condições de uso de tal material. Na oficina da produção do adobe foram capacitadas 8 pessoas na preparação da área, mistura e amassamento do barro, descanso da mistura, lançamento do material na forma, retirada da forma e secagem do adobe (figura 1).



Figura 1. Oficina de capacitação de produção de adobe no assentamento Sepé Tiaraju. Fonte: HABIS, 2006

Ao término de dois dias de oficina, os oito assentados haviam produzido 83 adobes. Diante deste resultado, as famílias concluíram que seria necessário muito esforço em muitas horas de trabalho e questionaram a possibilidade de introduzir máquinas ou mecanismos para agilizar a produção. A equipe assessora apresentou como opção uma pipa (figura 2), um equipamento mecânico de amassamento do barro que poderia ser movido à tração animal, humana ou máquina. Com esse mecanismo não seria necessário pisar o barro, evitando uma etapa de grande esforço físico. A pipa foi construída e posta em funcionamento, mas os resultados não foram favoráveis. O burro foi a primeira tentativa como tração para movimentar a pipa, porém ele não era treinado para aquele tipo de trabalho, o que resultou na não execução do serviço. Tentou-se com um trator, mas o torque da máquina era muito forte e rompia partes da pipa que não resistiu ao esforço. Além do problema da tração, a produtividade estava baixa, cerca de 150 adobes por dia, produtividade similar a forma convencional, sem uso de mecanismos.



Figura 2. Pipa em funcionamento (Fonte: HABIS, 2006)

Calculou-se que seria necessário cerca de um mês para produzir os adobes das 10 casas, cerca de 40 mil unidades, com dedicação em regime de trabalho 40 horas semanais das 10 famílias. Com a chegada da época do plantio, as famílias optaram por terceirizar a produção, dessa forma não precisariam parar de plantar para produzir os adobes e quando chegasse o período de estiagem poderiam iniciar a erguer as paredes. A pessoa indicada para o serviço estimou que conseguiria fazer o serviço em 1 mês com apenas um ajudante e seria remunerado a cada 15 dias. Anteriormente a esse processo as famílias se responsabilizaram pela construção de um barracão para estocagem. A produtividade estava aquém da esperada e as duas pessoas levariam meses para concluir o trabalho.

Durante uma reunião entre a equipe assessora e o grupo alternativo foi colocado em pauta um assunto a muito tempo falado durante as atividades no canteiro de obras, a mudança de material. Pensaram em usar madeira, pedra empilhada, pedra argamassada, mas todas essas técnicas não estavam no repertório de conhecimento das famílias e levaria mais algum tempo para capacitá-las, iniciar e concluir a construção. Decidiu-se continuar com o adobe, porém, duas famílias decidiram produzir seus adobes de forma individualizada, pois acreditavam que os impasses gerados pela dificuldade da produção coletiva eram responsáveis pelo insucesso.

Alguns adobes foram enviados para serem ensaiados no laboratório de Solos e Materiais de Construção Civil, da UNESP (Universidade Estadual Paulista) campus de Bauru, onde foi realizado o ensaio de Determinação da resistência à compressão e flexão (figura 3). Neste foi constatado que os adobes eram dotados de uma resistência a compressão nunca inferior a 1,7 MPa, valor mínimo exigido na norma brasileira de tijolo maciço de solo-cimento, NBR 8492/84, mas o ensaio de flexão mostrou um resultado bastante abaixo do mínimo seguro. O principal motivo relacionado a este resultado é a falta de coesão entre as partículas do adobe, comprovadamente arenoso segundo os ensaios de granulometria. Para a correção do solo do assentamento foram utilizados carregamentos de solo de um trecho da rodovia SP-300 em fase atual de duplicação. Esta medida visou aumentar a proporção de argila na mistura do adobe.



Figura 3. Ensaio de resistência à compressão (Fonte: Obede Borges Faria, 2006)

Além das questões anteriormente apresentadas, outros problemas aconteciam simultaneamente, como: a produção de adobe praticamente parada por motivos de ordem técnica, financeira e política; as demais 67 famílias incluídas no projeto Sepé, que optaram por construir as paredes com tijolo cerâmico estrutural, necessitavam de uma presença constante da equipe técnica assessora, além da demanda pela articulação política com os demais atores envolvidos no projeto, como INCRA, MST (Movimento dos trabalhadores rurais sem terra) e CEF para não permitir que o projeto parasse; os fornecedores de material de construção passavam por problemas de entrega de material e recebimento do dinheiro; o período de chuvas e plantio sobrepunha à construção das casas. Esse conjunto de fatores exigia da equipe assessora uma atuação em inúmeras frentes emergenciais, o que, associado à limitação da equipe, resultou no acompanhamento pouco constante do Grupo Alternativo. Diante desse quadro, o Grupo Alternativo exigiu do Habis uma equipe exclusiva que pudesse garantir maior presença e constância.

Com o acúmulo dos problemas relatados e a época de chuvas chegando novamente, oito famílias do Grupo Alternativo decidiram desistir do adobe e solicitaram à equipe assessora uma nova proposta. Nesse momento apenas duas famílias continuaram com o adobe. Após alguns estudos foi montada a proposta de um sistema estrutural de pilar e viga em madeira de eucalipto. Esse sistema permitiria uma rápida montagem da estrutura da casa, pronta para receber os painéis pré-fabricados em madeira, tendo um espaço coberto que os protegeria das intempéries, onde poderiam trabalhar na produção dos elementos de vedação e instalá-los. Paralelo a montagem da estrutura seriam feitos estudos para os materiais de vedação.

A partir desse momento o Grupo Alternativo estava dividido em duas frentes: produção de adobes e produção do sistema pilar-viga. Com a decisão das duas famílias, que mantiveram o adobe, de trabalharem de forma independente, a equipe assessora chegou ao ponto de

fazer um atendimento individual, dificultando a atuação no projeto devido ao elevado número de casas a serem acompanhadas, 77, e o reduzido número de assessores em canteiro, raramente superior a cinco com duas visitas semanais ao assentamento.

Com essa decisão, as famílias que continuaram no adobe ficaram desfalcadas para produzi-los, pois cada família estava por sua própria conta. Para amenizar o prejuízo e visando a formação de pessoas, foi proposta uma oficina de produção de adobes para assentados e estudantes universitários de São Carlos. Os adobes produzidos foram utilizados nas primeiras fiadas das paredes da casa de uma família. Esse processo ocorria paralelo a um período marcado por fortes rajadas de vento no Sepé. Em uma dessas rajadas duas paredes, que haviam sido erguidas até uma altura de cerca de 2 metros, sofreram danos e colapsaram. Nesse mesmo período ocorriam as fases de usinagem e montagem dos pórticos do pilar-viga das demais famílias.

Posterior ao período de ventanias sempre vem o período de chuvas no Sepé. Por falta de lugar para armazenamento, a produção independente de adobes pelas duas famílias ficou paralisada. Mas uma casa de adobe já estava com todas as paredes construídas e faltava apenas instalar a cobertura. Durante cerca de quatro meses a região recebeu chuvas intensas, mas após três meses de exposição excessiva às chuvas esta casa veio a ruir (figura 4). A avaliação indicou que o colapso foi provocado por longo período em que a parede descoberta ficou exposta às chuvas e ventanias, improvisações do morador nos processos de produção e construção, baixa frequência de assessoria técnica, coincidindo com o fato dos adobes das primeiras fiadas serem pouco resistentes e terem ficado encharcados.



Figura 4. Casa de adobe antes e após colapso (Fonte: HABIS, 2008)

Posterior a esse acúmulo de contratempos, algumas famílias tornaram a alterar os materiais de suas casas. A família da casa de adobe que colapsou decidiu reconstruir a casa de alvenaria cerâmica estrutural, quatro famílias trocaram o pilar-viga por paredes estruturais de tijolo baiano, restando apenas uma casa de adobe e quatro casas de pilar-viga com sistemas de vedação a escolher. Destas quatro últimas, duas receberam paredes de tijolo cerâmico alveolar, uma terá paredes variadas (BTC, taipa de mão, taipa de pilão, pedra, garrafas PET, super adobe e tijolo cerâmico maciço) e uma posteriormente trocou o pilar-viga por BTC estrutural (figura 5).



Figura 5. Tipologias do Grupo Alternativo: A- pilar-viga com vedação em tijolo cerâmico; B- adobe; C- cerâmico estrutural; D- tijolo baiano com função estrutural (Fonte: HABIS, 2008)

Nas casas que passaram a ser construídas com terra, foram identificados outros problemas relacionados à resistência dos materiais, interfaces e execução. Para evitar que o incidente de uma casa de adobe se repetisse na outra, foram feitos novos ensaios de laboratório e descobriu-se que a terra usada continha uma proporção acentuada de silte, dado inicialmente desconsiderado pela equipe assessora. Solos muito siltosos não são indicados para nenhuma técnica de terra, porém, podem ser estabilizados com cimento. Então foi introduzido cimento na produção dos adobes que ficariam nas primeiras fiadas e amarrando os cantos da casa. Além disso, foram feitas experimentações acrescentando esterco, casca de arroz e areia, separadamente, na tentativa de aumentar a resistência. Outra experiência foi a produção de adobes especiais para resolver problemas de interface. Foram feitos adobe com passagem para os eletrodutos, adobe-coluna e adobe-canaleta para cinta de amarração e vergas.

Diante da descrição do percurso pelo qual passou o Grupo Alternativo, podemos identificar inúmeras variáveis que interferiram para que um grupo com 10 casas de adobe passasse a ser composto por: uma casa de adobe; três casas de pilar-viga, sendo apenas uma com vedações em terra; uma casa em BTC (ainda não concluída); e cinco casas em tijolo cerâmico (três delas ainda não concluídas).

De acordo com a descrição das etapas e processos pelos quais passou o grupo alternativo, é possível identificar as variáveis técnicas que interferiram no uso da terra crua como material construtivo para habitação social no Assentamento Rural Sepé Tiaraju. Com o objetivo de melhorar a análise de tais variáveis, elas foram organizadas e agrupadas, formando *Grupos de Variáveis Técnicas*, como pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1. Relação dos *Grupos de Variáveis Técnicas* e de suas variáveis

SOLO	PRODUÇÃO
composição do solo (% de argila, areia e silte)	produtividade de adobes (nº adobes / hora / pessoa)
ASSESSOR TÉCNICO / PESQUISADOR	número de pessoas produzindo adobe
número de assessores disponíveis	grau de eficiência da terceirização da produção (muito ou pouco)
horas de assessoria atuante (horas/semana)	presença de lugar para produção e armazenagem dos adobes (sim ou não)
número de atividade simultâneas da equipe técnica assessora no canteiro	grau de improvisação das famílias nas etapas de produção e construção (muito, pouco ou nenhum)
grau de conhecimento em construção de terra dos assessores técnicos	presença de proteção dos adobes e das paredes (sim ou não)
deslocamento da equipe assessora	TECNOLOGIA
PROJETO	grau de eficiência da mecanização (muito ou pouco)
composição do adobe (% de solo, areia, casca de arroz, esterco, cimento)	grau de avanço tecnológico empregado (muito, pouco ou nenhum)
tipologia escolhida	grau de experimentação (muito, pouco ou nenhum)
número de interfaces	utilização de ensaios laboratoriais (sim ou não)
número de alterações da tipologia	FAMÍLIAS
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	grau de capacitação (bem ou mal, número de capacitações)
presença de chuva e vento de grande intensidade (sim ou não)	tempo gasto com atividades concorrentes (muito ou pouco)
tempo de exposição dos adobes à ação direta das chuvas (muito ou pouco)	grau de conhecimento das técnicas pelas famílias (muito, médio, pouco, nenhum)
	número de famílias a serem assessoradas

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após listagem das variáveis técnicas que interferiram no uso da terra crua, é possível identificar as que tiveram maior influência no processo, e indicar quais variáveis possam ter sido determinantes.

As três famílias que continuam com a terra, como opção construtiva, mostram que é possível construir com terra em determinadas condições, porém, as sete demais famílias demonstram o oposto mesmo estando em um mesmo assentamento onde a maior distância entre um ponto e outro não é superior a 3,0 km. Desta forma, no caso em análise, é provável que as *condições climáticas* não foi o grupo de variáveis mais determinante, pois toda a área está sujeita às mesmas condições e umas famílias prosseguiram, enquanto outras não.

O mesmo não se aplica ao solo, pois se apresentou variações acentuadas entre os lotes e o transporte de material não foi algo disponível em todo o processo. Cada solo é mais adequado a uma determinada técnica de construção com terra, que possui detalhes construtivos específicos, e tentar utilizar os solos disponíveis para uma técnica incompatível às condições locais gerou uma série de problemas, o que sugere que algumas variáveis dos grupos *solo* e *projeto* foram as mais determinantes.

Outros dois grupos de variáveis que tiveram impactos foram *assessor técnico/pesquisador* e *famílias*, principalmente no que diz respeito ao *grau de conhecimento* das técnicas construtivas com terra. Esta variável associada à falta de repertório dificultava a comunicação, a transferência de tecnologia e as trocas de saberes entre os assessores pesquisadores e as famílias, indicando essa variável como das mais determinantes. Ainda relacionado aos dois grupos, outras variáveis com interferência significativa é o número de assessores técnicos e o número de famílias a serem assessoradas, tanto no grupo alternativo quanto nos grupos que optaram pelo convencional, pois os assessores eram os mesmos para os dois grupos. Por se tratar de 77 famílias e cerca de cinco assessores, uma relação de 15,4 casas por assessor, uma disparidade acentuada, considerando que são famílias em condições financeiras diferentes, com graus de conhecimento diferentes e etapas construtivas acontecendo em momentos diferentes. Esses fatores tiveram bastante influência no grupo de variáveis *produção*, pois a relação insuficiente entre o assessor e as famílias refletiu em ações independentes de ambos os lados, gerando um andamento desacompanhado e desacordado.

As variáveis do grupo *tecnologia* tiveram chances de ser positivas, devido à combinação de assessor técnico e pesquisador, que, por ter acesso à universidade que possui equipamentos, livros, técnicos e professores, propiciou experimentações e ensaios laboratoriais. Dentro do contexto do projeto, esse grupo de variáveis interferiu, mas provavelmente não seria considerado como um dos mais determinantes.

Diante da atual análise das variáveis, a classificação entre variável que interfere ou determina ainda é qualitativa. Na continuidade desta pesquisa, as variáveis receberão um peso, dessa forma serão indicadas mais precisamente as variáveis técnicas determinantes no uso da terra crua como material construtivo alternativo para habitação social no Assentamento Rural Sepé Tiaraju.

A partir da análise dessas variáveis e a definição de prováveis *variáveis técnicas determinantes*, é possível indicar que além da necessidade de seleção adequada da técnica construtiva associada aos recursos locais disponíveis e de uma equipe técnica capacitada com presença constante, outra variável determinante como programas habitacionais voltados para meio rural e técnicas alternativas favoreceriam o uso da terra para construção da habitação social em assentamentos rurais.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 8492: tijolo maciço de solo-cimento: determinação da resistência a compressão e da absorção de água: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 5 p.

BRASIL (2009). Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. Déficit habitacional no Brasil 2007. Brasília, 2009.

BRASIL (1988). Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 17 jul. 2009.

BRASIL. INCRA (2007a). Ministério do desenvolvimento agrário. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. Superintendência de São Paulo. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/saopaulo>>. Acesso em 03 fev. 2008.

BRASIL. INCRA (2007b). Ministério do desenvolvimento agrário. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. *Assentados, Incra e MP assinam compromisso socioambiental em Ribeirão Preto (SP)*. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=4622:0&catid=1:ultimas&Itemid=278>. Notícias INCRA 08/02/2007. Acesso em: 26 jul. 2008.

CEF (2009). Caixa Econômica Federal. Inovações Tecnológicas. Disponível em: <<http://www1.caixa.gov.br/download/index.asp>>. Acesso em: 23 jun. 2009.

Florim, L. C., Quelhas, O. L. G. (2004). Contribuição para a construção sustentável: características de um projeto habitacional eco-eficiente. *ENGEVISA*, v.6, n. 3, p121-132, 2004.

IBGE (2000). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 2000*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/defaulttab_amostra.shtm>. Acesso em: 25 abr. 2009.

IBGE (2007). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2007 - PNAD*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2007/default.shtm>>. Acesso em: 25 abr. 2009.

Mateus, R. F. M. da S. (2004). *Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Minho: Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho.

Medeiros, F. B. (2007). *Análise da adequação dos programas de financiamento habitacional para atender as necessidades de aquisição de moradias adequadas da população de baixa renda no Brasil*. Dissertação (Mestrado em Engenharia). São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica de São Paulo.

Neves, C. M. M. (1994). Alvenaria de terra. In: *Arquiteturas de Terra em Iberoamérica*. Buenos Aires: Impresiones Sudamérica; Habiterra/CYTED. p. 41-44.

Szücs, C. P.; Pereira, G. M.; Silva, C. S. F.; Costa, M. (2007). Sustentabilidade social e habitação social. In: *Encontro Nacional,4 e Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis,2*. *Anais...* Campo Grande: UFMS, 2007. p. 481-490.

AUTORES

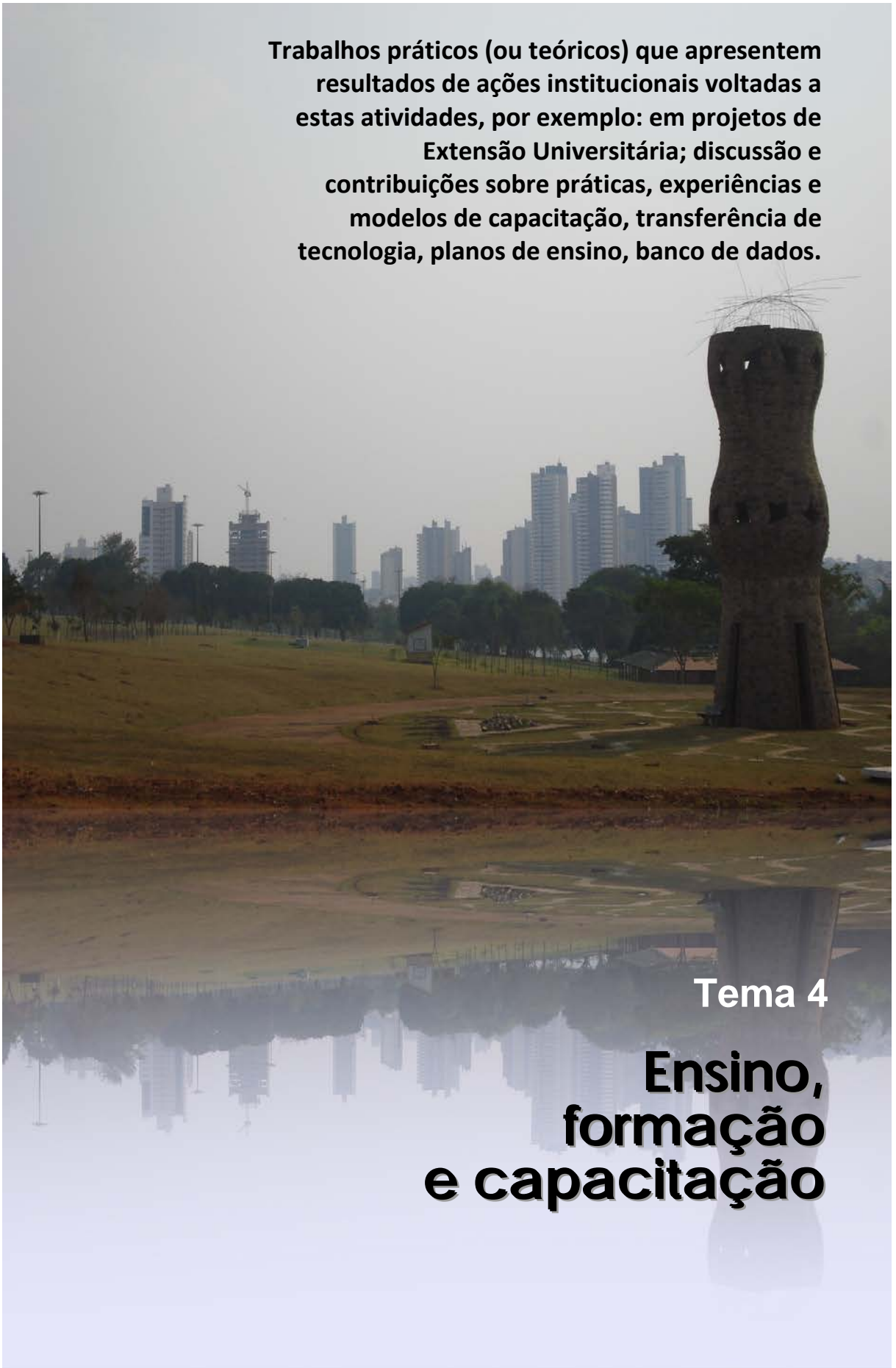
Rafael Torres Maia. Arquiteto e Urbanista (UFAL, 2006), Mestrando do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC-USP) – Bolsista pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP - Pesquisador do Habis – Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – EESC-USP/Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – Brasil.

Akemi Ino. Dra. Engenheira em Construção Civil e Urbana (POLI/USP, 1992), Profa. do Departamento de Arquitetura e Urbanismo – EESC-USP – Coordenadora do Grupo Habis - EESC-USP/UFSCar – Brasil.

Trabalhos práticos (ou teóricos) que apresentem resultados de ações institucionais voltadas a estas atividades, por exemplo: em projetos de Extensão Universitária; discussão e contribuições sobre práticas, experiências e modelos de capacitação, transferência de tecnologia, planos de ensino, banco de dados.

Tema 4

**Ensino,
formação
e capacitação**





CAPACITAÇÃO EM ARQUITETURA DE TERRA: OFICINA PARA QUALIFICAÇÃO DE MÃO DE OBRA LOCAL

Frederico de Sá Senna Prates, Daniel Martins da Costa Quintão

O3L Arquitetura, Rua Congonhas, nº. 798, sala 4, Bairro Santo Antônio, CEP 30330-100, Belo Horizonte/ MG, telefone: +55 31 2531 7070 – o3l@o3l.com.br

Palavras-chave: capacitação, arquitetura, terra, pau-a-pique, adobe

Resumo

No mês de outubro de 2009, em parceria com o Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais – IEPHA/ MG e com a Prefeitura de Santa Luzia – cidade histórica da região metropolitana de Belo Horizonte/ MG –, foi ministrado, pela O3L Arquitetura, um curso de capacitação em arquitetura de terra – oficina para qualificação de mão de obra local –, com ênfase em intervenção no patrimônio cultural edificado. O município de Santa Luzia possui dois níveis de proteção para as edificações existentes dentro do núcleo tombado: *edificações de preservação rigorosa*, que exigem controle mais rigoroso, sendo permitidas apenas intervenções em caráter de conservação e restauração, incluídas as obras e serviços indispensáveis à preservação e utilização do bem; e *Edificações sujeitas a controle*, onde são permitidas modificações internas e alterações nas fachadas visando à integração com o conjunto. A opção por realizar o curso e a oficina deu-se devido à carência de profissionais no mercado de trabalho e mesmo na equipe do IEPHA/MG com domínio da tecnologia de alvenarias de terra crua, além da necessidade de conhecimento para orientar a manutenção e conservação das construções históricas/ culturais existentes em Santa Luzia. Considerando essa lacuna, o propósito deste curso foi promover o treinamento e capacitação de mão-de-obra local para executar as intervenções em bens cujo sistema construtivo utilize o adobe e/ ou o pau-a-pique, além de rebocos em edificações anteriores a 1930. Tal treinamento foi aberto a profissionais da área de projeto e demais técnicos responsáveis por obras de conservação e restauração em bens culturais que utilizam esses tipos de técnicas construtivas. A intenção da O3L Arquitetura é demonstrar a experiência no âmbito de capacitação de mão de obra, que permitiu a multiplicação do conhecimento e o resgate das técnicas tradicionais que cercam a arquitetura de terra e a própria cultura construtiva na região das Minas Gerais.

1. CENTRO HISTORICO DE SANTA LUZIA

1.1 Breve histórico

O Centro Histórico de Santa Luzia possui ambiência peculiar, pois é composto por tecido urbano característico do período colonial mineiro, com o traçado urbano original sinuoso e orgânico seguindo o relevo local, evidenciando assim a diferença de nível. Analogamente aos demais povoados setecentistas, os quais foram construídos sobre marcante influência religiosa, as edificações foram implantadas em função do sítio natural e ao redor das primitivas capelas e igrejas. O arruamento do centro histórico de Santa Luzia surge ao redor da Igreja Matriz e ao ligar pontos de interesse comercial no Estado. Tal situação produziu uma imagem urbana com lotes irregulares, em extensão e tamanho, ruas sinuosas com edificações construídas no alinhamento, proporcionando grandes extensões de quintais arborizados. Conformaram-se dessa forma os espaços religiosos, públicos, civis e de comércio. A tipologia arquitetônica é diversificada, predominando o conjunto de edificações típicas do período colonial mineiro. Registra-se também a presença da arquitetura eclética, moderna, pré-moderna e contemporânea. O eixo principal é a Rua Direita, conformada pela Capela do Bonfim e pela Igreja Matriz de Santa Luzia. Apesar de ser um arraial nascente da exploração do ouro, o primitivo povoado desenvolveu-se em função do comércio local, uma vez que ficava no caminho de passagem de tropeiros, o que imprimiu ao lugar um caráter de empório comercial entre as zonas do Serro e Paracatu.



Figura 1. Vista parcial do centro histórico de Santa Luzia/MG (crédito: Quintão, 2009)

1.2 Proteção legal

O núcleo histórico de Santa Luzia teve seu tombamento estadual homologado em 1998, tendo seu entorno de proteção definido em 2002. O tombamento sofreu impugnações por parte significativa dos proprietários de imóveis. Apesar disso, o mesmo foi aprovado por decisão judicial, já que o prazo para impugnações havia sido expirado. O fato evidencia a não aceitação do tombamento por parte dos proprietários, o que também dificulta as ações de preservação na referida área. Há dois níveis de proteção para as edificações existentes dentro do núcleo tombado de Santa Luzia: *edificações de preservação rigorosa*, que exigem controle mais rigoroso, sendo permitidas apenas intervenções em caráter de conservação e restauração, incluídas as obras e serviços indispensáveis à preservação e utilização do bem; e *edificações sujeitas a controle*, onde são permitidas modificações internas e alterações nas fachadas visando à integração com o conjunto. Apesar do tombamento, a área vem sofrendo transformações ao longo desses anos, pois assim como qualquer cidade, trata-se de um organismo vivo que se modifica constantemente. O grande desafio então é compatibilizar o desenvolvimento econômico e social com a preservação consciente das características do sítio urbano. Dentro dessas transformações recentes, tem-se percebido muitas descaracterizações causadas, principalmente, pelo desconhecimento dos proprietários e inquilinos a respeito das técnicas construtivas utilizadas nessas edificações, bem como pela escassez de mão-de-obra capacitada para intervir corretamente.

2. O CURSO DE CAPACITAÇÃO EM ARQUITETURA DE TERRA

2.1 Justificativa e objetivos

Considerando a ausência de profissionais devidamente habilitados, o propósito do curso foi promover o treinamento e capacitação de mão-de-obra local para executar as intervenções em bens cujo sistema construtivo utilize o adobe e/ ou o pau-a-pique, além de rebocos, em edificações anteriores a 1930. Esse treinamento também foi aberto a profissionais da área de projeto e demais técnicos responsáveis por obras de conservação e restauração em bens culturais que utilizam esses tipos de técnicas construtivas.

A carência de profissionais no mercado de trabalho e mesmo na equipe do IEPHA/MG com domínio da tecnologia de alvenarias de terra e a necessidade desse conhecimento para orientar a manutenção e conservação das construções constituíram a razão principal da contratação da consultoria. Para o IEPHA, órgão proponente do curso, o benefício gerado pelo trabalho a ser contratado foi duplo, na medida em que, além de se elaborar um trabalho especializado de excelente qualidade técnica junto à população local, incluiu-se a

perspectiva da capacitação de componentes do corpo técnico, principalmente os recentemente ingressados, quanto ao domínio dessa tecnologia.

Os objetivos da capacitação deveriam contemplar os seguintes critérios:

- Informar e formar mão-de-obra local para que possam realizar obras de manutenção e restauração em construções de alvenaria de adobe e pau-a-pique.
- Aperfeiçoar a gestão do patrimônio histórico de Minas Gerais, a fim de criar condições para implantação de programas que priorizem a conservação e o aumento da utilização econômica, cultural e social de bens culturais edificados;
- Demonstrar o potencial das edificações da área tombada como fonte de geração de postos de trabalho e renda;
- Produzir material didático com finalidades educativas para os níveis de ensino elementar, médio e superior, abordando os aspectos técnicos e conceituais envolvidos na intervenção;
- Facilitar a gestão e o monitoramento da área tombada com a formação de parceiros locais que possibilitarão a multiplicação da informação e conseqüente conscientização da população.

2.2 Metodologia

Originalmente, o curso de capacitação deveria propor ações de intervenção diretamente sobre as edificações pertencentes ao Centro Histórico de Santa Luzia, tombado pelo IEPHA/MG em 1998, conforme homologação de 28/12/1998 ou ao seu entorno definido em 2002. Para os imóveis de propriedade particular, tornava-se necessária a anuência de seus proprietários. As edificações que serviriam como modelo de aplicação prática dos conhecimentos adquiridos durante o curso seriam escolhidas em etapa prévia à realização das oficinas, em conjunto com a O3L Arquitetura e membros da Prefeitura de Santa Luzia. Os imóveis seriam escolhidos conforme o critério de necessidade de intervenção emergencial ou preventiva na edificação e conforme a disponibilidade e/ou falta de recursos de seus proprietários. No entanto, o pouco tempo disponível para a integralização do curso não permitiria intervenções sobre estas, uma vez que as edificações indicadas pela equipe da Prefeitura requeriam maior tempo e infra-estrutura para a realização do mesmo. Tratavam-se inicialmente de imóveis particulares cujo reboco desprende-se em decorrência da utilização inadequada do cimento na argamassa. A partir da visita técnica realizada pela equipe da O3L Arquitetura, concluiu-se que seriam necessárias intervenções na profundidade da vedação, devendo-se demolir parte da parede de pau-a-pique que estava em processo de ruína e reconstruir a mesma, para que, numa etapa posterior, pudesse ser realizada a aplicação do novo reboco. Para que se conseguisse contemplar todas as metas da capacitação, cuja abrangência deveria incluir a execução de parede de adobes, de pau-a-pique e os revestimentos – reboco e pintura dentro do prazo estipulado, a equipe de técnicos do IEPHA, da O3L Arquitetura e da Prefeitura de Santa Luzia propôs a criação de um canteiro experimental onde os participantes pudessem ter a chance de vivenciar todas as fases construtivas de uma parede de terra crua, da estrutura ao acabamento final, independentemente das construções existentes no centro histórico.

2.3 Conteúdo

O conteúdo ministrado considerou a intenção de dar à mão-de-obra local a capacidade de executar obras de manutenção e restauração em bens que utilizem como técnica construtiva as vedações em pau-a-pique e tijolos de adobe. Além disso, forneceu também aos responsáveis técnicos pela elaboração de projetos e execução de obras as noções necessárias para que possam orientar intervenções em bens que utilizem tais técnicas construtivas. Portanto, tornou-se fundamental caracterizar a inserção do projeto nos respectivos setores: proteção integral ou de conservação e intervenção parcial ou de

preservação. Para esta análise, alguns conceitos das cartas internacionais que tratam do tema da restauração foram considerados:

- Integração – respeito ao bem cultural, seja do ponto de vista formal, seja do construtivo, evitando-se conflitos entre o antigo e o novo, integrando a nova função no espaço a ser preservado;
- Autenticidade – as inserções decorrentes de adaptações de uso devem se destacar do existente por meio da explicitação de sua contemporaneidade;
- Reversibilidade – as alterações decorrentes de adaptações de uso devem ser projetadas de modo a poderem ser eliminadas ou substituídas no futuro, sem prejuízo do bem cultural;
- Qualificação – as novas instalações para uma construção antiga devem ser projetadas e dimensionadas para durarem e não oferecerem riscos. Uma inserção não pode ser de qualidade inferior ao existente, ao contrário, deve contribuir para a valorização do bem.

2.4 Desenvolvimento

Os procedimentos adotados para a realização das oficinas foram desenvolvidos ao longo de duas etapas: instrução teórica e preparação das peças e, posteriormente, aplicação prática das técnicas repassadas.



Figura 2. Execução da parede de adobes no segundo módulo do Curso de Capacitação em Arquitetura de Terra no município de Santa Luzia/MG (crédito: Quintão, 2009)

As etapas foram desenvolvidas em dois finais de semana (sexta a domingo), de forma a facilitar uma maior participação de pedreiros, mestres de obra e demais interessados. O curso foi integralizado em seis dias, sendo que houve um intervalo de três semanas entre o primeiro e segundo módulos a fim de possibilitar a secagem dos componentes construídos. Uma etapa preparatória foi necessária para identificar o local de realização do curso, apresentação das equipes técnicas envolvidas e preparação (hidratação) da cal virgem a ser utilizada no módulo de revestimentos. Dessa forma, a visita técnica preliminar teve a participação da equipe envolvida na organização. Numa etapa subsequente, preveu-se o quantitativo de material e equipamentos necessários para a realização das oficinas. Foram elaborados também o projeto da parede de pau-a-pique e da forma de adobes. O material didático necessário às aulas teóricas foi desenvolvido pela O3L Arquitetura e impresso pelo IEPHA/MG. Os materiais necessários para a realização das oficinas foram fornecidos pela Prefeitura de Santa Luzia (terra, areia, cal). Já os equipamentos e ferramentas foram disponibilizados pelo IEPHA/MG. A primeira etapa do curso teve início na noite de sexta-feira. Na ocasião, o conteúdo teórico foi transmitido, abrangendo os aspectos históricos das construções em terra crua no mundo e no Brasil, as possibilidades construtivas desta

tecnologia na arquitetura contemporânea e, por fim, os aspectos técnicos, enfatizando-se neste primeiro módulo, os critérios para seleção da terra na produção de adobes e do pau-a-pique. No sábado e domingo subsequentes foram desenvolvidas as oficinas práticas nas dependências externas do antigo casarão do século XVIII denominado Solar da Baronesa, de propriedade da Prefeitura Municipal. O local é utilizado correntemente como espaço de manifestações culturais, apresentações musicais, exposições de artistas, representando, portanto, grande importância histórica e cultural para a comunidade local.

O primeiro contato com a turma participante ocorreu na sexta-feira, quando houve a apresentação dos arquitetos instrutores componentes da equipe O3L Arquitetura, dos técnicos do IEPHA e da Prefeitura Municipal. Na oportunidade, os participantes apresentaram-se pessoalmente e receberam o material didático preparado especialmente para a ocasião. O grupo era formado por profissionais da construção civil, pedreiros, mestres-de-obras, engenheiro, arquitetos e estudante, aproximando-se a um quantitativo de 15 alunos. As inscrições ocorreram através da Prefeitura Municipal com algumas semanas de antecedência, sendo as vagas disponíveis rapidamente preenchidas.



Figura 3. Vista das paredes de pau-a-pique e adobes no canteiro de obras do Curso de Capacitação em Arquitetura de Terra no município de Santa Luzia/MG (crédito: Quintão, 2009)

O primeiro sábado foi destinado à construção de um enquadramento de madeira (270 cm x 225 cm) para ser executada a vedação em pau-a-pique. Foram moldados também cerca de 150 blocos de adobe nas dimensões 12 cm x 12 cm x 30 cm. A pequena dimensão do bloco é justificada pela constatação da utilização de adobes de dimensões análogas em inúmeras edificações da região. A terra fornecida pela prefeitura apresentava-se muito viscosa ao tato e cor de aspecto avermelhado, tornando-se necessária, portanto, a adição de areia à mistura. Além da areia foi também adicionado capim seco. Partiu-se inicialmente do teste empírico de decantação para avaliar a composição granulométrica da terra. Como se tratava de uma terra muito argilosa, as camadas em decantação não se formaram em tempo hábil para a continuidade do curso. Em razão deste infortúnio, optou-se por um processo inverso de definição da composição da mistura. Dentre os participantes da oficina, destacou-se um pedreiro, grande conhecedor da técnica de fabricação de adobes, cujo legado foi-lhe transmitido pelos seus ancestrais que cultivavam a prática de construções em adobes na comunidade onde moravam. Reconhecida e atestada a experiência deste senhor, encontramos o traço ideal através de sua percepção tátil e visual. A partir da massa dita ideal, refizemos o teste de decantação e obtivemos a proporção granulométrica então desejada. Analogamente, o mesmo ocorreu na definição do traço da parede de pau-a-pique. A equipe se dividiu em várias frentes de trabalho: peneiramento da terra, preparação da argamassa, montagem do enquadramento de madeira e moldagem dos blocos. Na segunda parte da jornada deu-se início à montagem da trama de bambu da parede de pau-a-pique. Os piquetes verticais, de diâmetro de aproximadamente 6 cm, foram posicionados e encaixados nos furos feitos sobre as peças de madeira (baldrame e frechal). A jornada de

trabalho do dia seguinte – domingo – consistiu na continuidade da parede de pau-a-pique. A trama de bambu foi montada a meia-calha, apresentando uma malha final de espaçamento aproximado a 15cm. O barreamento ocorreu posicionando uma placa de compensado do lado contrário ao arremesso da argamassa. Tal procedimento impediu a projeção de argamassa do lado oposto, evitando a perda de material. No entanto, a placa de compensado fixava-se na argamassa, dificultando seu desprendimento. A parede de pau-a-pique foi pensada de forma a evidenciar as etapas construtivas. Logo, foram deixados trechos da malha interna em evidência, trecho do pano de parede sem reboco e parte do reboco sem pintura. Assim, a parede assume um caráter didático ao revelar todas as etapas construtivas. Os adobes fabricados foram dispostos à meia-sombra para secagem. O intervalo de três semanas entre os módulos foi necessário para que possibilitasse a secagem dos adobes e da parede de pau-a-pique. No entanto, as fortes intempéries do mês de outubro retardaram a secagem de alguns blocos, comprometendo sua estabilidade na alvenaria. Muitas peças que, acidentalmente, tiveram contato direto com as águas de chuva foram inutilizadas devido aos danos sofridos ou pelo seu estado excessivamente úmido. No segundo módulo do curso de capacitação executou-se a parede de adobes, nas mesmas dimensões da parede de pau-a-pique, e a aplicação de reboco e pintura sobre a parede de pau-a-pique construída no módulo anterior. A participação regular dos alunos contribuiu para uma melhor fruição do conteúdo. A abordagem teórica do segundo módulo contemplou, de maneira mais enfática, a utilização de materiais tecnicamente compatíveis às alvenarias de terra crua, dando maior enfoque aos revestimentos à base de cal. Procedeu-se com um mês de antecedência a hidratação de cal virgem (CaO) para a utilização no reboco e pintura. A primeira visita técnica de reconhecimento do sítio histórico de Santa Luzia revelou que grande parte das patologias das construções em terra crua está relacionada aos revestimentos. Grandes superfícies de reboco desprendidas, aplicação de esmalte sintético, manchas escurecidas, acúmulo de microflora, dentre outras, são manifestações que atestam a manutenção inadequada ou mesmo inexistente sobre as edificações do núcleo histórico. Constatou-se também que grande parte dos proprietários avaliam as alvenarias em terra crua como paredes de má qualidade por não possibilitar a aderência dos rebocos a base de cimento. A partir de tal constatação, concluiu-se a importância de evidenciar as possibilidades dos materiais tecnicamente compatíveis às paredes de terra crua. Inicialmente houve resistência considerável por parte dos participantes em utilizar a cal em substituição ao cimento nas argamassas de reboco. Porém na ocasião de preparo e aplicação da argamassa de pasta de cal e areia houve um consenso e reconhecimento da boa trabalhabilidade e facilidade de aplicação da referida argamassa, que foi aplicada em uma face da parede de pau-a-pique, resultando num revestimento uniforme, de sarrafeamento simples, baixa retração e cor clara. Em contrapartida, sobre a superfície oposta foi aplicada uma argamassa de cal, areia e terra (1:2:1).



Figura 4. Vista da superfície onde foi aplicada uma argamassa de reboco com traço 1:2:1 (cal: areia:terra). Observam-se trincas generalizadas evidenciando a grande retração da argamassa. Curso de Capacitação em Arquitetura de Terra no município de Santa Luzia/MG (crédito: Quintão, 2009)

No entanto, esta superfície apresentou enorme retração evidenciada por muitas trincas. A presença da terra argilosa contribuiu fundamentalmente para o aumento da retração. Ademais a argamassa não apresentou boa trabalhabilidade, haja vista a alta viscosidade alcançada. Tal exemplo possibilitou mostrar aos participantes a interface destes componentes em sua constituição e sua interação com o suporte. O dia seguinte de oficina foi integralmente destinado à pintura. Como os panos de reboco apresentavam-se satisfatoriamente secos, foi possível aplicar as camadas de pintura à base de cal, água e pigmentação com diferentes tipos de terra, levados pelos alunos. As cores variadas e a facilidade de fabricação e aplicação despertaram aceitação satisfatória nos participantes. A grande maioria mostrou-se surpreendida com o resultado da fixação do reboco sobre a superfície e das possibilidades decorativas das pinturas de cal pigmentadas com terra. Além das vantagens técnicas comprovadas *in loco*, o custo baixo da cal torna-se outro atrativo para quem não dispõe de recursos para dar manutenção numa edificação construída em terra crua.



Figura 5. Execução da pintura em terra sobre reboco de cal e areia (1:3) no segundo módulo do Curso de Capacitação em Arquitetura de Terra no município de Santa Luzia/MG (crédito: Quintão, 2009)

Inicialmente as duas paredes construídas seriam demolidas após a conclusão do curso. No entanto, os membros da Prefeitura acharam por bem mantê-las e integrá-las à área externa do Solar da Baronesa com a finalidade de compor trabalhos de educação patrimonial junto à comunidade, visto o caráter didático resultante deste trabalho.

3. CONCLUSÃO

A utilização das técnicas construtivas em terra crua garante, de maneira adequada, a preservação e a conservação das edificações do passado colonial. Experiências diversas têm mostrado o lamentável panorama de desaparecimento dos ofícios tradicionais relacionados à construção. A imposição do cimento como base e matéria-prima para a execução dos mais diversos tipos de obras desencadeou um processo depreciativo sobre as tecnologias do passado, cujo legado foi-nos transmitido pelos nossos ancestrais.

Embora Minas Gerais apresente um programa de proteção e documentação do patrimônio cultural estadual pioneiro no país onde, através da Lei Robin Hood – critério ICMS Cultural, os municípios se beneficiam de repasses financeiros obtidos pela manutenção da política cultural local, observamos que, na prática, as ações de recuperação sobre o patrimônio construído são, por vezes, ministradas e/ou empregadas de maneira incorreta.

A falta de informação técnica constitui, portanto, um dos principais equívocos sobre o patrimônio edificado. No âmbito da restauração de monumentos, tornam-se indispensáveis ações fundamentadas em conhecimentos técnicos acerca das tecnologias construtivas do passado. As cidades do passado colonial foram erguidas a partir de tais técnicas e constituem, ainda nos dias de hoje, o registro material dos fatos históricos formadores da nossa sociedade. Aliada à favorável política de proteção existente em Minas Gerais, a capacitação técnica de mão-de-obra torna-se fundamental nos procedimentos de restauração de bens imóveis.

Ações pontuais de capacitação de mão-de-obra para tais fins têm-se mostrado muito válidas em cidades cujo centro histórico está vulnerável à descaracterização ou apresenta risco de desaparecimento. Assim como ocorreu na bem sucedida experiência do curso de capacitação em arquitetura de terra no município de Santa Luzia, a prática mostrou-se válida considerando-se o engajamento dos pedreiros, arquitetos e engenheiros do município e do próprio IEPHA/MG. A metodologia adotada pela O3L Arquitetura visou, sobretudo, a sensibilização dos participantes, tornando-os agentes multiplicadores, convencidos das possibilidades tecnológicas da terra crua associada aos materiais tecnicamente compatíveis, como a cal, por exemplo. O uso indevido de certos materiais sobre as alvenarias em terra crua contribuiu para a descaracterização e processo de ruína do monumento. Tal fato está atribuído, em grande parte, à falta de informação técnica relativa aos procedimentos condizentes a este tipo específico de vedação.

A dinâmica do canteiro de obras e os resultados obtidos romperam parâmetros até então dificultadores e ameaçadores à difusão e ao estabelecimento das técnicas construtivas em terra crua.

O envolvimento de profissionais de diferentes níveis de formação tornou o canteiro um ambiente mais humano, marcado sobretudo pela troca de informações. Mesmo aquele profissional não muito familiarizado com as técnicas de construção em terra crua pode rapidamente desenvolver o seu próprio método de trabalho. Procurou-se destacar aqueles profissionais cujo conhecimento remete ao saber ancestral de construção. A valorização deste tipo de mão-de-obra torna-se fundamental no processo de permanência e difusão, além de elevar a estima dos profissionais detentores do conhecimento ancestral.

Ações como estas contribuem enormemente para a preservação e manutenção das cidades históricas, testemunhas do passado colonial. Além de valorizar e sensibilizar os construtores locais, que atuarão como multiplicadores do “saber-fazer” ancestral, desenvolve, posteriormente, de forma autônoma, a mão-de-obra nativa, independentemente, portanto, de agentes externos nas obras de restauração então programadas. Não obstante, o aprendizado de tais técnicas possibilita a aplicação dessas tecnologias em novas construções, reduzindo gastos e impactos ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IEPHA-MG (2002). *Dossiê de Tombamento do Centro Histórico de Santa Luzia – Perímetro de entorno*. Belo Horizonte: IEPHA-MG.

AUTORES

Daniel Martins da Costa Quintão é diplomado em Arquitetura e Urbanismo pela Escola de Arquitetura do Instituto Metodista Izabela Hendrix no ano de 2003, em Belo Horizonte/ MG. Especializou-se em *Arquitetura de Terra* pela *Ecole Nationale Supérieure d’Architecture de Grenoble* e Laboratório *CRATerre*, França. Elabora inventários de bens culturais no âmbito do programa do ICMS Cultural no estado de Minas Gerais.

Frederico de Sá Senna Prates é diplomado em Arquitetura e Urbanismo pela Escola de Arquitetura do Instituto Metodista Izabela Hendrix no ano de 2003, em Belo Horizonte/ MG. Especializou-se em História da Cultura e da Arte pela Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da UFMG. Desenvolve trabalhos na área da restauração e intervenção em bens culturais e possui ampla experiência nos trabalhos do ICMS Cultural junto a vários municípios mineiros.



CAPACITAÇÃO EM BIOCONSTRUÇÃO NA ILHA GRANDE DO PAULINO

Cecília Heidrich Prompt

Rua Coronel Jaime da Costa Pereira, 410/303, Porto Alegre, RS. Telefone: (51)85271758. E-mail: cecipoa@yahoo.com.br

Palavras-chave: capacitação, terra ensacada, adobe, mutirão, Delta do Parnaíba.

Resumo

Este artigo relata a experiência de um curso de capacitação em bioconstrução realizado na Ilha Grande do Paulino, Delta do Parnaíba, Maranhão, realizado durante o segundo semestre de 2008. Este trabalho teve como objetivo capacitar as famílias residentes na Ilha Grande do Paulino em tecnologias construtivas apropriadas à sua realidade. O curso teve caráter teórico-prático e ocorreu em duas etapas. Na primeira foi construída a habitação de uma das famílias moradoras da ilha e na segunda foi construído um sanitário seco.

A Ilha Grande do Paulino é uma das maiores do Delta do Parnaíba. No momento de realização do curso, a IGP era habitada por 27 famílias que estão no território há gerações, sendo uma comunidade tradicional de pescadores e agricultores de subsistência. Os ecossistemas da Ilha Grande do Paulino são fortemente preservados, e a população moradora depende dos recursos naturais para a sua sobrevivência. O local tem grande potencial turístico ainda não explorado. Recentemente o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) regularizou a situação da população moradora da Ilha, assentando-a no local onde vive. Como parte da política de apoio aos assentados, o INCRA disponibiliza uma verba para a construção da habitação de cada família, que consiste em um valor destinado a construção de uma habitação popular. Este apoio foi recebido de forma muito positiva pelos moradores da ilha, já que a mesma apresenta altos índices de déficit habitacional no que diz respeito à precariedade das edificações. Entretanto, este é um assentamento de caráter especial; além de a população ser tradicional e habitar o território a gerações, a Ilha Grande do Paulino é um local de difícil acesso, aonde se chega após duas horas de barco partindo do porto de Tutóia. Após o desembarque, há um percurso a ser feito a pé ou a cavalo que leva cerca de 40 minutos. Um local com estas características inviabiliza a construção feita com materiais industrializados devido ao alto custo de transporte. Além do mais, considera-se a Ilha Grande do Paulino como um local com forte potencial turístico, acreditando-se, porém, que este turismo deva ser desenvolvido de forma equilibrada de modo a garantir a sustentabilidade da comunidade nos âmbitos ambiental, cultural, econômico e social. Tendo em vista os aspectos descritos, a Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável do Ministério do Meio Ambiente (MMA) através do Programa de Desenvolvimento do Ecoturismo na Amazônia Legal (PROECOTUR) realizou um curso de bioconstrução para que as famílias fossem capacitadas para construir edificações com materiais locais utilizando tecnologias mais apropriadas ao meio onde vivem. O projeto foi realizado, então, através de uma parceria entre o PROECOTUR, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e o Instituto Chico Mendes para a Biodiversidade (ICMBio), através da APA Delta do Parnaíba. Para a realização deste trabalho foi contratada uma consultoria com formação técnica em arquitetura e urbanismo e experiência na área da bioconstrução. O trabalho técnico realizado consistiu em: reconhecimento de campo; levantamento das necessidades da família; elaboração do projeto arquitetônico; execução de obra e organização do mutirão. Este processo será relatado tendo como ponto de vista o olhar da profissional que coordenou o trabalho.

1. A ARQUITETURA POPULAR NA ILHA GRANDE DO PAULINO

Os moradores da Ilha Grande do Paulino têm um conhecimento tradicional de tecnologias de construção com terra. O ambiente natural é provido de diversos tipos de solo, podendo-se encontrar solos arenosos ou argilosos, estes últimos quase sempre em áreas que são sazonalmente alagadas. A tecnologia utilizada pelos habitantes da ilha para a construção de suas casas é o pau a pique em sua forma mais rudimentar. As madeiras utilizadas na estrutura provêm das áreas de mangue. Para o preenchimento das paredes, a argila é utilizada na forma em que é encontrada no meio ambiente. Para o reboco, os moradores mesclam a argila com a areia, e através de seu conhecimento empírico chegam ao traço ideal para que o mesmo adquira resistência e não trinque. A maioria das casas é construída com telhado de fibra vegetal, sendo que os moradores têm excelência na execução deste tipo de tecnologia.

A primeira visita feita na Ilha Grande do Paulino teve como objetivo consolidar-se um primeiro contato com a comunidade, bem como de se fazer um reconhecimento sobre de sua realidade. Nota-se que há uma riqueza cultural muito grande expressa através das técnicas construtivas. Percebe-se também uma forte habilidade na construção de artefatos e artesanatos tradicionais, como balaios, urus, redes, vassouras e outros objetos utilitários. Entretanto percebe-se um descontentamento da comunidade a respeito das tecnologias construtivas utilizadas. Este fato é compreensível se levada em consideração a falta de recursos das famílias, e o fato de as casas não serem providas de fundações, sendo a madeira fincada diretamente no solo sem qualquer tipo de tratamento. O clima do local é marcado por estações de chuva e de seca. Durante a estação de chuvas a precipitação é bastante intensa, e as casas têm seu reboco degradado. Outro fato marcante nas edificações tradicionais é a ausência de beirais prolongados, o que deixa as edificações ainda mais expostas às intempéries. Obviamente este quadro faz com que, todos os anos, as famílias tenham que efetuar reparos nas paredes das casas. Este fato provoca grande insatisfação a respeito das tecnologias tradicionais e as famílias, de forma geral, têm a opinião de que a melhor forma de se construir é com materiais industrializados, aspirando por casas construídas com tijolos, cimento e cobertura de telhas cerâmicas. Apesar do primor na construção das coberturas de fibra vegetal, é consenso entre a comunidade a vontade de ter uma casa com telhas de barro, a partir do argumento que o telhado de fibra vegetal tem curta duração (cerca de sete anos, segundo os moradores) além do inconveniente de atrair insetos e acumular pó.

O pensamento da comunidade e suas aspirações por uma casa de materiais industrializados são compreensíveis se olharmos a influência da mídia na opinião das pessoas a respeito de tecnologias tradicionais de construção. Esta influência se deve aos interesses econômicos por parte de grandes empresas do ramo da construção civil, que oferecem cada vez mais opções de materiais industrializados. Estas empresas necessitam fazer uma campanha de depreciação às tecnologias de construção com terra, acentuando seus pontos fracos como a pouca resistência à água. A consequência é a padronização da construção civil, especialmente no que se refere à temática da habitação de interesse social. As casas perdem a função de objeto de expressão cultural e são inadequadas aos diferentes climas onde são implantadas. Acredita-se, portanto, que em um processo de capacitação voltado a uma comunidade tradicional, o resgate desta identidade seja o mais importante. No caso da Ilha Grande do Paulino, percebe-se que a comunidade está imersa em sua cultura, em seu modo de vida, sem, entretanto, valorizar e perceber a grandeza de sua produção cultural. Além do mais, deve-se estimular a autoconstrução e o mutirão, práticas já recorrentes na realidade em questão. Estes dois elementos evitam que se percam as tradições construtivas, preservando a autonomia das comunidades. Diversos autores explanam sobre a importância do resgate da autonomia das comunidades rurais para a construção de seus abrigos, como Hassan Fathy (1982) em seu “Construindo com o povo”:

“Porque evidentemente o homem tem uma mente própria e duas mãos que fazem o que sua mente lhes ordena. O homem é uma criatura ativa, uma fonte de ação e de iniciativa, e não se tem que construir para ele uma casa, assim como não se tem que construir ninhos para os pássaros. Dê-lhe meia oportunidade e ele resolverá a parte que lhe cabe do problema habitacional (...).”

Ou Dethier (1982), defendendo em sua citação a aliança entre tecnologias antigas e modernas.

“Tentar uma síntese criativa e operacional entre técnicas chamadas de tradicionais e técnicas chamadas de modernas constitui um caminho novo, que procura concretizar métodos mais apropriados às nossas necessidades, mas também apropriáveis por seus usuários, a fim de que possam ser agentes de suas ferramentas e não apenas pacientes.”

2. O PROCESSO DE CAPACITAÇÃO

2.1 Primeira etapa: A construção da casa

O primeiro contato com a comunidade se deu através de uma reunião com o líder comunitário. Nesta ocasião foram mostradas imagens de edificações bioconstruídas, com exposição de diversas tecnologias. Foi manifestado um interesse por parte da liderança pela construção com terra ensacada, correntemente chamada de superadobe. Este interesse foi manifestado juntamente a uma observação de que a comunidade ansiava por novidades. Em seguida fez-se um reconhecimento de campo na ilha com levantamento fotográfico. A comunidade havia escolhido previamente a família a ser beneficiada com a construção da primeira casa. Consistia em uma família de três pessoas, sendo o casal e uma filha de quatro anos. A família vivia em uma pequena casa de três cômodos, construída em pau a pique com as paredes rebocadas. A cobertura era de telhas cerâmicas. Fez-se um levantamento da residência antiga da família, com o intuito de reaproveitarem-se ao máximo os materiais que estivessem em boas condições. Nesta ocasião foram levantadas as necessidades da família, já que a fase seguinte do trabalho consistiu na elaboração do projeto arquitetônico. Além das necessidades da família, foi levado em consideração o subsídio disponibilizado pelo INCRA para a construção da casa, então no valor de R\$ 7.000,00. Cabe ressaltar que a família não tinha condições de entrar com contrapartida e nem acesso a financiamento para elevar o valor do recurso para a construção de sua casa. No momento da elaboração do projeto arquitetônico, considerou-se que a obra seria construída em regime de mutirão pela comunidade, anulando, desta forma, o valor da mão de obra.

O projeto arquitetônico resultou em uma planta com sala de estar, sala de jantar, cozinha, área de serviço externa, varanda e quarto de banho. A casa foi orientada de maneira que os quartos ficassem a leste e a varanda a norte, mirando a Lagoa Grande. As paredes externas seriam de terra ensacada e as internas de tijolos de solo-cimento, com opção para outros tipos de fechamento mais leve como tijolos de adobe ou mesmo taipa de mão. O telhado seria de telhas de barro com estrutura de madeira apoiada nas paredes externas e em pilares de madeira. A primeira versão do projeto arquitetônico consistiu em uma planta com área útil de 87,99 metros quadrados e uma área total construída de 106,56 metros quadrados. O banheiro foi pensado para ser fora da casa, conforme solicitado pela família, sendo o sistema a ser utilizado o do sanitário seco de duas câmaras. A construção do sanitário seco foi objeto da segunda etapa do curso. Cabe ressaltar que na etapa de elaboração do projeto não se teve a ambição de chegar a um resultado final. Teve-se consciência desde o início que o projeto sofreria modificações ao longo do processo, uma vez que a arquitetura não é estática, e sim objeto de um processo contínuo de transformação e apropriação por parte dos usuários.

A etapa seguinte do trabalho consistiu na construção da residência protótipo. As mudanças no projeto arquitetônico ocorreram *in loco* durante o processo de construção da casa. As primeiras modificações foram feitas durante a marcação da obra, quando o futuro usuário optou por uma ampliação da cozinha e redução da área de serviço externa. Quando os alicerces já estavam sendo construídos, a dona da casa solicitou que o banho fosse deslocado para a área externa. Esta opção é recorrente em zonas rurais, aonde as pessoas chegam sujas da roça ou do manguê e preferem se limpar antes de entrar em casa.

Outra alteração importante se deu devido à utilização do saco de rafia avulso, já que não foi possível adquirir o saco de rafia em forma de bobina. Originalmente pensada para ser construída com o saco de rafia em bobina, as paredes teriam maior continuidade, garantindo mais estabilidade. Optou-se por colocar amarrações com o próprio saco de rafia em alguns locais, conforme nota-se no desenho do projeto definitivo. As amarrações ficaram localizadas na varanda, na parede dos fundos, entre os dois dormitórios e entre a sala e a cozinha.

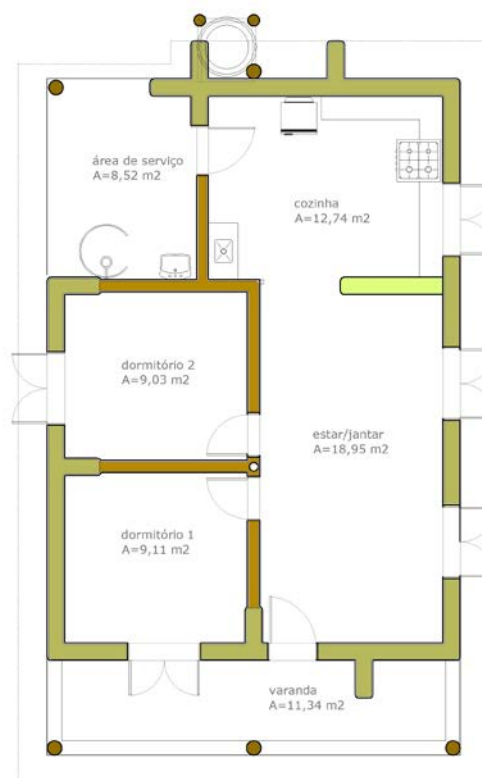


Figura 1. Planta baixa da casa

Para o alicerce da casa foi escolhida a técnica de terra ensacada preenchida com solo-cimento. Na Ilha Grande do Paulino não existem pedras, e o principal recurso natural disponível é a terra. No local da construção da casa o solo é arenoso, o que permitiu fazer uma fundação do tipo sapata corrida de pouca profundidade. As fundações localizadas sob as paredes externas foram feitas com sacos de rafia com uma largura total de 50cm. Já as sapatas das paredes internas da residência foram feitas com os sacos de 35cm de largura, para logo suportarem as paredes internas de adobe. Já durante a execução das fundações a comunidade foi aprendendo algumas tecnologias simples de amarração de paredes, até então não conhecidas pela maioria das pessoas presentes. As fundações começaram a ser construídas pelas esquinas. Na primeira camada foi utilizado o traço de 5:3:1 (areia, barro e cimento) e na segunda e terceira camada foi usado o traço de 7:3:1 (areia, barro e cimento). As explicações técnicas sobre a utilização destes traços foram transmitidas em obra. Para impermeabilizar a base das paredes, foi utilizado o breu. Os moradores da Ilha Grande aplicaram o material com grande destreza, já que têm costume de utilizá-lo para impermeabilizar embarcações. O breu foi utilizado como garantia para bloquear a umidade

que vem do solo, tendo sido aplicado também nas laterais das primeiras fiadas das paredes externas, que sofrem mais com a chuva direta.

Após todas as sapatas estarem devidamente niveladas, foi iniciada a construção das paredes. As paredes externas foram construídas com sacos de rafia nas dimensões 35 cm x 100 cm. O primeiro barro utilizado foi retirado da antiga casa existente no local.



Figura 2. A residência antiga da família, em pau a pique

Quanto às paredes internas, foi decidido que seria construída com tijolos de adobe. Os participantes têm conhecimento desta tecnologia, e os tijolos foram fabricados pelos homens da comunidade em regime de mutirão. Enquanto estavam sendo construídas as paredes externas, uma parte dos adobes já estava sendo trazida ao canteiro de obras. Os tijolos foram fabricados no local da ilha onde o solo é argiloso, que estava localizado a uma longa distância do local da construção. Para trazê-los era necessário transportá-los de canoa e logo fazer um trecho a pé. Este serviço foi realizado pelas mulheres da Ilha Grande, que traziam o adobe em canoa até a margem mais próxima ao canteiro e logo carregavam na cabeça até três adobes, muitas vezes trazendo um quarto embaixo do braço.



Figura 3. Paredes internas construídas com adobe

Durante o curso foram feitos testes para o reboco externo. Chegou-se à proporção de 2:2:4 (terra local, cimento e areia). Tal proporção constituiu uma massa que aderiu perfeitamente à parede do saco, dispensando o trabalho de cortar o saco para rebocar diretamente na terra. O reboco externo foi executado pelos familiares próximos dos futuros moradores. Tradicionalmente, nas construções de pau a pique, o processo se dá de forma semelhante:

toda a comunidade faz um mutirão para construir a estrutura de madeira e cobrir a casa, e logo a família fica responsável pelo preenchimento das paredes e pelo reboco.



Figura 4. A casa já coberta, ainda sem reboco

2.2 Segunda etapa: o sanitário seco

O sanitário seco de duas câmaras foi construído no pátio da escola. Ficou decidido que o primeiro banheiro da ilha seria da comunidade, justamente por ser um modelo experimental. Logo cada família construiria seu banheiro. A verba para a construção deste sanitário foi levantada entre os moradores (a família que teve a sua casa construída recebeu uma verba para construção de seu próprio banheiro). Optou-se pelo sanitário seco por diversos motivos: a escassez de água no período do verão foi o principal deles. Além do mais, há gerações a comunidade utiliza o mato como banheiro, e o sanitário seco é o sistema que mais se aproxima de seu modo de vida atual.

A teoria sobre o funcionamento do banheiro seco foi transmitida em campo. Para um melhor entendimento foi elaborada uma maquete bastante simples que foi objeto das explicações teóricas. A maquete resultou muito interessante e eficiente para o entendimento do sistema do sanitário e também para a busca de soluções construtivas por parte dos moradores. Durante todo o processo buscou-se estimular a comunidade para que encontrassem soluções para a construção das edificações, visando um processo didático e participativo.



Figura 5. O sanitário seco em construção

Na construção do sanitário seco foram utilizadas diversas técnicas de construção com terra. As fundações, bem como a parte alta do banheiro, foram construídas com terra ensacada.

As paredes foram feitas com tijolos de adobe. As rampas das câmaras foram feitas com ferro e cimento, e o telhado com fibra vegetal, à maneira tradicional dos moradores. O mais interessante desta etapa do processo foi o fato de que o aprendizado foi reforçado. A comunidade voltou a se reunir (houve o intervalo de um mês aproximadamente entre a construção da cobertura da casa e o início da construção do sanitário seco) e novamente colocou em prática o conhecimento adquirido.



Figura 6. O sanitário seco finalizado

3. RESULTADOS

Os resultados finais do processo foram identificados na data da inauguração da casa. É importante ressaltar que a união da comunidade durante os trabalhos de mutirão foi fundamental para o sucesso do processo. As construções foram executadas com qualidade, e os espaços se mostraram agradáveis e confortáveis. Segundo depoimento da família e de outros moradores, o conforto térmico no interior da casa é maior se comparado às construções existentes na ilha. O bom resultado da casa anima aos demais moradores de construir as suas com técnicas de bioconstrução, já que a qualidade é visivelmente superior às casas convencionais construídas pelo INCRA.

Foram entregues, na cerimônia de encerramento, um total de 35 certificados, considerando-se que as pessoas que o receberam estão aptas a reuplicar as técnicas transmitidas e atuar como agentes multiplicadores. Em conversa informal com a comunidade, em uma reunião onde 20 famílias estavam presentes, 13 delas manifestaram a vontade de construir suas casas com técnicas de bioconstrução, o que demonstra que a alternativa foi bem aceita por grande parte dos participantes.

Considera-se positivo este tipo de intervenção junto a comunidades tradicionais que recentemente têm acesso a materiais industrializados. O simples fato de tomarem conhecimento de opções diferentes da construção com materiais industrializados já é bastante enriquecedor, e pode ser decisivo para nortear o crescimento de uma comunidade tradicional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DETHIER, J (Concepção e realização) (1982). Arquiteturas de terra ou o futuro de uma tradição milenária. Paris: Centre Georges Pompidou; Avenir Editora.

FATHY, H. Construindo com o povo - arquitetura para os pobres; Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982

AUTORA

Cecília Heidrich Prompt, Arquiteta e Urbanista. Mestranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Catarina, cecipoa@yahoo.com.br.



CURSOS DE CURTA DURAÇÃO EM CONSTRUÇÃO COM TERRA EM DISCUSSÃO

Bianca dos Santos Joaquim

R. João Passos da Silva, 260, Campinas/SP
Tel: 55 19-9274 5444; e-mail: bjaquim@hotmail.com

Palavras-chave: Cursos de curta duração, cursos de capacitação, oficinas, construção com terra, tecnologias de construção

Resumo

Observa-se recentemente uma gama crescente de “cursos de curta duração” que abrangem o tema da arquitetura e construção com terra. A abordagem deste assunto alterna-se entre tópico principal, dando inclusive nome a tais cursos, ou sub-tópico, quando enquadrado num contexto mais amplo de ensino de tecnologias. Seu oferecimento pode ser conferido principalmente em instituições particulares como eco-centros e institutos de permacultura (Tibá/RJ, IPEC/GO, IPEMA/SP), além de algumas universidades e outras instituições de caráter público (MMA/SEDR/PROECOTUR, FAUUSP/SP, UFGD/MS). Estas práticas de ensino cumprem um objetivo geral de familiarizar os alunos participantes às diversas técnicas que aplicam a terra crua como material de construção. Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre a experiência de ensino das 8 edições do Curso de Construção com Terra do Instituto Tibá/RJ. Para tanto, descrevem-se conteúdos abordados e atividades realizadas. Encerra-se com uma análise sobre a evolução do curso e os métodos empregados. Esta reflexão revela que tais eventos possuem caráter informativo e divulgador do tema arquitetura e construção com terra. Ao mesmo tempo, trata-se de um programa de ensino de qualidade instrumental, pois proporciona aos integrantes a prática construtiva de diversas tecnologias que se apropriam da terra crua.

1. CURSOS DE CURTA DURAÇÃO EM CONSTRUÇÃO COM TERRA

Com o crescimento da divulgação e exploração da questão da sustentabilidade em seus diversos âmbitos, o número de instituições que oferecem cursos que abrangem o tema da arquitetura e construção com terra parece continuamente aumentar. Tratam-se de cursos de curta duração que abordam assunto pouco explorado na formação técnica dos profissionais da construção civil.

As organizações que vêm promovendo tais eventos vão desde as particulares, compreendidas principalmente por ‘ecocentros’ ou institutos de permacultura, até as públicas, abrangendo universidades e programas governamentais.

Dentre as instituições particulares destacam-se o Instituto Tibá/RJ, o IPEC/GO e o IPEMA/SP.

O Tibá, instituto localizado em Bom Jardim, no interior do Rio de Janeiro, investiga, experimenta e divulga tecnologias de construção de impacto ambiental reduzido. A instituição aborda o assunto construção com terra há diversos anos em seus cursos de “Bioarquitetura”, cuja primeira edição ocorreu em 1987¹. No entanto, foi a partir de 2006 que o centro passou a oferecer curso específico de construção com terra. Os detalhes destes eventos serão tratados mais adiante, uma vez que os mesmos são o objeto de estudo deste trabalho.

O IPEC, Instituto de Permacultura do Cerrado, está localizado em Pirenópolis/GO. Trata-se de um centro que desenvolve atividades de educação para difundir tecnologias e práticas sustentáveis. Desde o ano 2000² a instituição oferece o curso “Bioconstruindo”. Seu programa inclui diversos temas relacionados à construção de impacto ambiental reduzido. A

arquitetura e construção com terra sempre fizeram parte de seu conteúdo. Na edição de 2009, por exemplo, o programa do curso incluiu as seguintes técnicas: adobe, taipa de pilão, 'superadobe', 'cob' e rebocos e tintas naturais. Vale pontuar que o evento costuma ser anual e durar oito dias, carga horária equivalente a cerca de 68 horas³.

Segundo a programação divulgada no endereço eletrônico do instituto⁴, o curso parece apresentar um formato composto por um conjunto de oficinas ocorrendo simultaneamente, que alunos, organizados em grupos, vão percorrendo ao longo dos dias do evento.

Cada oficina é dirigida por um docente ou especialista. Desta maneira o curso conta grande número de profissionais entre técnicos, construtores, arquitetos e engenheiros. Na edição de 2009 o evento reuniu 16 profissionais⁵.

O IPEMA, Instituto de Permacultura da Mata Atlântica, é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público com sede em Ubatuba/SP. Trata-se de um centro que busca difundir a permacultura⁶ através de cursos, principalmente. Neste ano de 2010⁷, por exemplo, cursos como Habitações Sustentáveis, Planejamento em Permacultura e Planejamento de Ecovilas abordarão atividades de construção com terra dentro de seu conteúdo programático.

Em setembro de 2008, este Instituto abordou a temática da arquitetura e construção com terra em evento específico intitulado "Oficina de pau-a-pique, adobe e superadobe". No ano seguinte o tema voltou a figurar como protagonista em curso exclusivo de construção com terra, realizado em maio de 2009, que abordou técnicas como taipa de mão ('pau-a-pique'), bloco de terra comprimida ('solo-cimento'), adobe, 'superadobe' e 'cob'.

Em se tratando de instituições públicas podemos citar o curso desenvolvido pelo PROECOTUR e cursos de curta duração de Universidades públicas, como é o caso da FAUUSP e da UFGD.

O Programa de Apoio ao Ecoturismo e à Sustentabilidade Ambiental do Turismo (PROECOTUR) é um projeto do MMA/SEDR⁸ responsável pela criação de um curso de tema abrangente, intitulado 'Curso de Capacitação em Bioconstrução', que incluiu técnicas de construção com terra em suas atividades. A experiência piloto foi realizada em agosto de 2008, em área de projeto de assentamento de reforma agrária, na Ilha Grande do Paulino, no município de Tutóia/MA. Além de diversas tecnologias de impacto reduzido, algumas que se apropriam da terra como matéria-prima fizeram parte do conteúdo do evento, dentre elas adobe, 'cob' e 'superadobe'.

A partir deste curso surgiu a publicação 'Curso de Bioconstrução' (Brasil. Ministério do Meio Ambiente et al., 2008) que se mostra como documento de grande importância uma vez que a adoção de tecnologias de construção com terra é pouco incentivada por políticas públicas.

Segundo a publicação, o objetivo do Curso de Capacitação em Bioconstrução do PROECOTUR é "estimular a adoção de tecnologias de mínimo impacto ambiental nas construções de moradias ou equipamentos turísticos comunitários, por meio de técnicas de arquitetura adequadas ao clima, que valorizem a eficiência energética, o tratamento adequado de resíduos, o uso de recursos locais, aproveitando os conhecimentos e saberes gerados pelas próprias comunidades envolvidas." (Brasil. Ministério do Meio Ambiente et al., 2008, p. 7)

Nesta publicação também há uma explanação sobre a metodologia adotada no curso piloto: "envolve aulas teóricas e práticas que incluem o planejamento e a construção de uma edificação para uso residencial, ou de qualquer outro tipo de equipamento turístico comunitário (...) para um grupo de 35 pessoas da comunidade, que, em regime de mutirão, construiu uma casa com 86 m² para uma das famílias envolvidas no projeto de assentamento." (Brasil. Ministério do Meio Ambiente et al., 2008, p. 7)

Egon Krakhecke, atual Secretário de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável, autor da introdução da publicação, afirma que "o êxito e a aceitação do projeto na

comunidade rural da Ilha Grande do Paulino já mobilizam esforços do Programa para replicação do curso, atendendo outras demandas em várias regiões do país” (Brasil. Ministério do Meio Ambiente et al., 2008, p. 7)

Esta afirmação é reiterada no endereço eletrônico do PROECOTUR, na página que apresenta o Curso de Capacitação em Bioconstrução⁹: “Este também foi o primeiro passo para a construção de uma política pública de habitação popular em destinos ecoturísticos que aproveite melhor os recursos naturais da localidade, ajude a promover a arquitetura vernácula e a sustentabilidade do processo construtivo. Para 2009 já estão sendo planejadas novas parcerias com o INCRA para multiplicar esta experiência”.

Entretanto não foram encontradas informações sobre novas edições de tal evento. Apesar disso, não há dúvida de que o desenvolvimento de evento e publicação por entidade governamental muito contribui na divulgação das tecnologias de construção com terra.

Em universidades, a realização de cursos que abordam técnicas de construção com terra parece ir de encontro com a demanda do público e com a necessidade de haver uma produção crítica e científica sobre questões relacionadas a soluções em arquitetura para a sustentabilidade, tema de crescente divulgação.

Assim como o curso do PROECOTUR o evento da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), realizado em novembro de 2009, apresenta caráter mais responsável e comprometido com seu público uma vez que apresenta, anteriormente ao curso, seus objetivos e conteúdo programático delineado, ou seja, não é vago ao expor as atividades que serão realizadas no evento.

Neste evento, intitulado ‘Arquitetura com terra crua – Oficina de taipa de pilão’, a técnica taipa de pilão foi apresentada especificamente, o que permitiu aprofundamento dos diversos procedimentos técnicos para a execução de um painel autoportante em taipa de pilão.

O curso contou com uma carga horária de 36 horas e foi realizado no espaço do Canteiro Experimental da FAUUSP. Desta maneira foi possível que as atividades fossem assistidas pelos técnicos do próprio Canteiro, o que permitiu maior riqueza de informações e detalhes, dada a experiência destes profissionais com materiais e ferramentas utilizado ao longo da oficina pois, conforme analisado por Minto (2006, p. 3.), “Não será na prancheta, nem no monitor do computador e nem mesmo na construção de uma maquete que estes detalhes virão à tona. Tais procedimentos se baseiam em leis e estão distantes dos acidentes de percurso ou até de situações novas que provocam a criação artística. Apenas a constatação da realidade da coisa pronta e principalmente as diversas etapas de seu processo de construção é que poderão fazer perceber a importância destes detalhes.”

Outro exemplo de evento vinculado à universidade pública que abordou o tema da arquitetura e construção com terra foi o curso de ‘Biorquitetura’ que ocorreu na III Semana Acadêmica da Gestão Ambiental (III SAGA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados/MS, em novembro de 2009. Nesta prática, foram exploradas especificamente as técnicas de adobe e taipa de mão na ocasião das oficinas e o assunto construção com terra como um todo em momento de palestra. Seu público foi formado pelos estudantes do curso de Gestão Ambiental da própria universidade.

Apesar de se tratar de curso de caráter mais divulgador, uma vez que seu público não era composto por profissionais ligados à construção civil, trata-se de exemplo de como os cursos de construção com terra podem apresentar certo caráter de educação ambiental. Em se tratando de profissionais que poderão atuar junto das decisões tomadas por uma organização ou empresa, seja na avaliação de impactos ambientais de algum processo, seja no levantamento de opções de tecnologias que economizam energia, por exemplo. Desta maneira evidencia-se também que não apenas profissionais da construção civil devam ser público explorado nos cursos de construção com terra.

Este fato de contar com público diversificado é também bastante comum nos cursos desenvolvidos por instituições particulares. Além de profissionais do ramo da construção

civil, o corpo de alunos destes cursos costuma contar com interessados em geral. Eles chegam até estes eventos estimulados pela vontade de no futuro construir uma edificação aproveitando-se de tais tecnologias, ou simplesmente movidos pela curiosidade e afinidade com o assunto.

Mesmo não sendo absolutamente necessária uma exploração prática das técnicas em casos de público não composto por profissionais da construção civil, que portanto dificilmente colocarão em prática o conteúdo abordado, as oficinas de práticas construtivas ainda assim são de grande valor, pois além de instigar para uma reflexão mais profunda sobre o tema abordado, comovem e sensibilizam os participantes quanto a questões de impacto ambiental, que pode ser reduzido se tecnologias diferentes das empregadas pelo mercado da construção civil passarem a ser mais adotadas.

Dentro deste contexto, este trabalho se propõe a revelar como cursos de curta duração em construção com terra de instituições particulares podem contribuir de maneira efetiva para a divulgação da arquitetura e construção com terra. Apesar dos mesmos muitas vezes explorarem de maneira simplificada tanto o conteúdo que o tema abrange e quanto a prática de construção das técnicas, estes eventos são eficientes no fornecimento de informações consistentes que permitem a revisão de questionamentos e preconceitos trazidos pelos alunos. Além disso, proporciona um resgate do valor cultural de tais técnicas e estimula seus participantes a construir e difundirem tais técnicas.

Valores como construir causando impacto reduzido, economia de energia, contratação de mão de obra local, redução na emissão de poluentes, são oferecidos ao aluno, que leva consigo uma nova opinião sobre a arquitetura e construção com terra.

No intuito de revelar que estes cursos podem contribuir de maneira positiva para a difusão do tema, será apresentado a seguir o percurso do “Curso de Construção com Terra” do Instituto Tibá/RJ.

2. O CURSO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA DO INSTITUTO TIBÁ

O curso de curta duração em arquitetura e construção com terra oferecido pelo Instituto Tibá/RJ é intitulado “Curso de Construção com Terra”. Até o momento foram realizadas 8 edições, sendo que a primeira data de novembro de 2006 e a mais recente de janeiro de 2010.

Dentre os professores do curso estão a arquiteta Bianca dos Santos Joaquim, o arquiteto Michel Habib Ghattas (ambos participaram das oito edições do curso), o coordenador do instituto, Peter van Lengen (participou de seis edições) e o arquiteto fundador do instituto, Johan van Lengen (em duas edições).

Nas quatro primeiras edições, o curso contava com uma carga horária de 27 horas (3 dias, 8 horas de curso por dia e uma palestra de 3 horas). A partir da quarta edição o curso passou a ser ministrado com carga horária de 36 horas (4 dias, 8 horas de curso por dia e duas palestras de 2 horas).

A divulgação do curso é feita pela internet, por *mailing list* e através do endereço eletrônico da instituição: <http://www.tibarose.com>.

Dentre os métodos adotados para a realização do curso podem ser citados dois principais: oficinas de práticas construtivas e exposição oral, esta última normalmente acompanhada de exposição visual que explora os seguintes materiais: *slides* (palestra), visita orientada aos exemplares construídos em terra na sede da instituição, mostras de resultados de ensaios experimentais de solos, observação de horizontes dos solos *in loco*.

O curso apresenta uma estrutura básica que pouco se alterou ao longo das oito edições:

- Começa com uma apresentação do curso, dos professores e dos participantes;

- Introduz-se o tema arquitetura e construção com terra através de breve exposição sobre sua ancestralidade e, sobretudo, através da apresentação das questões contemporâneas que estimulam o resgate de tais técnicas construtivas. Apresentam-se aspectos positivos e negativos do material e algumas de suas principais características;
- Em seguida, parte-se para um passeio orientado dentro da sede do instituto, onde são apresentados exemplos de aplicações das técnicas de construção com terra. Além de explicar as técnicas que foram utilizadas em cada exemplar, o histórico da construção é revelado, descrevendo-se as particularidades de cada vivência construtiva, incluindo problemas que ocorreram e a maneira que foram solucionados;



Figuras 1 e 2. Passeio orientado pelo instituto e virada da primeira massa de barro para confecção de adobes – Imagens da 5ª edição do curso (Fotos: Julia Paternostro)

- Logo após, há uma exposição oral sobre composição dos solos, suas características, lógica de trabalho do material, maneiras de ensaiá-lo em campo, métodos de adequação/estabilização, etc.
- No segundo período é dada a primeira oficina. Vira-se a primeira masseira de barro, através de método tradicional, com os pés. Esta vivência, além de revelar aos alunos a transformação pela qual o material passa, introduz questões como pontos de umidade da massa e dificuldades do processo. Desta massa são confeccionados adobes e logo após, outros já prontos (secos) são assentados.
- Os próximos 3 dias (anteriormente 2) são preenchidos por oficinas onde são trabalhadas as demais técnicas, variando os temas de curso para curso.
- Na primeira noite é dada a primeira palestra que expõe a aplicação histórica da arquitetura e construção com terra.
- Na segunda noite acontece a segunda palestra. Com o intuito de organizar idéias e sistematizar a informação, há uma revisão das informações teóricas relativas às características do material e modos de trabalhá-lo. Em seguida, há uma exposição sobre as técnicas de construção com terra mais comumente aplicadas. Uma a uma as técnicas são apresentadas e ilustradas de maneira a revelar mais detalhes de sua execução e contextualizar sua aplicação em arquitetura e construção.
- Ao final do último período, há uma breve reunião de encerramento do curso.

Ainda sobre a estrutura do curso, algumas observações gerais podem ser colocadas. A primeira delas é que, por contar com número reduzido de participantes (máximo 25), o curso consegue adotar um formato de debate ao longo de suas exposições orais. As discussões

geradas contribuem na complementação de informações e na contextualização do emprego das técnicas.



Figuras 3 e 4. Confeção e assentamento de adobes.
Imagens da 8ª edição do curso (Fotos: Paulo Mellet)

Outro esclarecimento que se faz relevante é sobre o aumento da carga horária do curso. Apesar de não ter resultado em mudança estrutural, algumas alterações significativas podem ser apontadas. No que concerne ao conteúdo, houve aumento de dedicação a alguns temas e inclusão de mais técnicas nas oficinas. Além disso, foi possível dividir a palestra em duas, o que pareceu contribuir de maneira relevante, pois, anteriormente, quando realizada em apenas um momento, era bastante extensa e, portanto, cansativa, abria-se menos para discussões.

Para que se compreendam as informações que serão apresentadas a respeito de cada edição do curso, faz-se necessário esclarecer parte da nomenclatura utilizada pelos professores para as diversas técnicas de construção com terra. Termos comuns como adobe, taipa de mão, taipa de pilão dispensam explicações. Entretanto, o termo Taipa Ensacada, que será mencionado mais adiante, deve ser esclarecido. Tal nomenclatura foi adotada para a técnica que consiste em construir estruturas de terra autoportantes a partir do enchimento de saco plástico alongado (normalmente disposto em uma bobina) com terra, que depois é comprimida com pilões. Trata-se da técnica comumente conhecida por superadobe, nome que os professores preferem não adotar por parecer reduzir a importância da técnica adobe, que sabemos ser de grande eficiência e ainda uma das mais populares entre as técnicas de construção com terra.

A seguir serão apresentadas as datas, oficinas realizadas e número de alunos participantes em cada edição do curso.

1ª. Edição – de 24 a 26 de novembro de 2006 – 8 alunos – carga horária de 27h.

- Adobes: confecção dos blocos na área do galpão de cursos; assentamento em protótipo existente no sítio, estruturado em bambu e coberto em sapê.
- Taipa de mão: execução do barreado em trama apoiada nesta mesma estrutura de bambu pré-existente.
- Cúpula de tijolos cozidos: execução de pequena cúpula de tijolos cozidos assentados com argamassa de barro. Esta cobertura foi erguida sobre protótipo circular construído em adobes.

- Revestimento à base de terra, areia e cal: execução de revestimento sobre paredes de taipa de mão anteriormente construídas. Foram divulgadas as soluções que haviam sido coletadas pouco tempo antes nas oficinas do TerraBrasil 2006¹⁰.

2ª. Edição – de 9 a 11 de fevereiro de 2007 – 12 alunos – carga horária de 27h.

- Adobes: confecção dos blocos na área do galpão de cursos.

- Taipa de mão: execução do barreado em trama apoiada em estrutura de bambu.

- Taipa ensacada: aplicação da técnica em muro de arrimo. Assentamento em protótipo existente no sítio, com pilares de alvenaria armada, cobertura em teto verde e vedações em adobe, 'cob' e taipa de mão.

- Revestimento a base de terra, areia e cal: execução de revestimento sobre paredes anteriormente construídas em adobe.

- Preparação e aplicação de tintas à base de terra e cal.

3ª. Edição – 12 a 14 de outubro de 2007 – 23 alunos – carga horária de 27h.

- Adobes: confecção dos blocos na área do galpão de cursos; assentamento em protótipo existente no sítio, estruturado em bambu e coberto em sapê.

- Taipa de mão: participação dos alunos na execução da trama. Trama instalada na estrutura de bambu do galpão de cursos. Execução do barreado no mesmo local.

- Taipa ensacada: aplicação da técnica na execução de um banco.

- Revestimento à base de terra, areia e cal: execução de revestimento sobre paredes de taipa de mão anteriormente construídas.

- Integração de informação trazida ao curso por um dos alunos¹¹: preparação de tintas de terra à base de goma de polvilho (Carvalho et al., 2007, p. 10).

4ª. Edição – 21 a 23 de março de 2008 – 12 alunos – carga horária de 27h.

- Adobes: confecção dos blocos na área do galpão de cursos; assentamento junto de estrutura de bambu de protótipo anteriormente construído no Tibá.

- Taipa de mão: construção da trama com os alunos. Entramado apoiado em estrutura de bambu de protótipo anteriormente construído no Tibá. Barreado no mesmo local.

- Taipa ensacada: execução de pequeno exemplar, de cunho experimental, junto ao galpão de cursos.

- Revestimento a base de terra, areia e cal: execução de revestimento sobre paredes de taipa de mão no galpão cursos.

- Preparação e aplicação de tintas de terra à base de cal e tintas de terra à base de goma de polvilho.

5ª. Edição – 18 a 21 de setembro de 2008 – 18 alunos – carga horária de 36h.

- Adobes: confecção dos blocos na área do galpão de cursos; assentamento junto de estrutura de bambu de protótipo anteriormente construído no Tibá.

- Taipa de mão: construção da trama com os alunos. Entramado apoiado em estrutura de bambu de protótipo anteriormente construído no Tibá. Barreado no mesmo local.

- Restauração de parede em taipa de mão: recuperação de parede de taipa de mão executada anteriormente que ficou exposta a intempéries.

- Taipa ensacada: execução de pequena estrutura circular. Integração de informação trazida ao curso por um dos alunos¹², substituição do saco de ráfia e arame farpado

comumente usados na execução da técnica por sacos com malha Raschel, utilizado em embalagens de cebolas/frutas e em sombrites. Desta maneira as fiadas aderem uma à outra e não é necessária a retirada do saco para executar revestimentos.

- Bloco de Terra Comprimida: apresentação do funcionamento de prensa INVA-RAM. Execução de um pequeno número de peças.

6ª. Edição – 16 a 19 de abril de 2009 – 22 alunos – carga horária de 36h.

- Adobes: confecção e assentamento dos blocos na área do galpão de cursos. O exercício livre de assentamento de adobes permitiu que os alunos experimentassem formas diferenciadas, com execução de pequeno arco e desenhos com os blocos na execução da alvenaria.

- Taipa ensacada, taipa de mão, 'cordwood': Execução de parede completa entre pilares de alvenaria armada. Alicerce em taipa ensacada (executado com massa de barro estabilizado com cimento). Execução de trama e barreado de taipa de mão sobre esta estrutura. Assentamento de restos de poda de árvore (pequenas toras) com argamassa de barro arenoso – técnica conhecida como 'cordwood', também sobre o alicerce.

- Revestimento a base de terra, areia e cal: execução de revestimento sobre paredes de taipa de mão anteriormente construídas.

- Bloco de terra comprimida: apresentação do funcionamento de prensa INVA-RAM. Execução de um pequeno número de peças.

- Preparação e aplicação de tintas de terra a base de cal e tintas de terra a base de goma de polvilho.

7ª. Edição – 22 a 26 de julho de 2009 – 14 alunos – carga horária de 36h.

- Adobes: confecção dos blocos junto ao galpão de cursos. Assentamento em área próxima.

- Taipa de mão: execução da trama, com participação dos alunos, em área próxima ao galpão de cursos. Barreado no mesmo local.

- Assentamento de restos de poda de árvore (pequenas toras) com argamassa de barro arenoso – técnica conhecida como 'cordwood'.

- Revestimento a base de terra, areia e cal: execução de revestimento sobre paredes de taipa de mão construídas no curso anterior.

- Preparação de tintas de terra à base de goma de polvilho.

8ª. Edição – 22 a 26 de julho de 2009 – 14 alunos – carga horária de 36h.

- Adobes: confecção e assentamento dos blocos na área do galpão de cursos. Exercício livre de assentamento de adobes sobre alicerce improvisado de blocos de concreto. Permitiu que os alunos experimentassem desenhos diferenciados na execução da alvenaria.

- Cob: exercício livre de 'cob', sobre a mesma estrutura utilizada pelo adobe. O exercício foi adaptado para atender anseio dos alunos e teve ótimos resultados.

- Taipa de mão: execução da trama, com participação dos alunos, em área próxima ao galpão de cursos. Barreamento no mesmo local.

- Taipa ensacada: aplicação da técnica na execução de um banco em área próxima ao galpão de cursos.

- Execução de mural em taipa de pilão. Alunos se envolveram muito com a estréia do taipal recém-executado. Foram realizados testes com materiais desmoldantes sugeridos pelos alunos (além de outros materiais já conhecidos pelos professores).

- Preparação e aplicação de tintas de terra à base de cal e tintas de terra à base de goma de polvilho.
- Revestimento à base de terra, areia e cal: Execução de revestimento sobre parede de taipa de mão construída no curso anterior. Integração de informações de aluno¹³ com muita experiência em obras para a execução do revestimento conforme reboco convencional, regularizado e desempenado.

Conforme pôde ser observado no conteúdo apresentado de cada curso, a técnica da taipa de pilão não havia sido incluída no programa até a oitava edição do evento. Mas como nas duas edições anteriores a esta (sexta e sétima) muitos alunos haviam questionado esta falta e também por se tratar de técnica muito tradicional, investiu-se na construção de um primeiro taipal para proporcionar a prática da tecnologia.

Além de incluir conteúdo novo, esporadicamente, a cada curso os professores complementam a informação lecionada com soluções recém-adquiridas em experimentações próprias, ou com outros profissionais, ou em cursos e congressos frequentados pelos mesmos.

Outro ponto interessante é a integração de informações trazidas por alunos, conforme pontuado nas edições 3, 5 e 8. Tratam-se de situações não planejadas, mas que contribuem profundamente não só para aquela edição do curso como também para as subseqüentes.

Fato como estes são mais esporádicos. Entretanto, a participação dos alunos em discussões travadas sobre os materiais de construção disponíveis no mercado, em contraponto aos benefícios das tecnologias de construção com terra, está sempre presente. Tais situações podem ser encaradas como práticas de educação ambiental, pois, dentro de um conteúdo interdisciplinar e contextualizado, ocorre uma reflexão sobre os problemas ambientais causados pela construção civil.

Por fim, vale pontuar que o fim maior da Instituição é a realização de cursos e a divulgação de informações. Apesar de, em diversos momentos, as atividades realizadas pelos alunos terem sido aproveitadas (posteriormente) ou executadas em obras que estavam em andamento na sede do instituto, o intuito nunca era ver obra acabada – conforme acontece em alguns cursos ministrados por outros profissionais. Utiliza-se a obra em andamento pela facilidade da locação do exercício e/ou com o objetivo de contextualizar a execução da técnica.

Alguns eventos se valem da mão de obra de alunos e, apesar de parecer gratificante para alguns, muitas vezes o caráter didático é deixado de lado. Quem perde com isso é o próprio estudante, que investe em aprender e pode acabar pagando para trabalhar.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os cursos de construção com terra estão mais freqüentes. A exemplo do 'Curso de Capacitação em Bioconstrução' do PROECOTUR – MMA/SEDR, o fato de haver um envolvimento governamental no sentido de divulgar tecnologias, que proporcionam impacto ambiental reduzido, leva a crer que novas políticas públicas poderão contribuir para a difusão das técnicas de construção que se apropriam da terra crua como matéria prima.

Apesar da abordagem simplificada do assunto, a publicação "Curso de Bioconstrução", realizada pela mesma instância governamental citada acima, pode colaborar diretamente para que organizações, como a Rede PROTERRA, possam se valer de documentos como este como exemplo de política pública anteriormente estabelecida, podendo desta maneira impulsionar novas e mais complexas abordagens governamentais da arquitetura e construção com terra.

Cursos realizados em entidades públicas, como é o caso daqueles ocorridos na FAUUSP e UFGD, ambos em 2009, podem servir de alavanca para que cada vez mais universidades

públicas venham a difundir a temática. Isso pode acontecer tanto em eventos abertos, como foi o caso destes mencionados, como em eventos internos ou disciplinas de graduação, uma vez que se faz cada vez mais necessário incluir opções de tecnologias de construção para, desta forma, poder haver variações nas fontes de recursos naturais e diminuição no gasto de energia e na emissão de poluentes.

O modelo adotado pela FAUUSP, por proporcionar abordagem mais profunda e, portanto, mais esclarecedora sobre os processos de execução de técnicas de construção com terra, apresenta-se como exemplo para que haja uma capacitação efetiva de mão de obra em construção com terra.

Também os cursos de construção com terra realizados por entidades particulares, apesar de possuírem certo apelo comercial – o que ocorre quando optam por um modelo que se vale mais de conteúdo do que de processo de formação – parecem contribuir de maneira positiva, pois fornecem informações que proporcionam reflexão que contribuem na quebra de preconceitos tão comuns ainda muito atrelados à arquitetura e construção com terra.

No caso do curso do Instituto Tibá, a abordagem de diversas tecnologias dentro de um mesmo curso de curta duração pode comprometer a riqueza de detalhes que são apreendidos pelos participantes. Entretanto, oferece visão sistêmica sobre o conjunto de técnicas de construção com terra apresentado. Tal fato muito contribui para a difusão de tais tecnologias, além de proporcionar ao participante um aumento do repertório de soluções construtivas de impacto ambiental reduzido. Desta maneira o aluno poderá valer-se das novas informações num momento de construção no futuro – no caso de alunos pertencentes a um público mais geral – ou no momento da eleição de técnicas em um projeto ou na realização de uma obra – no caso do público profissionalmente vinculado à construção civil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. SECRETARIA DE EXTRATIVISMO E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL. DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL (2008). Curso de Bioconstrução. Texto elaborado por: Cecília Prompt – Brasília: MMA. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao15012009110921.pdf. Acesso em 15/05/2010.

CARVALHO, A. F. HONÓRIO, L. M. ALMEIDA, M. R. SANTOS, P. C. QUIRINO, P. E. (2007). Cores da Terra – Fazendo tinta com terra. Viçosa: Projeto Cores da Terra; Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa.

MINTO, F. C. N. (2006). O aprendizado da arquitetura com terra crua: uma experiência no canteiro experimental da FAU USP. In: Vº SIACOT – SEMINARIO IBEROAMERICANO DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA, Iº SAACT – SEMINARIO ARGENTINO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA, Mendoza.

NOTAS

(1) Dado coletado em: http://www.tibarose.com/port/tiba_fotosbioarq_1987_2007.htm. Acesso em 15/05/2010

(2) Dado coletado em: <http://www.ecocentro.org/menu.do?acao=ecocentroHistoria#missao>. Acesso em 15/05/2010.

(3) Dado estimado a partir da programação do curso, disponível em: <http://www.ecocentro.org/bioconstruindo/programacao.pdf>. Acesso em 15/05/2010

(4) Programação disponível em: <http://www.ecocentro.org/bioconstruindo/programacao.pdf>. Acesso em 15/05/2010

(5) Informação coletada em: <http://www.ecocentro.org/bioconstruindo/instrutores.html>. Acesso em 15/05/2010

- (6) Permacultura é uma forma sistêmica de pensar e conceber princípios ecológicos que podem ser usados para projetar, criar, gerir e melhorar esforços realizados por indivíduos, famílias e comunidades no sentido de um futuro sustentável.
- (7) Dados coletados em: <http://www.ipemabrasil.org.br/cursos2010.html>. Acesso em 15/05/2010.
- (8) Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável
- (9) Informação coletada em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=140&idConteudo=7734&idMenu=8024>. Acesso em 15/05/2010
- (10) Informações coletadas na oficina de revestimentos ministrada pelo arquiteto Raymundo Rodrigues no evento TerraBrasil 2006. Obtiveram-se ótimos resultados.
- (11) Arq. Fernando de Paula Cardoso – Projeto Cores da Terra – Universidade Federal de Viçosa/MG
- (12) Marcelo Sana – aluno. Técnica adaptada por Fernando Pacheco, da EcoOca, Instituto Capixaba de Permacultura, localizado na área rural do município de Alfredo Chaves/ES
- (13) Senhor Luís Coelho da Silva, mestre de obras.

AUTORA

Bianca dos Santos Joaquim, arquiteta e urbanista pela FAU-USP. Atua como profissional liberal no ramo de projetos, consultoria e capacitação de mão de obra. Ministra a disciplina Construções Rurais do Curso Médio Integrado ao Técnico em Agroecologia do Programa Nacional de Educação na Reforma Agrária (MDA/MST/COTUCA/FEAGRI-UNICAMP) além de cursos de curta duração sobre tecnologias de construção para a sustentabilidade.



EXPERIÊNCIAS DE CAPACITAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE ADOBES E CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO ESTADO DE SÃO PAULO

Obede Borges Faria

Faculdade de Engenharia, UNESP – Universidade Estadual Paulista - campus Bauru; Av. Eng. Luiz E.C. Coube, 14-01
CEP 17033-360, Bauru-SP, (Brasil) Tel +55 14 3103 6112; obede@feb.unesp.br e obede.faria@gmail.com

Palavras-chave: habitação de interesse social; adobe; capacitação de mão-de-obra; sustentabilidade

Resumo

Atualmente, existem cerca de 167 assentamentos rurais no Estado de São Paulo, abrangendo um universo de 10.049 famílias. O recente aumento da ocupação de áreas rurais, no Brasil, gera alívio de pressão por empregos e moradias nas cidades mas, conseqüentemente, esta pressão é transferida para o campo, com a busca (por parte dos assentados) por acesso a financiamentos para sua produção agrícola, habitação e proteção dos recursos naturais. Nesse sentido, a atuação do HABIS (Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo), juntamente com seus parceiros, tem buscado (através de projetos de pesquisa) propor diretrizes de *políticas públicas para habitação de interesse social, saneamento ambiental e produção de alimentos* com transição agroecológica, em assentamentos rurais, em várias regiões do Estado de São Paulo (Brasil), sempre dentro da perspectiva de desenvolvimento local sustentável e desenvolvimento de inovações tecnológicas, para produtos e processos. A estratégia metodológica principal tem sido a da *pesquisa-ação*, com participação mútua de pesquisadores e beneficiários. No presente artigo são apresentados alguns resultados obtidos com a capacitação de mão-de-obra para produção de adobes, em dois projetos de pesquisa aplicada desenvolvidos pelo HABIS, além de um projeto de pesquisa acadêmica desenvolvido pelo autor. No que diz respeito às técnicas de construção com terra, os resultados apontam grandes dificuldades de aceitação, por parte dos assentados desta região brasileira.

1. INTRODUÇÃO

O HABIS, Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade, da EESC/USP (Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo) e UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), com colaboradores de outras instituições, procura enfatizar a integração entre pesquisa, extensão e formação de pessoas em projetos ligados à produção de habitação de interesse social (HIS), utilizando materiais, preferencialmente, renováveis (madeira de plantios florestais e terra) e incorporando processos que envolvam a participação dos diversos agentes de sua cadeia de produção, desde os moradores, órgãos públicos, ONGs, inclusive as instituições de financiamento habitacional; enfatizando a participação das famílias nos processos decisórios, gestão e monitoramento nas várias etapas da produção das moradias, articulando os agentes da cadeia; processos participativos de elaboração e execução de projetos.

Nos anos 80, a população rural caiu em média 0,2% ao ano. Contudo, a migração para os centros urbanos foi se tornando menos atraente e, nos anos 90 a tendência se inverteu: a população rural, retorna ao campo, com possibilidades de encontrar novas fontes de trabalho e renda. Após décadas de reduções sistemáticas, a população rural brasileira voltou a crescer numa estimativa de 0,5% ao ano. Como resultado, em 1992 havia 450 mil pessoas a menos, morando fora do perímetro urbano dos municípios brasileiros do que em 1981. Em 1998, já havia 600 mil pessoas a mais nas áreas rurais do que em 1992. Para atender as demandas crescentes de ocupação no campo, o Governo Federal vem promovendo projetos de assentamentos rurais e desenvolvendo ações de regularização das terras devolutas estaduais e federais, constituindo uma política fundiária nacional.

Bergamasco e Norder (1996) definem o termo assentamento rural como: “...a criação de novas unidades de produção agrícola, por meio de políticas governamentais visando o reordenamento do uso da terra, em benefício de trabalhadores rurais sem terra ou com pouca terra. Como o seu significado remete à fixação do trabalhador na agricultura, envolve também a disponibilidade de condições adequadas para o uso da terra e o incentivo à organização social e à vida comunitária.”

No Brasil existem, atualmente, em torno de 400.000 famílias assentadas, distribuídas em 1.500 núcleos. No Estado de São Paulo, em 2006 havia 167 assentamentos rurais, divididos em dezesseis coordenações regionais, abrangendo um universo de 10.049 famílias (ITESP, 2006). Neste contexto, os alívios de pressão por empregos e moradias nas cidades são transferidos para o campo, onde os assentados buscam o acesso a financiamentos de sua produção, moradia e proteção dos recursos naturais. Os resultados alcançados pelos assentamentos indicam a importância dos investimentos realizados para a viabilização dessas comunidades de novos agricultores. Contudo, algumas questões merecem ser examinadas do ponto de vista da realidade social, tais como: precariedade das habitações, ausência de infra-estruturas (energia elétrica, comunicação e sistema viário), condições precárias na área de saneamento ambiental (abastecimento de água, águas residuárias, águas pluviais e resíduos sólidos e líquidos), cultivo dependente de insumos (pacotes tecnológicos para o plantio – sementes e defensivos).

Na perspectiva do aumento das condições de permanência e melhoria da qualidade de vida destas famílias no campo, os desafios se tornam mais complexos, principalmente considerando-se novas formas de transferência de conhecimento (pesquisa-ação), com participação dos agricultores familiares e de outros atores, na formulação e implementação de políticas públicas, integrando as políticas para moradias, para saneamento ambiental e para a produção e comercialização de alimentos, ampliando as oportunidades de geração de trabalho e renda e a fixação das famílias nas áreas de assentamentos, na perspectiva do desenvolvimento local sustentável.

Com relação à política habitacional, pode-se destacar que o déficit habitacional no Brasil é de 6,6 milhões de unidades, sendo que para as áreas rurais este déficit esteja em torno de 1,2 milhões, o que representa 18,2% do montante nacional. A Fundação João Pinheiro utiliza o conceito de déficit habitacional como sendo a necessidade de novas moradias, seja por reposição, por incremento habitacional, co-habitação ou domicílios com ônus excessivo de aluguel (Fundação João Pinheiro, 2002).

Com relação aos programas habitacionais, a maioria desta população não possui acesso ou as instituições não possuem capacidade para atender toda a demanda. Como exemplo, entre os anos de 1994 e 1997, foi concebido um Projeto de Moradia Popular Rural para o Estado de São Paulo, sendo o ITESP (Instituto de Terras do Estado de São Paulo), órgão responsável pela regularização fundiária, o agente promotor de moradias rurais. Esta instituição foi responsável pela aquisição e fornecimento de um “kit” de materiais para construção de casas, repassado às organizações dos assentados, mediante assinatura de termo de compromisso de ressarcimento, a responsabilidade de construção em regime de mutirão ou autoconstrução. Devido à baixa capacidade operacional, o ITESP, em função da alta demanda, não teve condições de levar adiante tal programa.

Outro exemplo é o Programa de Subsídio a Habitação de Interesse Social Rural (PSH- Rural), do Ministério das Cidades (operacionalizado pela Caixa Econômica Federal – CEF) e INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), no qual, em seu primeiro edital (janeiro de 2004) procurou viabilizar a construção de 1.200 unidades habitacionais rurais no Brasil, com subsídio de R\$ 4.500 e financiamentos de até R\$ 3.000,00 por família. Ainda, para as áreas rurais, os agricultores familiares podem contar com o Prolar- Rural, um programa da CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo) que, em parceria com o INCRA ou ITESP, financiam até aproximadamente R\$ 9.400,00 para pagamento em até 25 anos, habitações de aproximadamente 42 m².

A busca para uma habitação digna para famílias em assentamentos rurais deve estar baseada no desenvolvimento rural sustentável, no qual haja uma procura por melhoria da qualidade de vida no meio, envolvendo todas as atividades relacionadas com a vida no campo como, por exemplo, “*recursos produtivos, tecnológicos, comerciais, de transporte, de habitação, infraestrutura e equipamentos comunitários*” (Peres, 2003). O modo de produção de habitação social rural que mais se encontra atualmente no Brasil, é a autoconstrução, definida por Taschner (1986) como sendo a que o próprio usuário, seus familiares ou agregados, com ou sem empreitadas parciais, concebem, constroem, utilizam e mantêm espontaneamente a unidade isolada, sem a participação de técnicos habilitados.

Em uma rápida observação, em assentamentos rurais, percebem-se dois momentos de construção de moradias. O primeiro momento é após a regularização da terra, quando cada família assentada inicia a ocupação do seu lote. Neste momento, as famílias moram em “barracos”, feitos de *papelit* (material de embalagens *tetra-pak*, compradas em forma de rolo, que são utilizados como elementos de vedação – chapas), costaneiro (casca da árvore de *pinus* retirada na fase inicial de desdobro) ou mesmo com madeira, no sistema “tábua mata-junta”, com baixo conhecimento técnico sobre a utilização do material, tendo a habitação sérios problemas construtivos, de conforto e de durabilidade.

Num segundo momento, após o início do plantio e geração de renda, as famílias lutam por uma moradia com mais segurança estrutural, estanqueidade e com capacidade de comportar toda a família. Geralmente, iniciam a construção de forma autônoma e as habitações são construídas pelos próprios moradores (autoconstrução), utilizando materiais construtivos mais acessíveis quanto à facilidade de aquisição, transporte e custo, reproduzindo os estilos arquitetônicos e técnicas construtivas da cidade como, por exemplo, o sistema tradicional de construção na periferia das cidades (blocos de concreto, ou tijolos cerâmicos alveolares e laje de concreto).

No presente artigo, são apresentados resumos de três projetos de pesquisa. Dois desenvolvidos pelo HABIS (do qual este autor é colaborador) em assentamentos rurais do Estado de São Paulo, e um desenvolvido pelo autor no Campus da UNESP-Bauru.

2. PROJETO INOVARURAL

Os materiais utilizados para construção de moradias em assentamentos rurais podem ser estudados sobre a ótica das múltiplas dimensões da sustentabilidade, que segundo Silva (2000) podem ser: ambiental, política, econômica, social e cultural. A utilização de alguns materiais tende a aumentar a sustentabilidade destas construções, se comparados a materiais de construção convencionais, ou mais utilizados para habitações no Brasil, como o tijolo cerâmico, o concreto e o aço. São exemplos de materiais que tendem a aumentar a sustentabilidade: a madeira de florestas plantadas, o bambu, a terra, as palhas e materiais reciclados ou reaproveitados. Um material citado na literatura, que apresenta baixo ou praticamente nulo consumo de energia para a sua produção e é um excelente isolante térmico e acústico, é o **adobe** (tijolo de terra, seco ao sol, sem passar pelo processo de queima), principalmente quando comparado com o cimento e o aço. Segundo Faria (2002), este material apresenta vantagens como: 1) facilidade de produção, possibilitando uma rápida capacitação da mão de obra; 2) baixo consumo energético; 3) baixo custo de produção, aumentando as chances de acesso pela população de baixa renda; 4) utilização de recursos renováveis, abundantes e locais; e 5) participação dos futuros moradores na produção do material da habitação, criando uma identificação das pessoas com a construção e melhorando sua auto-estima.

A proposta de utilização deste material, numa habitação de interesse social rural, foi apresentada levando-se em consideração a disponibilidade das matérias-primas (terra, palha e água) numa área rural, onde estes recursos são abundantes; a possibilidade de transferência de conhecimento para a produção de adobe, num tempo compatível com as condições e limites locais; e, a necessidade de viabilizar uma habitação com custo aproximado de R\$ 4.500,00, valor de subsídio disponível pelo PSH-Rural em dezembro de

2003.

A etapa da pesquisa, aqui descrita, teve como objetivo realizar uma análise do processo de construção de uma habitação de interesse social, com sistema estrutural de vedação em adobe, realizada no Assentamento Rural “Fazenda Pirituba”, próximo à cidade de Itapeva, sudoeste do Estado de São Paulo – Brasil (uma região com baixos índices de indicadores sócio-econômicos) e apresentar informações sobre o sistema construtivo, tais como: processo de produção do adobe, processo de elevação das paredes, patologias e soluções adotadas, detalhes construtivos, interfaces com elementos de vedação, cobertura, instalações elétricas e hidráulicas. Este trabalho fez parte do Projeto “**INNOVARURAL – Habitação rural com inovação no processo, gestão e produto: participação, geração de renda e sistemas construtivos com recursos locais e renováveis**” (contemplado pela Chamada Pública MCT/FINEP/FUNDO VERDE-AMARELO 01/2003).

2.1. Método de pesquisa, objeto de estudo e coleta de dados

Esta pesquisa foi realizada a partir de estudo de caso único, definido por Yin (2001) como uma investigação empírica, sobre um fenômeno contemporâneo, dentro de um contexto da vida real, onde o fenômeno estudado e o contexto não possuem limites definidos. O autor ainda coloca que para um estudo de caso com qualidade, a coleta de evidências (inicialmente colocada como coleta de dados) deve seguir o uso de duas ou mais fontes de evidências, possuir um banco de dados com informações formais de evidências distintas e conclusões elaboradas, além de uma ligação explícita entre as questões levantadas, os dados coletados e as conclusões.

Para tal coleta, o autor apresenta uma lista de seis possíveis fontes de evidências, sendo elas: a documentação, os registros em arquivos, entrevistas, observações diretas e observações participantes, as quais foram utilizadas na presente pesquisa. A pesquisa, aqui apresentada, foi desenvolvida com base no método da pesquisa-ação (Thiollent, 1996), na qual os pesquisadores e a população interagem na busca de solução para um problema, possibilitando nesta interação que perguntas e respostas destes diálogos e ações gerem, ora evidências das perguntas de pesquisa, ora novas perguntas. A coleta de dados foi realizada nos diversos momentos da construção de uma habitação com adobe, onde também foram construídas mais 41 unidades habitacionais, com tijolos cerâmicos alveolares. O programa de necessidades da habitação em adobe definiu uma planta com três quartos, uma sala, uma cozinha, um banheiro e uma varanda, com área construída de 64m² e área coberta de 106m². O projeto foi todo desenvolvido com ampla participação das famílias, em todas as etapas.

Esta habitação, com paredes estruturais de adobe, teve custo total (excluída a mão-de-obra) de R\$ 6.224,17, dos quais 70% financiados pelo PSH-Rural e 30% financiados pelo INCRA. As 42 habitações deste projeto foram construídas em regime de mutirão.

2.2. O sistema construtivo com adobe

O sistema construtivo com parede portante de adobe pode ser dividido em sub-sistemas para uma melhor compreensão. O sub-sistema de fundação da habitação foi executado em sapata corrida, com blocos de concreto, armados e preenchidos com concreto. A ligação entre a fundação e a parede estrutural foi feita apenas por apoio direto da parede sobre a fundação. Para o sub-sistema de vedação estrutural foi utilizado o adobe, estabilizado com biomassa vegetal (palha de arroz), com junta amarrada e com dimensões de 10 cm x 28 cm x 14 cm. O sub-sistema de cobertura proposto para a habitação é formado por vigas, compostas de três camadas de peças de madeira da espécie *Pinus* sp., pregadas e colocadas na direção horizontal, espaçadas de acordo com as dimensões das telhas cerâmicas (cerca de 40 cm), este sub-sistema de cobertura foi denominado VLP – Viga Laminada Pregada. A ligação entre a cobertura e o adobe é realizado através de uma peça de transição (berço) em madeira, fixado no adobe com pinos metálicos.

2.3. Oficinas de capacitação e a produção dos adobes

O adobe foi produzido pela família proprietária da casa, após a realização de duas oficinas, uma demonstrativa e outra de capacitação, dirigidas a todos os habitantes do assentamento. A seqüência de produção está apresentada na figura 1. A quantidade de adobes necessária para a habitação da figura 1 é de 5.000 unidades, utilizando para esta produção aproximadamente 25 m³ de solo não compactado, 612 kg de palha, duas fôrmas de madeira (para 6 adobes cada), além de ferramentas diversas. Para esta produção, a família contou com dois homens, e duas mulheres (adolescentes), gastando 23 dias trabalhados para produzir todos os adobes necessários. Na figura 2 são ilustradas as etapas desta produção.

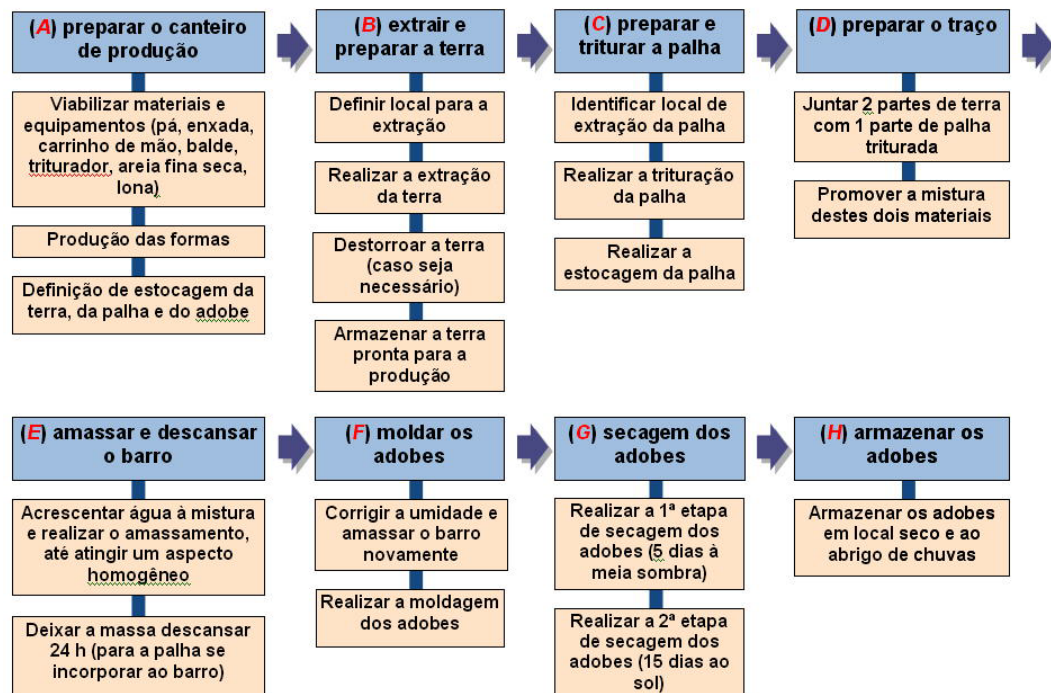


Figura 1. Esquema da seqüência de produção do adobe



Figura 2. Imagens da seqüência de produção dos adobes, observando-se no destaque a precariedade da situação habitacional da família, anterior à construção da nova casa

Durante todo o processo de produção dos adobes, foram levantadas, discutidas e registradas as dificuldades encontradas. Os problemas foram solucionados, sempre como

produto do diálogo e reflexão entre assentados e pesquisadores. De uma forma geral, a maior parte destas dificuldades foi decorrente da precariedade das condições das instalações disponíveis no assentamento, assim como da falta de referências anteriores, por parte dos assentados. Para o controle de qualidade do material, foi adotada a metodologia proposta por Faria (2002), tanto para a amostragem como para os ensaios de caracterização física e mecânica dos adobes, e os ensaios foram realizados nos laboratórios da Faculdade de Engenharia, da UNESP-Bauru.

2.4. A construção da habitação

Após a execução da fundação e do contrapiso da habitação, foram realizadas as seguintes etapas para a elevação das paredes, ilustradas na figura 3: **a)** Limpeza dos baldrame da fundação para realização da 1ª fiada; **b)** Execução de argamassa de solo e palha (o mesmo que foi utilizado na produção do adobe); **c)** Execução dos cantos no nível e esquadro; **d)** Execução da 1ª fiada levando-se em consideração as aberturas de portas; **e)** Execução das fiadas seguintes com junta amarrada e ferro cabelo (4,2mm) nos cantos, para travamento das fiadas; e, **f)** Execução de impermeabilização na parede nos primeiros 0,30 m internos e externos. Nesta etapa, também foram levantadas, discutidas e registradas as dificuldades encontradas. Os problemas também foram solucionados de forma coletiva. Ao final de todo o processo, foi elaborada uma cartilha, denominada “Caderno Amarelo”, que se encontra publicada como referência para novos projetos.



Figura 3. Fotos da seqüência de elevação da casa de adobe

Deve-se salientar que a realização deste trabalho, aparentemente simples e pouco inovador, foi uma grande conquista para todos os atores envolvidos no processo (pesquisadores, população local e agentes financeiros), considerando-se a realidade local, ou seja, não existe tradição de uso da terra, como material de construção, nesta região brasileira; existe um forte anseio desta população por “casas de material” (como eles denominam as casas construídas com materiais convencionais, como o concreto e os cerâmicos), e os órgãos governamentais de financiamento da habitação são muito restritivos, quanto a materiais ditos “alternativos”.

3. PROJETO FAPESP 2004-2007

Em continuação à pesquisa da tese doutoral do autor (Faria, 2002), foi desenvolvido um projeto de pesquisa intitulado “Utilização de macrófitas aquáticas e sedimento do Reservatório de Salto Grande (Americana-SP) na produção de adobe, visando seu aproveitamento na construção de habitações de interesse social” (financiado pela FAPESP

– Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), que propôs a produção de adobe com a utilização de biomassa de macrófitas aquáticas (predominantemente da espécie *Eicchornia crassipes*) e sedimento do reservatório de Salto Grande (Americana–SP). Os objetivos principais foram a contribuição com a solução dos problemas ambientais, decorrentes do avançado estágio de eutrofização do reservatório, além da produção de habitações de interesse social, com material de construção ecológico, sustentável e adequado à autoprodução e autoconstrução, buscando atender às premissas de uma arquitetura mais sustentável. Neste projeto de pesquisa, além do estudo de caracterização destes adobes, foram construídos 3 protótipos de habitação de interesse social (HIS), variando-se o material de vedação, para estudo comparativo do desempenho térmico destes materiais. O primeiro com blocos de concreto (HIS-C), o segundo com tijolos cerâmicos alveolares (HIS-B) e o terceiro, com adobes (HIS-A) (figura 4).



Figura 4. Panorâmica dos três protótipos de habitação de interesse social, com o HIS-A em fase de acabamento, ao centro

A produção dos adobes para a construção do protótipo HIS-A (cerca de 3.500 adobes), envolveu as seguintes etapas: **a)** transporte do solo entre o depósito e o destorroador (distância de 60m); **b)** destorroamento do solo; **c)** transporte do solo destorroado até o canteiro de produção (distância de 40m); **d)** amassamento do barro (adicionando macrófita seca e triturada); **e)** descanso do barro (de um dia para o outro); **f)** moldagem dos adobes; **g)** secagem dos adobes; e **h)** armazenamento. Observa-se que, no presente trabalho, foi utilizada a biomassa de macrófita aquática já seca e triturada, por ocasião da realização do trabalho de Faria *et al* (2006). Algumas imagens destas etapas podem ser observadas na figura 5.

Como não havia mão-de-obra especializada na produção de adobes na região de Bauru, fez-se necessária a capacitação de dois operários (ajudantes de pedreiro). Durante esta capacitação, constatou-se a grande dificuldade de moldagem/ desmoldagem dos adobes, em função do alto teor de argila presente no solo, o que acarretaria em grande prejuízo para a produtividade. Para solucionar este problema, decidiu-se pela estabilização granulométrica do solo, acrescentando-se solo de Bauru (com 17% de argila, 3% de silte e 80% de areia) no traço 1:1 (50% solo Bauru e 50% solo Americana), o que resultou em uma terra com cerca de 40% de argila, 11% de silte e 49% de areia, que ainda justificou a adição da macrófita aquática.

Por solicitação dos adobeiros, e para manter seu nível de satisfação com o trabalho, a fôrma sem fundo para 6 adobes, proposta inicialmente, foi substituída por fôrmas individuais, com fundo (figura 5, e-f), mantendo-se as dimensões dos adobes (29 cm x 14 cm x 12 cm). Desta maneira, cada um produzia seus adobes individualmente e não havia a necessidade de transporte do barro entre a masseira e o terreiro, o barro era transportado já dentro da forma (trabalho mais leve).

Considerando-se todas estas variáveis, em 38 dias os adobeiros produziram 3.615 adobes, a um custo total de R\$ 1.920,00, resultando numa produtividade de 48 adobes/dia/homem, ao custo unitário de R\$ 0,53/adobe. No interior do estado do Piauí¹, um casal consegue produzir de cerca de 250 adobes por dia (produtividade de 125 adobes/dia/pessoa), para consumo próprio (sem levantamento de custos). Na zona rural da cidade de Tiradentes, no estado de Minas Gerais, para consumo próprio ou pequena comercialização entre os vizinhos, os adobeiros informam que conseguem produzir cerca de 300 adobes por dia (produtividade de 150 adobes/dia/pessoa), amassando o barro em uma pipa (movida a

tração animal) e moldando os adobes em formas individuais. Estes adobes são comercializados por cerca de R\$ 300,00 o milheiro (ou, R\$ 0,30/adobe)². Considerando-se as diferenças culturais e sócio-econômicas entre Bauru e Tiradentes, a diferença entre os custos do produto nestas duas regiões pode ser minimizada, ainda mais se levar em conta o fato de que na primeira, a capacitação da mão-de-obra foi incluída no custo da unidade de adobe.



Figura 5 – Etapas da produção dos adobes: transporte do solo, entre o depósito e o local de destorroamento (a); destorroador mecânico de solos (b); mistura do solo com biomassa triturada (c); amassamento do barro com os pés (d); moldagem em forma, sem fundo, para 6 adobes (e); moldagem em forma individual, com fundo (f, g, h); e, etapa de secagem dos adobes (i).

Assim como nos demais projetos descritos no presente trabalho, neste projeto também foi necessária uma etapa de capacitação da mão-de-obra para a construção da habitação.

4. PROJETO SEPÉ-TIARAJÚ

O Assentamento Rural Sepé-Tiarajú, localizado no município de Serra Azul (região nordeste do Estado de São Paulo, próximo à cidade de Ribeirão Preto), é fruto da luta pela reforma agrária, composto por 80 famílias com renda de até um salário mínimo e que, de posse da terra, buscavam melhorias das suas condições de vida, trabalhando na construção de suas casas e produzindo alimento dentro de um sistema produtivo sustentável, com o mínimo de impacto ambiental. A comunidade é formada por quatro núcleos, com cerca de vinte famílias, denominados: “Dandara”, “Chico Mendes”, “Paulo Freire” e “Zumbi”. Os recursos para construção das casas foram subsidiados pela CEF, dentro do Programa de Desenvolvimento Sustentável (PDS), com recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) e financiado pelo INCRA. Para o trabalho de construção das casas, 77 famílias se organizaram em doze brigadas de trabalho, compostas por cerca de seis

membros e registraram os procedimentos em um regimento de obra. Também foram criadas comissões para atividades específicas como compra de materiais, recebimento de materiais e controle financeiro, que nem sempre funcionaram como o previsto.

Em fevereiro de 2007 foi assinado o Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta (TAC), entre o Ministério Público, Promotores de Justiça do Meio Ambiente e de Conflitos Fundiários, o INCRA e os beneficiários-concessionários (assentados). O TAC é um instrumento que estabelece regras de proteção ambiental, de produção agro-ecológica, de educação sócio-ambiental da comunidade dos assentados da reforma agrária, aumentando as possibilidades de implementação de tecnologias mais sustentáveis para habitação e infraestruturas de saneamento ambiental, conforme pode ser observado em INCRA (2008).

Neste contexto, o HABIS apresentou a proposta de projeto de pesquisa intitulado **“Proposição de Diretrizes para Políticas Públicas Integradas para Habitação Social, Saneamento Ambiental e Produção de alimentos com transição agroecológica em Assentamentos Rurais. Caso: Região nordeste do estado de São Paulo”**, ou simplesmente **Projeto Sepé-Tiarajú**. Foi adotada a mesma estratégia metodológica do Projeto INOVARURAL, ou seja, da pesquisa-ação (Thiollent, 2000), enriquecida com a experiência acumulada com a execução do primeiro projeto.

4.1. Oficina de capacitação para produção de adobe

Nos dias 31 de julho e 1 de agosto de 2006 foram realizadas as primeiras oficinas de demonstração da técnica de produção de adobes, com capacitação de mão-de-obra. Houve uma grande adesão dos assentados do “Grupo Alternativo” (figura 6) e ao final do segundo dia foi feita uma avaliação da experiência, com duas conclusões preliminares dos participantes:

a) É muito fácil fazer adobes, mas muito cansativo e não rende muito; e, **b)** A etapa mais trabalhosa e demorada é a do amassamento do barro. Sobre a primeira conclusão, uma das assentadas, a Senhora Arlinda, fez a seguinte observação, bastante otimista: *“... é preciso persistência e definição de metas possíveis. A cada dia a gente faz um pouco de adobes e uma hora a gente terá os adobes necessários à construção de nossa casa...”*.

Sobre a segunda conclusão, os assentados questionaram os pesquisadores sobre a possibilidade de algum nível de mecanização do processo de amassamento do barro. Foram apresentadas as várias alternativas possíveis, mas, considerando-se a ausência de energia elétrica no assentamento, a única viável seria a construção de uma pipa, movida a tração animal (figura 7).

Esta alternativa foi viabilizada, com o projeto e construção de uma pipa de chapa metálica, com eixo e facas também metálicos, e travessão de madeira roliça de eucalipto. Surgiu um outro problema operacional, em função do único animal de que os assentados dispunham ser um burrico, sabidamente inadequado a este tipo de serviço, que requer um animal mais pesado e dócil como, por exemplo, um boi adulto. No entanto, apesar de alguns contratemplos, o equipamento foi utilizado para o amassamento do barro necessário à produção dos adobes.





Figura 6. Algumas imagens da oficina de capacitação na produção de adobes



Figura 7. Pipa em funcionamento e barracão para secagem e armazenamento dos adobes

4.2. O processo de construção das casas do “Grupo Alternativo”

O projeto arquitetônico das casas para as 77 famílias resultou de uma discussão coletiva, na qual foi definido o programa de necessidades, oito diferentes possibilidades de projetos de arquitetura e uso de diferentes materiais, tendo como critérios a durabilidade, a estética, o conforto térmico, a facilidade construtiva, o recurso financeiro disponível, a disponibilidade de recursos naturais da região e os impactos ambientais causados por estes. Inicialmente, dois sistemas construtivos foram escolhidos para as 77 famílias: a alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e a **construção autoportante de adobe**. Desse total, 11 famílias optaram pelo adobe; e esse grupo se autodenominou de **Grupo Alternativo**. Problemas de ordem técnica (figura 8) e conflitos internos levaram a uma nova alternativa construtiva e, do grupo dos 11, 8 famílias optaram pela proposta de sistema estrutural pilar-viga com madeira roliça e serrada, apresentada pela assessoria técnica e mostrada na figura 9. Neste caso, alguns optaram pela vedação ainda em adobe, enquanto outros optaram pela vedação em tijolos cerâmicos.

Os problemas técnicos citados no parágrafo anterior, resumidamente se tratam de um desastre ocorrido com uma casa que estava sendo construída inicialmente com paredes portantes de adobe. Os assentados, muito entusiasmados com a facilidade de construir com adobes, resolveram levantar a casa rapidamente, em uma época inadequada (de muitas chuvas), contrariando as recomendações dos pesquisadores. Com a ocorrência de uma chuva torrencial, uma dessas casas ruiu, como mostrado na figura 8. O saldo positivo foi que, mesmo assim, os assentados não desistiram do adobe, apenas decidiram fazer a estrutura com madeira, para poderem trabalhar ao abrigo das chuvas.



Figura 8 – Etapas de construção da casa com paredes autoportantes de adobe e do desmoronamento de uma delas (acervo HABIS).



Figura 9 – Algumas etapas de execução do sistema estrutural pilar-viga de eucalipto roliço (acervo HABIS).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da dificuldade de aceitação da arquitetura e construção com terra no Estado de São Paulo, devida, entre outros fatores, talvez ao fato de ter sido perdida a tradição e as referências a este tipo de material, além deste ser um dos estados tecnologicamente mais desenvolvidos do país, pode-se dizer que o saldo das três experiências descritas foi positivo. No projeto INOVARURAL, por exemplo, foram gerados vários produtos, tais como: cartilhas, vídeos educativos (com a formação de um grupo de jovens cinegrafistas no assentamento) e uma marcenaria dirigida por mulheres (com todos os funcionários também mulheres) e que está gerando renda com a comercialização de sua produção na região. Quanto ao Projeto Sepé-Tiarajú, apesar de todos os contratemplos, o saldo foi positivo, resultando em grande aprendizado para todos os envolvidos (pesquisadores e assentados).

Com relação ao Projeto FAPESP, pode-se confirmar o fato de que, em termos estritamente financeiros, a construção com terra não é a opção mais barata, principalmente em áreas urbanas e regiões nas quais não existe tradição de uso deste material. Haja vista que os adobes custaram R\$530,00 o milheiro, contra R\$110,00 do milheiro de tijolos cerâmicos alveolares. Portanto, o grande apelo deve ser o ambiental; o que deve ser enfatizado são os benefícios ao meio ambiente (incluindo o ambiente construído), trazidos pela arquitetura e construção com terra, tais como, redução do consumo de energia, redução do consumo de


cimento e conforto térmico. Fica evidenciado que com pequenos cuidados e adaptações dos materiais e técnicas convencionais, é possível e viável a produção de uma arquitetura e construção mais sustentáveis; inclusive do ponto de vista social.

A experiência vivida com esta pesquisa reforça a idéia de que, principalmente nos programas de capacitação de mão-de-obra e transferência de tecnologia para a construção com terra, é necessário o cuidado constante com a qualidade do produto, não apenas a preocupação com a produtividade e os custos. Notou-se que os operários logo se descuidaram da qualidade, porque aparentemente é muito fácil fazer adobes, eles aprenderam muito rapidamente a técnica.

O preconceito contra a arquitetura e construção com terra, no Brasil, encontra-se tão arraigado que muitas vezes acaba por transparecer em mensagens subliminares, tais como a apresentada em uma cartilha produzida pela CEF (CEF, 2008) e reproduzida na figura 10, na qual entende-se que a casa de terra mostrada na imagem não é a “casa dos sonhos” do agricultor. Fica a pergunta: *Por quê não fomentar programas de capacitação de mão-de-obra, visando a produção de habitações de qualidade, com as técnicas já assimiladas pela população local?* No caso, o pau-a-pique.

*“A gente sempre tentou mostrar que se acreditar,
as coisas podem acontecer”.*

Josci Moreira de Oliveira, agricultor familiar assentado da reforma agrária
no assentamento Segredo Raschuelo, Bahia.



*“... Agora, tanto neste assentamento, quanto no assentamento do Cachá onde meu pai é assentado, graças a Deus **agora vai ser construída a casa que há muitos anos vem sendo sonhada.** Para mim a casa vem tanto para realizar o sonho que cada agricultor tem e que também é meu, quanto para mostrar para todos a importância e o poder de organização. A casa para mim é o principal alimento para continuar meu trabalho. Isso irá abrir novos horizontes, principalmente porque as pessoas começam a perceber que o sonho que parecia impossível está prestes a se tornar realidade”.*

Figura 10 – Mensagem subliminar e negativa, contra a casa de terra (CEF, 2008, p.24-25).

BIBLIOGRAFIA

ALEXANDRIA, S. S. S. de. A construção de terra no Piauí: investigação, caracterização e recomendações técnicas. Teresina, 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Núcleo de Referência em Ciências Ambientais do Trópico Ecotonal do Nordeste, Universidade Federal do Piauí. p.59.

BERGAMASCO, S.; NORDER, L. *O que são Assentamentos Rurais*. Coleção Primeiros Passos. São Paulo: Editora Brasiliense, 1996.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CEF. Habitação rural: conheça os caminhos. A Caixa e a habitação rural, caderno 1. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br>>; acesso em: 06/10/2008.

FARIA, O. B. Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso na represa de Salto Grande (Americana-SP). São Carlos, 2002. Tese (Doutorado), Programa de Doutorado do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada CRHEA, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

FARIA, O. B.; GARCIA, A. R.; FALAVIGNA, J. P. T. Otimização do uso de biomassa de *Eichhornia*

crassipes e sedimento do reservatório de Salto Grande (Americana-SP) na produção de adobe. In: TerraBrasil 2006 – SEMINÁRIO ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL, 1., SEMINÁRIO ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL, 4., 2006, Ouro Preto. Anais... Vila Nova de Cerveira (Portugal): Escola Superior Galaecia / PROTERRA-CYTED, 2006. 1 CD-ROM, p.1-13.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Déficit habitacional no Brasil 2000. *Informativo CEI*. Belo Horizonte: FJP, 2002. (Site da FJP: <http://www.fjp.gov.br>).

INSTITUTO DE TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – ITESP. Disponível em <<http://www.itesp.sp.gov.br>>, acesso em 20/03/2006.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. Notícias INCRA 08/02/2007. Disponível em:<<http://www.incra.org.br>>. Acesso em 23 fev 2008.

PERES, R. B. Habitação rural: discussão e diretrizes para políticas públicas, planejamento e programas habitacionais rurais. São Carlos, 2003. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SILVA, S. M. Indicadores de sustentabilidade urbana: as perspectivas e as limitações da operacionalização de um referencial sustentável. São Carlos, 2000. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de São Carlos.

TASCHNER, S. P. *A cidade dos "sem-terra"*. Sinopses, n. 9, p. 267 a 304, 1986.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortez, 1986.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.

NOTAS

(1) Informação obtida pelo autor, no município de Cristino Castro – PI, em junho 2004, região na qual os adobes são moldados em fôrmas duplas, sem fundo, com dimensões de 26 cm x 13 cm x 6,5 cm (comprimento, largura e altura), conforme descrito por Alexandria (2005).

(2) Informações obtidas pelo autor, em conversas informais junto a adobeiros da zona rural, entre Tiradentes e Vitoriano Veloso, em Minas Gerais, no mês de setembro de 2006. Os adobes têm dimensões de 28 cm x 13,5 cm x 13 cm.

Curriculum

Obede Borges Faria, Engenheiro Civil; Mestre em Arquitetura – Tecnologia do Ambiente Construído; Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental; professor e chefe do Departamento de Engenharia Civil / FEB/UNESP-Bauru; membro da Rede PROTERRA; membro da ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído; membro do Conselho Municipal de Habitação de Bauru-SP.



LA VALORACIÓN DEL PATRIMONIO CONSTRUCTIVO TRADICIONAL. UNA EXPERIENCIA EDUCATIVA EN LA REGIÓN DE SOUSS-MASSA DRAÂ, MARRUECOS

Isolina Díaz Ramos¹

(1) Departamento de Construcción Arquitectónica, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. +34 616 665000, isolinaki@gmail.com

Palabras clave: valorar, educar, conservar, transferir, cooperar

Resumen

La Conferencia Mundial de Políticas Culturales de la UNESCO desarrollada en México en el año 1982, define el término Cultura como un *conjunto de rasgos distintivos, espirituales y materiales, intelectuales y afectivos que caracterizan a una sociedad o a un grupo social*.

En el mundo globalizado en que vivimos, los estados nacionales se entremezclan con los agentes transnacionales, infringiendo las fronteras de los territorios con el avance de las comunicaciones, llegando a generar influencias negativas en el desarrollo de la identidad y las culturas locales.

Esto es apreciable en el paulatino abandono de técnicas constructivas tradicionales, por la adopción de nuevas tecnologías y materiales que poco o nada tienen que ver con la cultura propia del lugar.

Para combatir esta decadencia cultural, es importante que desde cada región se valore y se retransmitan sus propias tradiciones, así como la adaptación a las mejoras que la propia ciencia puede aportar en el desarrollo de técnicas edificatorias antiguas.

Se hace necesario por todo esto, la capacitación de profesionales en la valoración, uso y manejo de la técnica constructiva tradicional, así como en el mantenimiento y conservación de las estructuras arquitectónicas en adobe.

La valoración del patrimonio por parte de los individuos que conforman cada región, y la creación de identidades propias alrededor de él, es la solución para mantener y perpetuar el acervo cultural de cada pueblo, por lo que la educación es el paso previo y fundamental para prolongar el uso de los materiales y técnicas edificatorias tradicionales.

1. INTRODUCCIÓN

Las construcciones de barro en la región de Souss-Massa Draâ, al sur de Marruecos, son testimonio de una tradición milenaria.

Este tipo de arquitectura surge a partir del modelado de los materiales naturales que el hombre encuentra en su medio –tierra cruda-, y de la observación del paisaje, integrando la construcción en un diálogo con el entorno.

Para promover la pervivencia y el mantenimiento del patrimonio constructivo en tierra, es imprescindible su valoración. Esto se debe producir más allá de las políticas culturales que pueden fomentar los gobiernos de cada país; siendo la comunidad quien debe reconocer los valores propios de su cultura.

En el siguiente artículo serán expuestas las conclusiones obtenidas tras la ejecución de un curso de capacitación en torno a la técnica constructiva tradicional del adobe, realizado en el Ksar de Aït Ben Haddou, y una serie de reflexiones en torno a los valores y su pérdida en el patrimonio constructivo vernáculo.

2. EL TÉRMINO VALOR

La palabra *valor* contiene varios significados, uno de ellos es el económico: algo que es valioso o estimable referido al precio de un producto, poseyendo un significado monetario. Este término está vinculado a conceptos de elección y prioridad: se prefiere algo porque posee valor. Según Díaz Cabeza:

La estética, en su aprehensión de la realidad, no nos conduce sólo al aspecto gnoseológico de la esencia de lo bello, a la verdad artística, podemos aplicarla también al valor del patrimonio mueble e inmueble que no siempre tiene contenida sí la obra de arte (valor artístico). Observémoslo también desde el sentido amplio de la integración de la obra del hombre insertada en la naturaleza y, en la sociedad que representa la Categoría de Paisaje Cultural, instituida por la UNESCO (Díaz Cabeza, 2009, s.n.).

El instante en que el individuo reconoce un bien cultural en su conciencia como parte de su memoria histórica, entendiéndolo como una síntesis de manifestaciones culturales, relaciones sociales y personales del mundo que le rodea, está desempeñando una labor de valoración a través de la que se inserta en su propia sociedad, aceptando su herencia.

En este momento puede enriquecerla, adoptando otros aspectos de otras culturas, manteniendo siempre la esencia de la propia. El individuo aprehende así su propia realidad y es capaz de modificarla a través de acciones conscientes.

2.1. Actividad humana de valoración

El ser social o sujeto se haya incluido en una sociedad dentro de un tiempo –época-, y en un territorio concreto –espacio-. En este entorno, necesita y crea objetos para su uso.

Al pasar el tiempo, con otro nuevo grupo generacional, estos objetos pueden continuar siendo valorados en otro contexto social y cultural, siendo reconocidos como su propia cultura y herencia, pasando a ser un modelo espiritual y tangible, transformándose el objeto en un bien cultural (figura 1).

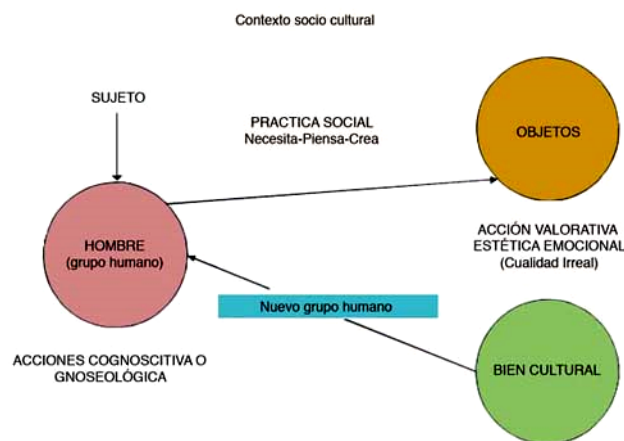


Figura 1. Proceso de valoración de un bien (Crédito: Díaz Cabeza, 2009)

2.2. Los valores en el patrimonio vernáculo

Por arquitectura vernácula entendemos la que ha sido concebida por los habitantes de un territorio o momento histórico determinado, haciendo uso del conocimiento empírico, la experiencia de generaciones anteriores y la experimentación. Estas construcciones son realizadas con los materiales disponibles en el entorno inmediato.

Una característica propia de este tipo de arquitectura es su sencillez, y adaptabilidad al medio geográfico en que se encuentra, conteniendo la sabiduría en los valores técnicos-constructivos tradicionales y populares, subestimada en los tiempos modernos.

La importancia de la arquitectura vernácula radica en la capacidad que tiene para mostrarnos los precedentes de las culturas originarias, su técnica constructiva, los recursos materiales propios de la región y la capacidad de adaptarse al medio en que se encuentran ubicadas.

Según Saldariaga Roa (1972) *una parte del patrimonio no monumental de un país pertenece a comunidades cuya cultura tradicional no sólo está viva, sino que es capaz de absorber los efectos de la modernización sin perder sus características fundamentales.*

3. LA REGIÓN DE SOUSS-MASSA DRAÂ

La región de Souss-Massa Draâ, al sur de Marruecos, es una de las dieciséis regiones que conforman el Reino. Localizada al sur del Alto Atlas, limita al este con el Océano Atlántico, al norte con ciudades importantes como Marrakech y Meknes, y al sur con la región de Guelmin-Es Semara y Argelia. Posee una superficie de 72.506 km², teniendo en la actualidad un total de 3.133.653 habitantes siendo su base económica el turismo, la pesca y la agricultura.

La región está formada por cinco provincias y dos prefecturas (figura 2), centrandó nuestro interés en la ciudad de Aït Ben Haddou, perteneciente al término municipal de Ouarzazate; esta ciudad es, con sus construcciones de barro, testigo de la pervivencia de un pasado constructivo ancestral.



Figura 2. Mapa de la región de Souss-Massa Draâ (Fonte: Ilyesboum, 2008)

Aït Ben Haddou es una ciudad fortificada o Ksar, construida con piedra, adobe y barro que integra en su interior media docena de Kasbas.

El Ksar, edificado contra el flanco de una colina escarpada, posee un trazado flexible ajustado a las curvas del terreno, dando la sensación de entrar en un laberinto. Sus viviendas, realizadas con ladrillos de adobe crudo de fabricación artesanal, continúan mostrando un magnífico equilibrio entre forma, función, materiales de construcción y clima, siendo el barro seco el material perfecto para estos lugares en los que escasean las lluvias, y las variaciones de temperatura entre la noche y el día son manifiestas.

Estas edificaciones conforman uno de los patrimonios histórico-artísticos más valiosos del país, lo que ha sido reconocido por la UNESCO al declarar Patrimonio de la Humanidad el Ksar de Aït Ben Haddou en el año 1987 (figura 3).

La ciudad se encuentra situada en la llanura del Ounilla, cerca del río salado Mellah, siendo éste la frontera natural entre la ciudad antigua de altas murallas y la nueva urbe, construida con bloques de cemento y hormigón que comienzan a sustituir lo tradicional, natural y conocido, por lo moderno, resultando en estos espacios artificial, desconocido y oneroso.



Figura 3. Panorámica de la ciudad antigua de Ait Ben Haddou (Crédito: Díaz Cabeza, 2009)

4. REALIDAD CONSTRUCTIVA ACTUAL

El rápido crecimiento del proceso de urbanización y la aplicación de ciertas técnicas modernas de construcción ha transformado la armonía del desarrollo de las ciudades y ha destruido su ordenamiento espacial. Esta tendencia se ha reforzado con la mecanización de nuestra era en los intereses económicos que entran en juego, los cuales han provocado la explosión arquitectónica aún en nuestros más preciados centros históricos (Complemento de la Carta de Venecia, 1983-1984, s.n.).

Cada país, centro o sitio histórico posee su propia identidad, con singularidades inherentes al territorio en que se encuentra. Estas características marcan el reconocimiento, estimación e identificación del patrimonio propio del lugar, siendo por tanto, una muestra de su propia cultura.

La ciudad nueva de Ait Ben Haddou, desde el otro lado del río, mira su pasado fortificado y parece creada aprisa para acoger las oleadas de turismo que visitan el Ksar durante unas horas.

Pese a que la tradición constructiva ha perdurado a lo largo de siglos, con el devenir de los tiempos aparecen construcciones “modernas”, entendiéndose con este término las construcciones sin identidad, levantadas con materiales constructivos recientes, que los propios constructores no pueden trabajar con comprensión. En este tipo de edificaciones, el uso abusivo del cemento y la argamasa pobre en estuco hacen que sucumba la tradición constructiva por una nueva tecnología sospechosa, *tendiente* a la creación de viviendas mediocres y deficientes (figura 4).

5. DOCUMENTOS INTERNACIONALES DE PROTECCIÓN Y VALORACIÓN DEL PATRIMONIO CONSTRUIDO

La Carta de Mazatlán, redactada en México en el año 2005, habla de la importancia de la protección del Patrimonio, sólo posible *cuando existe la participación activa y comprometida de la sociedad civil, que a su vez debe ser sujeto de un proceso previo de información, capacitación, comunicación y concientización.*

El mismo documento, en su apartado número seis argumenta que *el turismo cultural genera impactos negativos y una de las amenazas más fuertes las constituyen los insuficientes sistemas de manejo del flujo de visitantes y la falta de instrumentos de gestión turística sostenible, sobre todo en los destinos menores que no son iconos globales y emblemáticos del turismo global.*

De igual modo, la Declaración de Xi`an, en China, sobre la conservación del entorno de las estructuras, sitios y áreas patrimoniales en el año 2005, subraya

la necesidad de responder de forma adecuada a la transformación rápida o gradual de las ciudades, los paisajes y los itinerarios patrimoniales, producidos por los cambios en los modos de vida, en la agricultura, el desarrollo, el turismo (...), así como la necesidad de reconocer, proteger y mantener adecuadamente la presencia significativa de las estructuras, los sitios y las áreas patrimoniales en sus respectivos entornos, con el fin de disminuir la amenaza que representan estos procesos de transformación contra el patrimonio cultural en toda la riqueza de su autenticidad, su significado, sus valores, su integridad y su diversidad (Declaración de Xi'an, 2005, s.n.)



Figura 4. Panorámica de la ciudad nueva de Aït Ben Haddou desde la kasba (Díaz Cabeza, 2009)

Estos documentos muestran la importancia y necesidad del estudio y valoración del patrimonio constructivo tradicional, indispensable para perpetuar la cultura e identidad de lugares que están siendo sometidos a cambios de manera rápida y sin control.

Como conclusión de este punto, citaremos una interesante reflexión sobre lo esencial para la perpetuación de las técnicas constructivas tradicionales:

Una vez que determinada tradición se ha establecido y ha sido aceptada, el deber del artista individual es mantener la tradición viva y, con su intervención y percepción propias, darle un empuje adicional que evitará que su camino se detenga de modo que pueda llegar hasta el fin de su ciclo y completar su desarrollo. La tradición le facilitará la toma de algunas decisiones, pero tendrá que tomar otras igualmente difíciles para impedir que la tradición muera en sus manos. En realidad, cuanto más se haya desarrollado una tradición, tanto mayor será el esfuerzo que el artista debe efectuar para lograr mayores avances dentro de ella (Fathy, 1975, p. 41).

6. NECESIDAD DE FORMACIÓN

Hasta hace bien poco, los conocimientos de la técnica constructiva en tierra se realizaban de forma directa: del alarife¹ a sus ayudantes.

La perpetuación de las culturas se mantuvo “de boca en boca”, y la técnica “de mano en mano”, conservada a través de diferentes generaciones, como muchas otras manifestaciones de la expresión cultural (Garzón; Neves, 2.007, p.324).

Por ello, se hace necesario un intercambio y transferencia de conocimientos, así como la capacitación de profesionales que mantengan vivos los métodos constructivos históricos en sus lugares de origen.

Para que la conservación de sistemas edilicios tradicionales sea una realidad, es importante que desde cada región o país se valore y se retransmitan sus propias tradiciones, así como las mejoras que la propia ciencia puede aportar en el desarrollo de técnicas edificatorias antiguas.

El objetivo específico del proyecto llevado a cabo en Aït Ben Haddou durante el mes de septiembre del año 2009, fue la formación y capacitación en el aprendizaje de la técnica constructiva tradicional del adobe, y la valoración del patrimonio cultural en tierra.

La financiación de dicho proyecto corrió a cargo de la Consejería de Migración y Ciudadanía de la Generalitat de Valencia y promovida por el Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Valencia (IVC+r).

El proyecto subvencionado se ajustaba al marco estratégico recogido en el Plan Director de la Cooperación 2008-2011, cuyo objetivo principal era contribuir con Marruecos en el desarrollo económico sostenible de la ciudad de Aït Ben Haddou.

Las actividades del curso fueron estructuradas en dos fases que comprendían la formación práctica y el aprendizaje teórico.

La aplicación práctica fue transmitida a los estudiantes en el interior del Ksar, y consistió en la realización de tapial y una torre de pequeñas dimensiones similar a las de las kasbas que componen las esquinas del recinto amurallado.

Para ello, un artesano local, Mohammed Houssini, fue el encargado de mostrar las técnicas constructivas tradicionales. Los técnicos especialistas en conservación y restauración de técnicas murales provenientes del IVC+r, fueron los encargados de impartir diversas charlas en las que se hablaba de la importancia de valorar y conservar este patrimonio, así como la técnica constructiva tradicional.

Se mostraron diversos ejemplos de arquitectura en adobe tanto en África como en el resto de mundo, y se explicó el significado de estar incluidos en la lista de Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

A estas charlas no acudieron sólo los alumnos de los cursos, sino vecinos del lugar y representantes de otras instituciones locales (figura 5).



Figura 5. Grupo de trabajo y clase teórica (Crédito: Díaz Cabeza, 2009)

7. CONCLUSIONES

El rápido avance de la tecnología, que brinda cada vez nuevos materiales y métodos de construcción, y su precipitada expansión en este mundo globalizado, ha provocado que se adopten formas y modelos constructivos que poco o nada tienen que ver con el pasado y la identidad de los pueblos.

Esto ha provocado una pérdida de valores de lo tradicional a favor de un sentimiento de “modernidad”, quedando en un segundo plano los oficios existentes hasta ese momento.

Con el proyecto multidisciplinar expuesto, en el que han interactuado restauradores de obras de arte con conocimientos científicos, en conjunción con artesanos y constructores locales, que aportan el saber intuitivo y tradicional, se ha intentado poner en valor el patrimonio constructivo histórico, siendo una experiencia enormemente satisfactoria.

Las actividades de formación y la convivencia de todo el equipo humano implicado a lo largo de dos semanas, ha fomentado el intercambio de conocimientos culturales y técnicos. Esto ha sido muy beneficioso ya que ha supuesto un enriquecimiento en el que se han visto involucrados tanto el personal de las instituciones implicadas como el alumnado que ha participado en las mismas y el propio vecindario, que ha estado presente en las jornadas teóricas.

Todo esto ha fomentado un entorno muy participativo, siendo conscientes de que cada uno de los integrantes posee algo importante que mostrar y enseñar al contrario; capacitándonos y formándonos todos en una temática patrimonial que concierne tanto a quienes habitan los espacios como a quienes nos acercamos desde afuera a intentar entender qué sucede y cómo se trabaja en otros lugares.

Esta ha sido, en definitiva, una experiencia muy grata y pionera, un intercambio de conocimientos y culturas, importantísimas para futuras intervenciones.

BIBLIOGRAFÍA

Carta de Mazatlán (2005). XXV Symposium Internacional de Conservación del Patrimonio Monumental. Mazatlán, Sinaloa, México. 9-12 noviembre.

Complemento de la Carta de Venecia (1983-1984). Comité Internacional sobre las Ciudades Históricas (Icomos).

Declaración de México sobre las Políticas Culturales (1982). Conferencia Mundial de Políticas Culturales. México D.F., 26 de julio-6 de agosto.

Declaración de Xi'an, China sobre la Conservación del Entorno de las Estructuras, Sitios y Áreas Patrimoniales (2005). 15ª Asamblea General del ICOMOS. 21 de octubre.

Díaz, Isolina (2009a). Aprendizaje de la técnica tradicional del adobe en los pueblos bereberes aplicado a la conservación y restauración de muros del Ksar de Aït Ben Haddou. En: 6ATP, 9 Siacot. Coimbra:

Díaz Cabeza, María del Carmen (2009b). Teoría de los valores, cómo valorar el Patrimonio Latinoamericano. Unidad 1, Módulo 1. En: Los valores del Patrimonio Cultural Iberoamericano. Raíces y persistencias de los modelos iberoamericanos en el desarrollo del urbanismo y la arquitectura. Universidad Blas Pascal, Córdoba-Argentina. 2009-2010.

Fathy, Hassan (1975). Arquitectura para los pobres. México, Editorial Extemporáneo.

Garzón, Lucía; Neves, Celia (2007). Investigar, formar, capacitar y transferir. Los grandes desafíos de la arquitectura y la construcción con tierra. Revista Apuntes, Arquitectura en tierra. Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana de Bogotá, vol. 20. Número 2. Julio-diciembre de 2007.

Ilyesboum, (2008). Decoupage administratif Souss Massa Draa. En: http://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page

Saldarriaga Roa, Alberto (1972). Valor testimonial de las tradiciones urbanas y arquitectónicas; artículo en El Patrimonio Modesto. VVAA, Cuaderno Escala nº 20. Bogotá.

NOTA

(1) alarife es un maestro práctico conocedor de las técnicas tradicionales.

AUTOR

Isolina Díaz Ramos. Licenciada en Bellas Artes, especialista en restauración de superficies murales, Universidad Politécnica de Valencia. Diplomada en Raíces y Persistencias de los modelos Iberoamericanos en la Arquitectura y el Urbanismo, Universidad Blas Pascal de Córdoba, Argentina. Estudiante de Doctorado en Rehabilitación y Conservación Arquitectónica por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



OFICINAS DE BIOCONSTRUÇÃO EM PRAÇAS PÚBLICAS: TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA E PROMOÇÃO DE QUALIDADE DE VIDA EM BAIROS DE PERIFERIA DO MUNICÍPIO DE JACAREÍ/SP

Juliana F. Okumura, César Augusto da Costa; Ana Carolina Pereira Alves

Espiralandio Bioarquitetura Rua Arnaldo João, 298, Vila Granada, 03660-000, São Paulo, SP, Brasil
Tel: (55 11) 2865-4504 e-mail: contato.espiralandio@gmail.com

Palavras-chave: bioconstrução, tecnologia, autonomia, cidadania

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo relatar experiências de oficinas de bioconstrução, realizadas em 2009, no município de Jacareí – SP. As atividades envolveram as comunidades dos bairros Parque Meia Lua e Parque Imperial. Os objetivos das intervenções envolviam (1) organizar o espaço público nos locais destinados à convivência comunitária em áreas que não estavam recebendo atenção do poder público local e (2) envolver a comunidade na transformação destes espaços, por meio do uso de técnicas de bioconstrução. As técnicas partilhadas foram o COB – mistura de terra com fibras extensas - e o CALFITICE, que envolve a utilização de uma pequena parcela de cal e cimento misturados à terra com fibras vegetais mais finas. Após uma primeira fase de concepção de projetos arquitetônicos inspirados em elementos marcantes de cada comunidade, foram realizadas oficinas abertas que resultaram na instalação coletiva de bancos, canteiros e esculturas lúdicas, conferindo função e beleza aos espaços antes descuidados, transformando-os em praças convidativas ao lazer e à convivência comunitária. Além da ampliação do conhecimento dos participantes com relação às possibilidades de utilização de materiais menos processados para fins construtivos, outro conjunto de consequências pode ser identificado neste tipo de intervenção. Trata-se do desenvolvimento de um vínculo diferenciado da comunidade com o espaço construído por meio da participação de seus membros, que pode ser identificado no aumento da frequência de visitas e no tempo de permanência das pessoas nos locais. A construção com terra parece também exercer um efeito atrativo sobre as pessoas ao redor, em especial, sobre as crianças, cuja presença nas oficinas foi massiva e constante. As atividades descritas ocorreram de maneira complementar a intervenções de reflorestamento e educação ambiental, organizadas pela Fundação Espaço Eco no contexto do Programa Educamais Jacareí.

O presente artigo tem por objetivo apresentar o relato de intervenções em bioconstrução realizadas pela Espiralando Bioarquitetura entre outubro e dezembro de 2009, no município de Jacareí/SP – no contexto do Programa Educa Mais – desenvolvido pela Fundação Espaço Eco, por meio de parceria com a prefeitura municipal e com a Fibria, indústria do ramo da celulose que atua no município.

1. CONTEXTO

1.1 O Programa Educa Mais

O Programa Educa Mais é desenvolvido pela Fundação Espaço Eco, criada em 2005 pela BASF - com apoio da GTZ, agência de cooperação técnica internacional do governo alemão. Situada em São Bernardo do Campo/SP em uma área considerada Reserva da biosfera do cinturão verde do Estado de São Paulo pela UNESCO, a fundação é o primeiro Centro de excelência para ecoeficiência aplicada na América Latina. Tem por missão promover o desenvolvimento sustentável na sociedade por meio da aplicação de soluções e tecnologias em ecoeficiência, educação ambiental e reflorestamento (revista ecoturismo, 2010).

Segundo informações divulgadas em página da prefeitura municipal de Jacareí, o Programa Educa Mais atende desde 2006 a milhares de moradores do município, por meio de ações

de educação ambiental e reflorestamento, ocorridas em diferentes bairros e escolas. As ações desenvolvidas visam melhorar a qualidade de vida das pessoas e o meio ambiente onde estão inseridas, de forma que a consciência ambiental e a mudança de comportamento sejam incorporadas na rotina dos moradores e também de educadores que atuam no município (dados publicados no site da prefeitura de Jacareí, 2010).

Dentre as atividades desenvolvidas figuraram - além das atividades de bioconstrução, foco deste artigo - o plantio de espécies nativas, frutíferas e ornamentais em áreas degradadas, envolvendo os alunos e as comunidades dos locais próximos a essas áreas; soltura de peixes; palestras nas escolas com enfoque na problemática dos resíduos sólidos, recursos hídricos e conscientização sobre questões ambientais. Os educadores do município também tiveram a oportunidade de participar de ações de capacitação com objetivo de oportunizar o desenvolvimento de atividades em sala de aula, a fim de trabalhar com os alunos conceitos básicos da educação ambiental e sustentabilidade.

1.2 Intervenções de bioconstrução no Programa Educa Mais

Com relação às atividades de bioconstrução vale destacar que, dentre os objetivos das intervenções estavam: (1) a recuperação e produção inicial de alguns equipamentos sociais em áreas com histórico de abandono e (2) o envolvimento das comunidades próximas a estas áreas no trabalho de recuperação, por meio de oficinas abertas de bioconstrução.

Os projetos paisagísticos dos locais foram redesenhados com base em anteprojetos desenvolvidos pelos técnicos da fundação com atendimento de algumas demandas colocadas para as áreas pelos próprios moradores de cada comunidade. E, posteriormente, foram realizadas oficinas práticas de bioconstrução abertas aos moradores das comunidades atendidas.

1.3 Espiralando Bioarquitetura

Trata-se de um grupo que reúne dois arquitetos e uma psicóloga e cuja proposta caminha na direção do desenvolvimento – autoral e/ou sob a forma de parceria - de projetos de cunho educativo, artístico e cultural, nos quais a bioarquitetura tem figurado como ferramenta primordial de intervenção.

Ao identificar a necessidade de uma transformação estrutural das áreas que estavam sob atendimento do Educa Mais, os técnicos do programa iniciaram uma série de contatos em busca de parcerias para viabilizar diferentes tipos de intervenção urbanística. Com experiência anterior em projetos similares - oficinas abertas em praças públicas e oficinas educativas em escolas - os profissionais da Espiralando foram, então, convidados a participar do programa como parceiros. A proposta colocada incluía dois conjuntos importantes de atividades:

- A confecção de um projeto paisagístico que levasse em conta as necessidades espaciais identificadas pelos técnicos do programa Educa Mais em conjunto com as comunidades atendidas;
- A realização de oficinas abertas ao público destas comunidades com objetivo de iniciar a construção de alguns dos aparelhos projetados, como bancos, canteiros e esculturas.

O objetivo dos técnicos do programa com estas intervenções iniciais era criar condições para despertar o engajamento e organização dos moradores no encaminhamento de soluções para garantir a continuidade das melhorias previstas para os locais em questão.

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE BIOARQUITETURA

Antes de continuar o relato das intervenções práticas se faz necessário apresentar melhor o conceito de bioarquitetura adotado e o entendimento que partilhamos acerca dos cuidados a serem empregados quando se trata de uma obra com terra crua.

2.1 Bioarquitetura e bioconstrução

Entende-se a bioarquitetura como a arte de projetar espaços utilizando-se, ao máximo, de materiais naturais que não produzam impacto em sua extração (ou cujo impacto seja mínimo – como a terra) e um mínimo de materiais industrializados, buscando atender, ainda, a parâmetros bioclimáticos. A premissa adotada é a de que um projeto que atenda aos requisitos de conforto térmico, higrométrico (umidade do ar), visual e espacial – e no qual esteja explícita a presença de materiais naturais em seus elementos construtivos - tem chances maiores de promover saúde e bem estar aos ocupantes. Além disso, projetos com tais características favorecem a adoção e manutenção de comportamentos condizentes com a economia de recursos naturais estratégicos, como água e energia. A bioarquitetura tem origens em técnicas da arquitetura vernacular, porém conquistou, com a passagem do tempo, aprimoramentos executivos e estéticos provenientes das experiências convencionais de construção.

A mesma visão pode ser ampliada ao paisagismo, com a adoção de materiais naturais na tarefa de dar forma e função aos espaços livres. Tal estratégia tem ainda vantagens econômicas, pois muitas vezes os materiais a serem utilizados já estão disponíveis no local a ser transformado, ou são de custo bem reduzido.

A bioconstrução, por seu turno, operacionaliza tudo o que foi projetado de acordo com as premissas da bioarquitetura. É o exercício à risca da famosa expressão “*colocar a mão na massa*”.

2.2 Cuidados essenciais a empregar na bioconstrução

A utilização de materiais naturais, em especial da terra crua, requer cuidados básicos essenciais para a obtenção de bons resultados construtivos em termos de resistência da edificação às intempéries e ao uso. Durabilidade com manutenção da qualidade e, não menos importante, garantia de boa qualidade estética final. No entanto, não é raro encontrar obras de bioconstrução que, após algum tempo, sofrem com problemas de umidade e com aspecto desagradável. Por conta disso, temos dado ênfase a cuidados que devem ser empregados, principalmente na execução da fundação e do revestimento – etapas essenciais na bioconstrução.

Fazem parte dos cuidados a serem empregados em uma obra de bioconstrução:

- Fundação bem executada e impermeabilizada: fundamental para garantir o isolamento do elemento construído em relação à umidade do solo e suportar o peso da massa construída.
- Boa execução da massa construtiva: o equilíbrio granulométrico da mistura em relação à proporção argila/areia/silte, mais fibras vegetais é fundamental para o desempenho estrutural da massa construtiva. Índícios da qualidade da mistura aparecem logo no início da secagem, na quantidade e no aspecto de fissuras que surgem neste processo.
- Revestimento eficiente: as superfícies finais executadas em terra-crua têm baixa resistência à abrasão e batidas de água. Para o caso dos elementos construtivos de terra-crua totalmente expostos às chuvas e ao vento faz-se necessária a adoção de duas estratégias, quais sejam: (1) aplicar um revestimento apropriado para construção com terra, que melhore sua resistência e (2) efetuar uma impermeabilização completa, conseguida com materiais que formam uma película protetora sobre a superfície (resinas à base de água). Além disso, tais elementos construtivos estão comumente expostos à abrasão proveniente do uso - contato humano e animal - sendo que, para esta variável, a mesma resina que protege das do atrito com a água das chuvas também melhora a resistência superficial dos revestimentos naturais.

Adotando os cuidados acima mencionados, é possível obter resultados mais eficientes e, ainda, mais agradáveis visualmente – afinal, uma construção com elementos naturais pode

ter aspecto rústico, o que não significa apresentar uma aparência descuidada que sugira má-execução.

2.3 Técnicas de bioconstrução empregadas nas intervenções

As técnicas selecionadas para as intervenções de bioconstrução foram o COB e o Calfitice.

O COB é produzido através da mistura de terra, areia, fibras vegetais e água, amassados com os pés – geralmente sobre uma lona - podendo ser aplicado e modelado manualmente com facilidade. Devido a isso, é considerado como uma das técnicas mais simples do universo da bioconstrução. O COB, na experiência dos profissionais da Espiralando, tem se destacado como uma técnica bastante atrativa em trabalhos sociais, pois parece ter uma propriedade de agregar as pessoas com facilidade, além de permitir a visualização imediata do resultado formal. Estas características enriquecem o resultado das intervenções que têm por objetivo criar condições para fortalecer o sentido de coletividade e explicitar o potencial transformador dos participantes.

O Calfitice foi desenvolvido na Colômbia e constitui-se de uma mistura composta de cal, fibras vegetais finas, terra e cimento. É largamente utilizado na confecção de coberturas e revestimentos em seu país de origem. A técnica foi trazida ao Brasil por seu criador, o engenheiro Luiz Carlos Rios (Opción Timágua). Com base no aprendizado direto – em cursos ministrados pelo próprio engenheiro – algumas adaptações para uso estrutural da técnica foram desenvolvidas pelos profissionais da Espiralando.

3. BIOCONSTRUÇÃO: INTERVENÇÕES REALIZADAS EM JACAREÍ/SP

3.1 Bairro Parque Meia Lua

O bairro Parque Meia Lua completou 50 anos em março de 2010 e possui uma população que supera os 20.000 habitantes. Uma das áreas periféricas do bairro, que faz fronteira com a fazenda vizinha, sofreu um longo tempo com processos de ocupação desordenada e favelização. Em 2006, segundo dados do diagnóstico de reflorestamento do Programa Educa Mais, a prefeitura realocou as famílias em outro bairro da cidade, por meio de um projeto de construção de moradias populares. A área foi limpa e começou, então, a ser recuperada. Inicialmente houve plantio assistemático de espécies feito por moradores do bairro e, a partir do início do programa, as atividades de plantio foram intensificadas por meio de atividades organizadas pelos técnicos do programa.

Além do reflorestamento e das ações de educação ambiental, os técnicos do programa avaliaram a necessidade de melhorar o espaço na principal área de reflorestamento, de modo a criar espaços convidativos à visitação e permanência dos moradores no local. Em meados de outubro de 2009, teve início o trabalho de nossa equipe de arquitetura no local.

3.1.1 Projeto

A etapa inicial envolveu o acesso ao anteprojeto das áreas de implantação do programa no bairro e uma visita ao local para reconhecimento da área na qual os aparelhos sociais seriam construídos. Com os primeiros desenhos em mãos e o programa de necessidades básicas do local, os arquitetos puderam criar bancos e canteiros de modo a tornar a área mais funcional para os frequentadores. Muitas donas de casa, por exemplo, costumam ir ao local para coleta de alimentos, frutas e hortaliças na horta que também foi plantada com a participação delas. A idéia principal, então, era criar com alguns bancos e canteiros bem desenhados, um paisagismo no local que favorecesse uma maior permanência no local e desse início à uma mobilização comunitária para se conquistar os demais equipamentos como postes de luz, calçamentos, drenagem de água, paisagismo, etc. A temática central dos desenhos foi o nome do bairro. Foram criados bancos e canteiros em forma de meia lua e de cores variadas, com um passeio ao redor dos mesmos, buscando um ambiente ideal para conformar agrupamentos sociais, conforme mostra o projeto na Figura 1. Vale destacar que a execução destes bancos e canteiros no espaço destinado a eles no projeto, era o que



Figura 2. Acima: fundações executadas em concreto armado. Abaixo: imagens das crianças experimentando modelar bancos e canteiros com o COB nas oficinas

3.1.3 Oficinas de bioconstrução

Os técnicos do Programa Educa Mais organizaram a participação das crianças de uma escola do bairro na oficina de bioconstrução ministrada pelos profissionais da Espiralando. A oficina teve duração de dois períodos em um mesmo dia e cerca de 250 crianças - com faixa etária entre 5 e 14 anos de idade participaram das atividades. A técnica escolhida para esta etapa foi o COB, conforme explicado anteriormente.

Após a secagem do COB foi aplicada uma camada de revestimento com a técnica de CALFITICE, também em uma oficina realizada, desta vez, com adolescentes do ensino médio de outra escola do bairro. Assim todos os bancos e canteiros foram revestidos e ganharam cores por meio da incorporação de corante em pó à massa. Esta etapa pode ser visualizada na figura 3, que mostra momentos da oficina de CALFITICE e, também, imagens do acabamento que será descrito no próximo item.



Figura 3. Acima: o trabalhado em oficina de calfitice com estudantes do ensino médio de uma das escolas do bairro. Abaixo: o acabamento: resina, argamassa e uma faixa de tinta para deixar os bancos protegidos e bem acabados

3.1.4 Impermeabilização e acabamentos

Como ilustrado na Figura 3, acima, após a secagem do CALFITICE, apenas a equipe de obras, coordenada por um arquiteto da Espiralando, trabalhou no acabamento das estruturas construídas. Uma camada de resina incolor à base de água e sem brilho foi aplicada para garantir a confecção de uma película que finaliza a impermeabilização do elemento construído. Foi também aplicado acabamento de argamassa comum nos rodapés de todos os elementos, de modo a isolá-los totalmente do contato com o solo, além de arrematar a interface do calfitice com o concreto da fundação.

3.2 Bairro Parque Imperial

A área de intervenção no bairro Parque Imperial é um local que vem sofrendo ao longo do tempo com um processo erosivo, dada a inclinação e a falta de vegetação no local. As primeiras tentativas de reflorestamento foram, inclusive, prejudicadas pelas características do local.

O ponto escolhido para a intervenção de bioconstrução é uma área de passagem do bairro, pois fica entre duas áreas habitadas do bairro, além de estar próxima a um ponto de ônibus. Em reunião organizada pelos técnicos do Programa Educa Mais e lideranças do bairro, a comunidade teve a oportunidade de assistir uma palestra sobre bioarquitetura ministrada pelo arquiteto e pela psicóloga da Espiralando. O grupo reunido decidiu, então, que a área em questão deveria receber bancos com a forma de grandes jacarés, em homenagem ao nome da cidade.

3.2.1 Projeto

Com base na decisão da comunidade foi, então, realizada uma visita dos arquitetos da Espiralando ao local para conhecimento da área a ser planejada e, de acordo com a demanda colocada, foi confeccionado o projeto paisagístico do local, conforme a Figura 4 abaixo apresenta.



Figura 4. Acima: área do Parque Imperial, antes da intervenção. Abaixo: projeto desenhado com base nas demandas apresentadas pela comunidade para a área

3.2.2 Preparo do local

Alguns procedimentos de preparação diferiram em relação à preparação no Parque Meia Lua. Desta vez, as fundações dos bancos foram executadas com o aproveitamento de entulhos e pedras que estavam no local. Esta base, como espessura total de 15 cm foi depois impermeabilizada com tinta asfáltica.

3.2.3 Oficinas de bioconstrução

No Parque imperial, a construção dos bancos escultóricos foi realizada em dois dias subsequentes de oficinas de COB abertas ao público do bairro. Novamente, a técnica foi escolhida pela possibilidade de ser facilmente esculpida em formas orgânicas.

Houve participação massiva das crianças que participaram por mais de um período seguido e retornaram no dia seguinte, sempre sob o olhar atento de pais e mães que ficavam próximos ao local, observando a atividade. Alguns jovens do bairro atuaram como auxiliares da atividade, no preparo da terra para as lonas. Com isso, a faixa etária dos participantes variou entre 4 e 22 anos de idade. Imagens das crianças junto aos bancos esculpidos com ajuda delas seguem abaixo, na Figura 5.



Figura 5. Crianças e o arquiteto César Costa - da Espiralando – junto aos bancos em forma de jacarés, construídos em oficina aberta de COB no bairro Parque Imperial

3.2.4 Impermeabilização e acabamentos

A equipe de obras, acompanhada de arquiteto da Espiralando, retornou ao local após a secagem das estruturas em COB para realizar a aplicação do revestimento de CALFITICE, conforme ocorreu no bairro anterior. Foi realizado ainda, um trabalho de aplicação de mosaico em pastilhas coloridas de vidro que faziam parte de mostruários antigos e foram, então, doadas por um depósito.

Após a aplicação do calfitice e do mosaico foi feita, ainda, uma pintura artística para garantir detalhes vívidos às esculturas em forma de jacaré e, em seguida, foi feita aplicação de resina para finalizar a impermeabilização. Os resultados desse processo seguem ilustrados na figura 6.



Figura 6. Acima: os arquitetos da Espiralando: César Costa e Juliana Okumura, executando parte do revestimento com a técnica de Calfitice. Abaixo: crianças do bairro brincam sobre os bancos escultóricos já finalizados

4. DISCUSSÃO

As intervenções relatadas constituem ainda, um tímido avanço na direção de utilizar a bioarquitetura e a bioconstrução como ferramentas de transformação social. Isto porque, no contexto apresentado, tais intervenções operaram como coadjuvantes de um processo ampliado, com objetivos específicos que não coincidiam plenamente com a transferência de

tecnologia construtiva. Tais objetivos globais estavam direcionados para a conscientização e mudança de comportamentos dos cidadãos com relação às questões ambientais diversas. E com isso as atividades de bioconstrução tiveram como função primordial a ampliação de horizontes, pois oportunizaram o contato de crianças e jovens com uma possibilidade construtiva diferente, que envolve o uso de materiais naturais e, portanto, é menos agressiva ao meio ambiente.

Em nossa avaliação, no entanto, a oportunidade de realizar tais intervenções pode ser interpretada como um estudo exploratório, por meio do qual foi possível visualizar o potencial que a Bioarquitetura e, conseqüentemente a Bioconstrução, têm para protagonizarem processos participativos nos quais o foco principal seja a transformação integral de espaços comunitários, como praças, áreas com risco de ocupação ilegal, áreas com problemas de acúmulo de entulho, entre outros.

A partir desta experiência, novos trabalhos devem apontar na direção da promoção de intervenções cujo foco seja a transferência de tecnologia construtiva diferenciada, de modo que outras atividades, além das próprias oficinas construtivas, complementem o processo garantindo que ele se configure realmente como oportunidade transformadora.

Outro ponto ainda a destacar – na mesma direção – é a garantia da perfeita execução dos detalhes técnicos, algo muito difícil de controlar em processos participativos como este, principalmente quando o processo é orquestrado com base em demandas ampliadas e diversas que não privilegiam o *timing* das intervenções construtivas. A qualidade das estruturas construídas depende sempre do perfeito casamento entre as etapas do processo. Após as intervenções foram constatadas pequenas falhas de execução, que resultaram em fissuras e trincas em alguns dos elementos construídos – o que gerou a necessidade de ações de manutenção destas estruturas logo nos primeiros meses de uso.

Conseqüências deste tipo podem ser evitadas com um maior controle de planejamento, orquestrado pela sensibilidade dos planejadores na operacionalização das etapas. Em se tratando de bioarquitetura e bioconstrução, é de fundamental importância privilegiar, no *roll* de necessidades do processo, a confecção adequada de cada técnica construtiva selecionada – conforme apresentado no item 2.2 *Cuidados essenciais a empregar na bioconstrução*. Desse modo, resultados considerados positivos do ponto de vista técnico, se consolidam também como resultados positivos do ponto de vista do processo de transformação social, tão almejado por aqueles que se envolvem na organização de intervenções desta natureza.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bioarquitetura e a bioconstrução, como figura e fundo uma da outra, podem e devem caminhar como auxiliares em processos cujos objetivos sejam ampliados em relação aos frutos construtivos diretos. Com essa parceria, o processo ganha enriquecimento, pois seus verdadeiros protagonistas – cidadãos e comunidades – têm a oportunidade de conhecer e experimentar um fazer construtivo diferenciado. Há um universo de possibilidades para que ambas (bioarquitetura e bioconstrução) figurem como ferramentas diretas com objetivo central de empoderar comunidades a se construírem e reconstruírem com novas premissas e práticas construtivas.

Em novos trabalhos com este objetivo, será sempre importante garantir uma administração das etapas que seja sensível às necessidades técnicas apresentadas em cada situação. Além de garantir a realização de atividades educativas coadjuvantes, que colaborem para a apropriação destes fazeres construtivos por parte dos participantes do processo.

Por fim, todos aqueles que desejam partilhar e expandir o uso aplicado da bioconstrução em processos participativos precisam estar cientes de que será necessário um grande esforço para garantir um processo que resulte na qualidade técnica necessária atrelada a um resultado que possa se configurar como *transformador* do ponto de vista das necessidades

sociais de seus participantes. Mais do que responsabilidade técnica, tal postura compreende uma responsabilidade ética e social dos arquitetos, engenheiros, bioconstrutores e quaisquer outros que se arrisquem a empreender de propostas desta natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PREFEITURA MUNICIPAL DE JACAREÍ – Disponível em: <http://www.jacarei.sp.gov.br> > Notícias por editoriais > Meio Ambiente 04/03/2010. Acesso em 20/03/2010.

REVISTA ECOTURISMO – Disponível em: <http://revistaecoturismo.com.br> > turismo-sustentabilidade > projeto-educamais-da-prefeitura-de-jacarei-sp-entra-em-nova-fase-com-apoio-da-fibri-a-e-implementacao-da-fundacao-espaco-eco. 3/03/2010. Acesso em 20/03/2010.

AUTORES

Juliana Futata Okumura, arquiteta formada pela Unesp – Bauru em 2002. Interessou-se pela Bioarquitetura e por metodologias participativas ainda na faculdade, em projetos de extensão e intervenções espaciais no Campus. Desde 2006, atua na equipe da Espiralando, elaborando projetos em bioarquitetura, cursos e obras.

César Augusto da Costa, arquiteto formado pela Unesp-Bauru em 2002. Iniciou sua trajetória na Bioarquitetura de maneira autodidata e através de cursos livres. Aprimorou-se tecnicamente com a experiência em projetos arquitetônicos e paisagísticos diversos e na preparação de cursos e oficinas para diferentes públicos. Fundador da Espiralando, desenvolve projetos, cursos, e intervenções artísticas.

Ana Carolina Pereira Alves, psicóloga formada pela Unesp – Bauru em 2004; Mestre em Análise do Comportamento pela PUC-SP em 2006. Fez parte de equipes dedicadas ao trabalho com projetos de habitação social e, em 2008, juntou-se à equipe da Espiralando. Atua na produção de informações para a elaboração projetual dos arquitetos e também harmoniza as ações pedagógicas nos projetos culturais e educativos.



PELOS SEGREDOS DA TERRA: A PINTURA DE UM CASARÃO SUL-MINEIRO COM A PARTICIPAÇÃO DOS PRESIDIÁRIOS

Rosana Soares Bertocco Parisi¹, Esther Aparecida Cervini², Sandra Souza³

Departamento de Arquitetura e Urbanismo, PUC-Minas, campus de Poços de Caldas, Av. Pe. Francis Cletus Cox, 1661- Sala 130- Prédio 01- CEP 37701-355 Poços de Caldas-MG, Brasil. Tel: 55 35 37299214
(1) drparisi@uol.com.br; (2) esthercervini@uol.com.br; (3) sandra.scristina@hotmail.com

Palavras-chave: pintura, terra, conscientização, presos

Resumo

Esta comunicação apresenta a experiência de reabilitação da pintura de um antigo casarão da cidade sul-mineira de Poços de Caldas com o emprego de tintas à base de terra. Tal edificação, que outrora foi Restaurante e Casa de Espetáculos situa-se em um Parque Urbano Municipal e é ocupada atualmente pela Secretaria Municipal de Serviços Públicos. Uma das particularidades desse trabalho é o envolvimento e conscientização de presos em fase de indulto, que foram capacitados e orientados por professores do Curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Minas, *campus* de Poços de Caldas, com o apoio de estudantes do curso. O resultado surpreendeu pela qualidade, pela rede de solidariedade e compartilhamento de experiências construídas ao longo dos cinco meses de duração da atividade, que foi encerrada com a inauguração de uma exposição denominada “Conhecer os Segredos da Terra”, aberta à comunidade poços-caldense.

1. ANTECEDENTES

Poços de Caldas é uma cidade turística localizada ao Sul do Estado de Minas Gerais, no Brasil. Desde o início do século XX, Poços atraía pessoas que procuram a cidade por suas águas termais com propriedades curativas. Até meados dos anos 40 do século XX, Poços recebeu também muitos turistas que procuravam seus Cassinos. O Cassino da Urca, cujo nome lembrava a Urca no Rio de Janeiro, o Cassino Polyteama eram famosos e despertavam o interesse de pessoas provenientes do Rio de Janeiro ou São Paulo.

Porém, com a descoberta dos antibióticos, o termalismo deixou de ser uma das maneiras mais eficazes de tratar as doenças para as quais era indicado. Em período subsequente, no ano de 1946 os cassinos foram fechados por um decreto do então presidente General Eurico Gaspar Dutra.

A economia local sofreu um grande abalo. Esta fase ruim foi superada com a mudança de estratégias para chamar a atenção para o turismo local. Especialmente a classe média e grandes grupos de aposentados passaram a frequentar as termas, a visitar as fontes e outros pontos turísticos da cidade. Por sua proximidade de grandes centros paulistas e pelas facilidades de acesso, Poços de Caldas passou a abrigar várias indústrias, impulsionando novamente sua economia.

O casarão que o presente trabalho se refere foi construído em meados do século XX, em 1938, no interior do Parque onde funcionava o campo de golfe municipal. Nesta edificação funcionou um restaurante que atendia aos usuários e frequentadores do parque e do campo de golfe. Depois dos anos 50, tal restaurante foi desativado, passando por um período de abandono. Na década de 80 do mesmo século, depois da prefeitura decidir fechar o campo de golfe, por iniciativa de particulares, foi implantado um novo campo de golfe em Poços de Caldas, em área particular localizada junto do Jardim Aeroporto. Este período foi marcado por ações da Prefeitura Municipal que acabou transferindo para o Parque Country Club algumas de suas repartições, a fim de que a edificação não se deteriorasse ainda mais.

Porém, foi somente no ano de 2005 que se iniciaram as reformas no telhado do Casarão para que a Secretaria Municipal de Serviços Urbanos se transferisse para o imponente casarão. Há quase cinco anos tal edificação é utilizada por esta secretaria que, percebendo no ano de 2009 que a pintura estava bastante danificada, buscava uma forma diferente que servisse não somente recuperar a pintura, mas para requalificar o Parque Municipal como um todo. Assim, em maio desse ano a PUC-Minas foi procurada para apresentar idéias para a requalificação do parque. Seus administradores pretendiam reabri-lo para a comunidade no início do mês de novembro, durante o período de comemorações do aniversário da cidade.



Figura 1. Aspectos gerais do Parque Municipal e o casarão antes de sua reforma (Crédito: Parisi, R., 2009)

O estudo preliminar para a requalificação do Parque Municipal foram apresentados na última semana de maio à comitiva composta pelo Prefeito Municipal Paulo César Silva, a Secretária Municipal de Serviços Urbanos, Sra. Maria Lúcia Ribeiro Mosconi e pela Vice-Prefeita Gláucia Boaretto, além da assessoria de imprensa da Prefeitura. Dada a urgência do início das obras, a fim de que a reforma ocorresse antes do período de chuvas (a partir de setembro) e com recursos financeiros limitados, o grupo, em um primeiro momento, optou por recuperar o casarão, desde seu telhado até suas instalações complementares, finalizando o trabalho com a pintura. A sugestão do emprego de tintas à base de terra partiu de professores do Curso de Arquitetura e Urbanismo, que afirmavam que a edificação se assemelhava às *villas* italianas de meados do século XX e que, por esse caráter, poderia receber uma pintura que lembrasse as têmperas.

2. O CASARÃO: INVENTÁRIO DE SUAS CONDIÇÕES

O primeiro trabalho consistiu de um levantamento minucioso: foram inventariados todos os tipos de problemas existentes na edificação, desde aqueles mais comuns, como fissuras, pontos de umidade, etc., assim como verificação das peças de madeira dos telhados e guarda-corpos e posterior substituição daquilo que estivesse com cupins (*Cryptotermes brevis*) ou apodrecido, verificação das condições das tubulações de água e esgotos para ver se havia canos rachados ou com algum tipo de vazamento ou entupimento. Ao mesmo tempo, foi realizada extensa pesquisa iconográfica para verificar se os reparos estariam sendo executados de acordo com as características originais da edificação. Neste momento, a Secretaria Municipal de Serviços Urbanos, visando otimizar a recuperação da edificação dentro do prazo inicialmente determinado, aventou a possibilidade de estabelecer parceria com a SUAPI- Superintendência de Administração Penitenciária de Poços de Caldas, a fim de que pudesse empregar a mão de obra dos detentos que estivessem em período final de cumprimento de suas penas, durante o trabalho de recuperação do velho casarão.

Rapidamente a parceria se tornou possível e um convênio celebrado entre a Prefeitura Municipal, a PUC-Minas e a SUAPI batizou tal iniciativa de Projeto SOMAR, isto é, um projeto que se materializa através de esforços da Prefeitura, da universidade e da SUAPI. SOMAR significa: menos tempo lá, muito mais vida aqui, ou seja, a possibilidade de ressocialização dos detentos através do trabalho que se converte em dignidade.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. A mão de obra presidiária e a sensibilização para as técnicas de construção com terra

Sabe-se que causa estranhamento à sociedade de consumo toda e qualquer tecnologia construtiva que se processe de forma não industrializada. Ao mesmo tempo, pela falta de tradição e cultura construtiva no Brasil referente ao emprego da terra como material de construção desde os primórdios do desenvolvimento do país, quando se fala em empregar materiais naturais ou alternativos durante os processos construtivos, os envolvidos, via de regra, demonstram resistência e desconfiança.

Porém, no que diz respeito aos detentos da SUAPI de Poços de Caldas, causou grata surpresa a curiosidade dos dez homens sobre o processo de fabricação das tintas à base de terra. O grupo de detentos era constituído de 10 (dez) homens, dentre os quais, apenas dois já tinham trabalhado em obras com serviços de pintura. Um outro membro do grupo havia sido pedreiro e outro, por último, há tempos trabalhara com a aplicação de argamassa de revestimento texturizada do tipo *grafiatto*. Os demais, 6 (seis) ao todo, nunca trabalharam em obras ou em serviços vinculados ao campo da construção. No entanto, desde o primeiro momento, todos mostraram-se interessados e curiosos.

A primeira parte do trabalho com os detentos se consistiu de um conjunto de aulas preparatórias em que foram abordadas as tecnologias de construção com terra, os testes para caracterização dos solos, conforme material produzido por Neves et al (2005) e as tintas produzidas com terra cujas formas de produção foram apresentadas em trabalho de Carvalho et al (2007). Observam-se na figura 2 momentos de uma das aulas preparatórias e os primeiros trabalhos de peneiramento do solo.



Figura 2. Aula teórica e o trabalho de campo com os detentos da SUAPI. (Créditos: Massa, C. e Parisi, R., 2009)

O solo disponível para a produção das tintas foi extraído junto de um terreno no Parque Pinheiros, uma área periférica da zona leste de Poços de Caldas, onde a prefeitura municipal realizava trabalho de limpeza e movimentação de terra. De acordo com o teste do vidro, foi possível caracterizar o solo como silto-argiloso. Não foi necessária a correção desta terra com o emprego de areia ou cal, já que, após o peneiramento e coagem, sua aplicação apresentou resultados satisfatórios. Devido ao motivo de que a tinta produzida seria empregada externamente no casarão, conforme preconiza Carvalho (2007), optou-se pelo emprego da técnica em que se utiliza o solo, a cola branca e a água para a produção.

Neste período, foram abertas três frentes de trabalho: um grupo cuidou dos reparos do telhado, eliminando enxames de abelhas que havia na chaminé do casarão, revendo a condição das calhas, rufos e das peças de madeira assim como substituindo telhas quebradas. O segundo grupo cuidava dos reparos do reboco, dos reparos estruturais, da contenção da umidade. Já o terceiro grupo cuidava diariamente do preparo cuidadoso da tinta: a terra era peneirada, re-peneirada, misturada em proporções corretas à cola e à água, vigorosamente misturada e coada para depois descansar. No que diz respeito à aplicação da tinta, percebeu-se que três demãos seriam suficientes para recobrir as imperfeições existentes nas paredes, decorrentes do tempo ou dos desgastes naturais. Percebeu-se

também que a tinta ali produzida originava um rendimento muito bom, superior àquele apontado pelo trabalho de Carvalho (2007), ou seja, variando entre 85 m² e 95 m² para cada lata de 18 litros de tinta produzida. Deve-se ressaltar também que a equipe responsável pela fabricação da tinta teve o cuidado diário de armazenar a terra peneirada em local coberto, seco e livre das intempéries, assim como a tinta produzida foi armazenada em recipientes hermeticamente fechados para que se mantivessem as propriedades desejadas durante a atividade de pintura do casarão.

Conforme o tempo foi passando, os detentos se mostraram ainda mais curiosos e satisfeitos com o desempenho da tinta pelos mesmos fabricada e aplicada. Para valorizar os detalhes construtivos do casarão optou-se por buscar outra tonalidade de solo, preferencialmente de tom avermelhado, a fim de que a mesma estabelecesse contraste com a maior área de paredes já pintada com o primeiro tipo de solo oferecido e com a cor do piso externo do casarão, onde desde há muitos anos fora empregado ladrilho hidráulico vermelho.

Da mesma forma que o solo anteriormente fornecido pela Prefeitura, a segunda porção de terra foi depositada junto do canteiro de obras: era uma amostra proveniente das imediações da represa do Bortolan, na direção oeste da cidade de Poços de Caldas. Da mesma forma que o solo anteriormente disponibilizado, foi também com a segunda porção de solo já peneirado e livre de impureza realizado o teste do vidro. Uma porção de tinta empregando terra, cola e água foi preparada com o mesmo. No dia seguinte, percebeu-se que o resultado efetivamente produzira o efeito desejado, ou seja, o contraste entre os dois tons de tintas produzidas para valorizar as formas arquitetônicas e os detalhes construtivos do casarão. Essas etapas de trabalho podem ser observadas através da figura 3.



Figura 3. Aspectos anteriores à pintura e a progressiva valorização da edificação com os trabalhos de pintura (Crédito: Parisi, R., 2009)

Para a proteção da madeira e das ferragens de gradis foi empregado esmalte sintético industrializado nas cores preta e tabaco. Nos detalhes das paredes onde se optou pela pintura branca foi empregada tinta produzida à base de cal com fixador. Paulatinamente, decorrente da proporção que a edificação tem e os contrastes que as tintas de terra produziam diante da extensa mata de vegetação do parque, as mudanças ocorridas nesse casarão passaram a atrair a atenção de visitantes, turistas e curiosos que nunca antes ouviram falar desse tipo de material. Cópias da apostila produzida por Carvalho et al. (2007) denominada “Cores da Terra- produzindo tintas com terra” destinadas aos detentos rapidamente se esgotaram. A cada dia, nova solicitação desse material chegava aos professores e alunos da PUC-Minas, assim como chegavam transeuntes em busca de pequenas porções da tinta, amostras de terra, informações, solicitando explicações mais detalhadas acerca do processo de fabricação ou do preparo das paredes que receberiam tinta de terra.

Entre os próprios detentos, novas perguntas a cada dia se tornavam freqüentes, assim como entre os agentes penitenciários que os acompanhavam nos trabalhos de campo.

3.2. Repercussões e desdobramentos

Como todo o processo foi registrado através de fotografias, ou do levantamento de custos comparativos e através das amplas discussões entre os participantes relativas aos benefícios do emprego das tintas à base de terra, percebeu-se que a dimensão inicial do trabalho havia extrapolado seus limites. Ou seja, com o emprego da mão de obra dos detentos nos trabalhos de pintura, onde se pensara possibilitar através do indulto a redução da pena de cada dos mesmos, houve também um trabalho de caráter social: a valorização dessas atividades não só por parte dos funcionários e dos administradores municipais, mas também por parte de toda a comunidade poços-caldense. A população acompanhou tais atividades através da imprensa e através das visitas periódicas ao canteiro de obras de recuperação do casarão que culminou com o resgate de cidadania para cada um dos detentos. Seguem-se depoimentos de alguns daqueles que participaram desta obra que durou quatro meses e meio, que consumiu entre todos os materiais gastos cerca de R\$ 6500,00 (seis mil e quinhentos reais), ou seja, menos de um terço daquilo que se gastaria apenas adquirindo tintas industrializadas para a pintura da mesma edificação, além dos benefícios gerados ao meio ambiente com o emprego de materiais naturais e alternativos, produzidos artesanalmente.

De acordo com os detentos envolvidos, “foi uma experiência interessante, me senti orgulhoso pelo jeito que o prédio ficou. A forma que se encontrava e como a gente deixou. Aprendi uma nova profissão. Trabalhar com essa tinta e prepará-la. Pode até ajudar em meu futuro”. M.R.B.S, 30 anos. Ou então nas palavras de A.C.P.S, 37 anos: “foi uma experiência muito boa poder ganhar a remissão além de aprender uma nova profissão. Gostei de trabalhar com essa tinta que no começo dá trabalho, mas que depois a gente pega o jeito dela e fica tranqüilo. O mais gratificante são os elogios que a gente recebe e escuta dos outros”. Igualmente comovente e interessante são as palavras de C.A., 27 anos: “Na verdade, quando fiquei sabendo que ia sair para trabalhar, já foi uma grande alegria. É a oportunidade de aprender outras coisas, de ter outros conhecimentos. É estar fora respirando ar puro e ver o resultado de um trabalho como pediram e como a gente queria. Uma experiência boa. Compartilhar com as outras pessoas o que a gente passa no dia-a-dia, sobre como aprendemos, falar desse outro ambiente. Depois dessa experiência penso em ser o que era, trabalhador, mas diferente. Quero dar valor na liberdade e nos novos conhecimentos. Pensar no futuro, em busca do progresso”. Os autores dos três depoimentos podem ser observados a seguir na figura 5.



Figura 4. Os autores dos três depoimentos anteriormente apresentados sobre os trabalhos de pintura do casarão (Crédito: Souza, S. C., 2009)

4. PERSPECTIVAS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho que envolveu simultaneamente a administração municipal, o Curso de Arquitetura e Urbanismo através de seus professores e dois estagiários - bolsistas, os detentos e responsáveis pela SUAPI, os funcionários da Secretaria de Serviços Urbanos e a comunidade transcendeu as expectativas de resultados positivos e revestiu de extremo otimismo todos os envolvidos. Na fase de encerramento das atividades, em novembro de 2009, o Curso de Arquitetura produziu um filme caseiro e uma cartilha de memórias

entregue aos envolvidos no dia em que o Prefeito Municipal Paulo César Silva abria novamente para visitação e utilização o imóvel da Secretaria de Serviços Urbanos recuperado. Ao mesmo tempo, foi aberta para o público uma exposição denominada “Conhecer os Segredos da Terra”, para que, os visitantes recentes pudessem entender a dimensão atingida por essa experiência compartilhada. Tal exposição foi posteriormente apresentada durante a realização do “6º Seminário de Arquitetura e Construção com Terra de Portugal” e “9º Seminário Ibero-Americano de Arquitetura e Construção com Terra” realizado na Universidade de Coimbra, em Portugal, no período de 20 a 23 de fevereiro de 2010. Atualmente, dos dez ex-detentos envolvidos nessa experiência, apenas um encontra-se detido. Os demais, contratados por empresas ligadas ao setor da construção civil, procuram, cada qual a sua maneira, disseminar os conhecimentos adquiridos durante tão gratificante experiência.

Para concluir, uma mensagem que se expressa através de trecho de uma canção brasileira: “fé na vida, fé no homem, fé no que virá. Nós podemos tudo, nós podemos mais, vamos lá fazer o que será” (Gonzaguinha e Erasmo Carlos em Sementes do Amanhã).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, A. F. et al.(2007). *Cores da terra. Fazendo tinta com terra*. Viçosa: UFV.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patricio S.; HOFFMANN, Márcio. (2005). *Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra. Práticas de campo*. PROTERRA. Disponível em: <http://www.redproterra.org>

AUTORES

Rosana Soares Bertocco Parisi, Arquiteta e Urbanista (FAUPUCCAMP /1985), Mestre em Urbanismo Moderno e Contemporâneo (FAUPUCCAMP/2002), Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental (EESC-USP/ 2008), Membro do PROTERRA (2004) e da Rede TerraBrasil (2006).

Esther Aparecida Cervini, Arquiteta e Urbanista (FAUPUCCAMP /1986), Mestre em Artes Visuais pela UNESP/ 1990.

Sandra Souza, Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas desde 2004.



UMA EXPERIÊNCIA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA CRUA NA PARAÍBA, ATRAVÉS DA CASA DOS SONHOS

Lucía Esperanza Garzón¹, Yudith Gomez², Normando Perazzo³, Patricia Queiroga⁴

(1) Tecnotierra /Entidade Privada Colombiana. E-mail: luciagarzon@yahoo.com, tecnotierracolombioia@gmail.com

(2) ONG Casa dos Sonhos. E-mail: Judith_gch@yahoo.com.ar / casadosonhos2009@terra.com.br

(3) Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas, Universidade Federal de Paraíba. E-mail: nperazzo@ct.ufpb.br

(4) pgqueiroga_3@hotmail.com

Palavras-chaves: Transferência tecnológica, capacitação, sustentabilidade, habitação social

Resumo

A “Casa dos Sonhos” é um projeto social inovador, desenvolvido por uma associação sem fins lucrativos, em Santa Rita, periferia da Grande João Pessoa/PB. Esta associação trabalha com mais de cem famílias de baixa renda da comunidade Santo Amaro, uma comunidade muito carente, na qual a maioria sobrevive da coleta de lixo. Espera-se que através da solidariedade seja possível garantir uma vida mais digna e justa para esta população. Este núcleo de desenvolvimento é uma experiência modelo na região que pode ser aplicado em outras comunidades muito carentes e excluídas dos direitos fundamentais da cidadania. O trabalho tem como essência, a construção da paz com sensibilidade social que é base da sustentabilidade social. A gritante necessidade de habitação digna por parte dessa comunidade levou ao desenvolvimento de trabalhos usando-se a terra como material de construção. Essa atividade faz parte da educação não formal e tem vinculada a esta, uma equipe técnica que conta com um engenheiro e duas arquitetas. Nos processos de autogestão comunitária e de melhoramento das condições de habitação das comunidades mais pobres precisam-se desenvolver projetos demonstrativos de habitação com objetivo de mostrar, valorizar e ensinar possibilidades técnicas e eliminar os preconceitos, a fim de se conseguir um melhoramento integral das moradias e dos ambientes construídos. Num trabalho deste tipo, exige-se uma aliança, porque com organização e com ciência é possível desenvolver tecnologia para se chegar a uma real mudança com compromisso social. Dentro deste processo educativo, destacam-se os seguintes objetivos: a transferência tecnológica com diversas técnicas construtivas com terra para capacitar a comunidade, incluindo as mulheres, para a autoconstrução, o melhoramentos de suas casas, de um modo ecológico e econômico, fortalecendo assim a auto-estima, a organização e a participação ativa na transformação de sua realidade familiar e social.

1. ANTECEDENTES

A Casa dos Sonhos atende a população da comunidade Santo Amaro, em Várzea Nova da cidade de Santa Rita. A comunidade formou-se pela ocupação de terrenos da União Federal, debaixo dos fios de alta tensão. Atualmente, moram aproximadamente 200 famílias das quais, 85 moram em casas de taipa mal construídas. Sem infra-estrutura básica, no inverno, muitas famílias sofrem sérias conseqüências das forças da natureza e ficam sem casa. A maioria dessas pessoas é desempregada, sem renda fixa, que vive de fazer “bicos” e reciclagem de lixo. Muitos de seus filhos levam o sustento para casa com seu “trabalho” (pedir na rua). Há um número importante de pessoas consumidoras de álcool e de drogas, como também, as mulheres e crianças vitimas da violência doméstica.

Graças ao trabalho da Casa dos Sonhos, a comunidade está sendo alvo de atenção da sociedade e do governo municipal: As crianças e as mulheres iniciarão um processo sócio-educativo que lhes abrirão a autoconsciência em relação à capacitação, a maior participação social que gera outra perspectiva de vida.

O trabalho com o bairro é uma intervenção integral que procura o desenvolvimento holístico da comunidade participante, com o principio da reciprocidade e da equidade social. No processo de intervenção, foi construída uma parte da sede da Casa dos Sonhos com a

técnica do bloco de terra comprimida (BTC), tipo Mattone. Posteriormente, foi feita a construção de habitações para famílias necessitadas. Neste último ano, foram feitas duas oficinas de capacitação e de motivação da comunidade, com a construção de uma casa de artesanato para as mulheres, com quatro técnicas alternativas com terra que resultou num espaço de geração de recursos para elas.

O processo de construção, ensino e transferência tecnológica com a “terra” como material construtivo iniciou-se em 2005, com um trabalho integrado entre comunidade, organização não governamental, universidade e cooperação internacional, com o acompanhamento de profissionais particulares. Este trabalho está inserido dentro dum projeto de intervenção social com a comunidade.

Trata-se dum processo construtivo demonstrativo, aplicando uma técnica de construção com terra. Esse processo desenvolveu-se utilizando o BTC, também denominado bloco ecológico. Com esta tecnologia se começou a primeira obra no bairro, tendo sido construído um salão na sede da Casa dos Sonhos (figura 1), onde se desenvolvem as atividades sócio-educativas com as crianças e adolescentes da comunidade.

Em continuidade com este processo, e atendendo às necessidades da Casa, foram construídas duas salas para atividades educativas e de informática (figura 1). Trata-se de um espaço num total de 72 m², na parte fechada. Hoje este projeto serve também para valorizar a construção com material de terra, além de ter socializado e capacitado o pessoal com as técnicas de construção apropriadas. Ademais permitiu analisar custos, rendimentos, qualidade, facilidade e dificuldades dos mesmos.



Figura 1. Salão multiuso de 40m², construído com tijolo convencional e BTC. (Fotografias de Yudith Gómez 2005).

Numa terceira etapa (ano 2008 e 2009), iniciou-se um processo para realizar projetos demonstrativos e solucionar parte da problemática de moradia. A idéia foi demonstrar às famílias outra possibilidade construtiva com materiais não convencionais, que permitiria aos moradores da comunidade melhorar ou refazer suas casas, já que eles constroem suas casas de taipa de mão sem técnica, com pouca qualidade e sem estabilidade por não possuírem recursos.

Para isto continuou-se utilizando e aplicando a técnica de BTC, com tijolos construídos pelos participantes dos espaços de capacitação, como melhor alternativa construtiva. Isso porque a utilização de recursos locais implicaria o uso de muita madeira, material que para esta população não é acessível pelos altos custos. O BTC é uma técnica compatível à disponibilidade de material (terra) e de um equipamento, neste caso de propriedade da UFPB. Outro fator analisado foi a disposição de mão-de-obra local, já que atualmente as famílias têm grande necessidade de melhorar suas casas, além de estarem desempregadas.

Assim, foram construídas duas casas, uma com sistema misto e outra com BTC (figura 2). Em breve será iniciada a construção de uma terceira casa (fora dos espaços da Casa dos

Sonhos). Deste modo, estão sendo atendidas as famílias em situação de emergência que não tem outra alternativa para ter garantido um direito fundamental como é a moradia.

Usando este recurso natural, ampliou-se a área de construção, já que, com a mesma quantidade de dinheiro, utilizando recursos convencionais, seriam construídos 45m², e com este sistema construtivo foram construídos 67 m² a 72m², além de agregar valores como melhoria ambiental e social e diminuir a contaminação ambiental.

Cada experiência constitui um espaço de aprendizagem sobre metodologias de intervenção, técnicas de construção e qualidade na produção. Também, estas experiências ajudaram a identificar: as resistências da população e os problemas com os custos de mão-de-obra, no caso de se ter de pagar a fabricação do bloco e, a necessidade de ter o controle de qualidade na fabricação e na construção. Graças a estas experiências, se continua pensando em outros projetos.



Figura 2. Casa de bloco de terra prensado de 60m² em João Pessoa (Fotografias de Lucia E. Garzón)

Numa quarta etapa (2009-2010), decidiu-se realizar outro novo projeto comunitário: o artesanato (figura 3), um espaço dedicado a atividades produtivas de geração de renda com as mulheres da comunidade, já que elas são as que mais participam, estão desempregadas e necessitam trabalhar para melhorar a qualidade de vida.

Este projeto foi realizado com escassos recursos, com materiais doado e reciclado e os trabalhos foram em mutirão com pessoas da comunidade e estudantes da UFPB.



Figura 3. "Artesanato", obra realizada durante uma oficina de transferência com quatro técnicas de construção com terra crua. João Pessoa (Fotografias de Lucia E. Garzón)

As técnicas empregadas foram: BTC, bahareque pré-fabricado e pau-a-pique. Uma inovação foi o uso do bahareque com casca de coco e bambu e outra foi o pau-a-pique com ripa de madeira e terra. A execução da obra dentro de um curso de "transferência tecnológica" que se realizou durante três dias, com a participação ativa de trinta pessoas voluntárias entre as quais jovens, mulheres e homens da comunidade, além de estudantes

de arquitetura e de engenheira. Em curso posterior, realizaram-se os acabamentos deste módulo, com revestimento de terra e cal e com pinturas com minerais de terra.

Atualmente está-se elaborando um projeto urbano demonstrativo a pequena escala, cujo objetivo é demonstrar como um núcleo de oito famílias pode compartilhar um espaço comunitário e espaços familiares, funcionando a pequena escala de forma sustentável.

Durante o processo de projeto, planejamento, produção e construção, vai-se consolidando um processo de autogestão comunitária, onde as famílias elaboram uma solução para seu problema de moradia e vão capacitando-se com o trabalho coletivo e cooperativo. Desta forma, vão-se despertando processo de consciência e auto-estima, com mudança de hábitos e troca de saberes.

O conjunto habitacional (figura 4) está planejado em módulos e com desenvolvimento progressivo. Assim, ele pode de adaptar às necessidades sociais, culturais e econômicas dos moradores.

Em forma paralela se projeta iniciar a criação de uma pequena empresa de produtos de materiais ecológicos e reciclados com materiais não convencionais, ao mesmo tempo em que um grupo de pessoas se vai qualificando na capacidade produtiva e na construção de obras. Ainda se têm muitas barreiras para superar, motivo pelo qual o processo se encontra ainda na etapa do planejamento. Um aspecto muito favorável é que a construção com terra oferece bom desempenho (Neves, 2005) em relação às condições ambientais e térmicas do clima do local que exige em geral refrigeração artificial para regular as temperaturas variáveis.

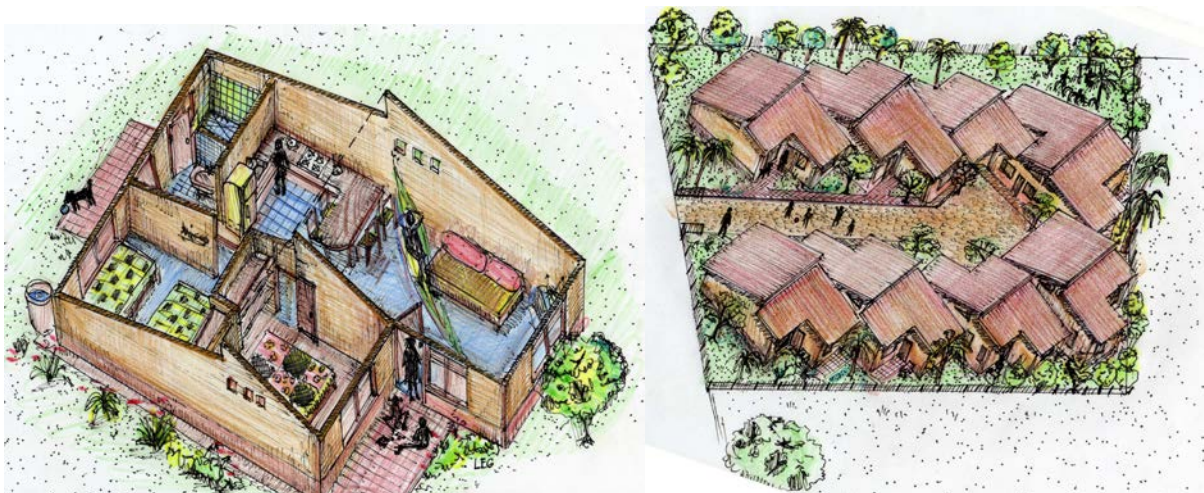


Figura 4. Perspectivas da vivenda uni familiar e vista do conjunto de oito casas sustentáveis com materiais não convencionais. (Desenhos de Lucia E. Garzón)

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

A transferência de tecnologia se realiza num processo dedutivo e indutivo. Este tipo de formação exige um método de ensino aprendizagem horizontal e democrático, dirigido por expertos que participam da construção e assim podem assegurar resultados positivos e rendimentos (metas de obras).

É um processo, onde se envolve o corpo: a experiência vivencial permite gravar o conhecimento desde a pele e passa a instâncias intelectuais. É importante reconhecer que já existia um vínculo social, gerado em parte pela associação que trabalha na comunidade, o que facilita a interação com ela. Isto permite convocar, promover e encontrar aos participantes. É fundamental esta etapa prévia para lograr com as comunidades populares, a aceitação e conseguir uma abertura neste tipo de intervenção.

Tudo se iniciou com um estudo de necessidades da comunidade e para isto se decidiu realizar o plano de obra, posteriormente uma apostilha, onde se ilustrou sobre as técnicas, os materiais a utilizar e os procedimentos a executar. Todo isto antes da realização das oficinas. As oficinas são, neste caso, um recurso pedagógico que permite à comunidade capacitar-se e aportar com seu trabalho à realização do espaço, onde se começa por selecionar e conhecer os solos para a execução das técnicas construtivas a empregar. Para a obra se recorreu à contratação da fundação, pisos e a cobertura por parte de operários. As paredes se realizaram durante as oficinas por autoconstrução e com a mão-de-obra com 30 aprendizes.

O processo se iniciou com a produção de blocos de terra comprimida, o manejo da máquina e a qualidade da produção com o material do local, e continuou com a elaboração de muros, em alvenaria, produção de paredes com bahareque e até a fase de acabamentos, com revestimentos naturais e tintas ecológicas.

3. AVANÇOS E PROBLEMÁTICAS

Durante o processo de cinco anos nesta comunidade, foram vivenciadas muitas experiências positivas e negativas, com acertos e dificuldades, entre elas e uma das mais importantes é **a aceitação deste sistema não convencional**, por parte da comunidade popular. Sem embargo, depois de realizar as obras, apropriar-se das mesmas e utilizá-las, a comunidade tem adquirindo uma visão diferente desses produtos e sistemas.

Durante este tempo, a Casa dos Sonhos serviu como real demonstração, a qual se encontra com um uso permanente por parte das crianças, mantendo-se em boa forma, sem ter afetado a qualidade e sem patologia consideráveis.

A maior dificuldade está na política habitacional, **falta de vontade dos funcionários do poder público, ausência de políticas nesta linha de trabalho e a ausência de apoio econômico** por parte das entidades financeiras.

Na última experiência, depois de ter demonstrado a viabilidade, a metodologia e aceitação dos usuários, encontra-se a barreira política e financeira para sua concretização. Os sistemas de subsídios não apóiam esses processos de inclusão como os realizados na Casa dos Sonhos. No entanto, fica uma grata sensação de que é possível introduzir novos materiais e técnicas nas comunidades mais vulneráveis, sendo acompanhadas de um trabalho social, metodologia acertadas e obras demonstrativas que dão credibilidade e constroem a confiança dos usuários.

3.1 Experiências

Dentro desta comunidade, vem-se realizando quatro experiências comunitárias com obras de terra. Um processo de cinco anos que demonstrou sua aplicação, aceitação e durabilidade, apesar de ainda faltar sistematizar o processo, racionalizar os sistemas construtivos, desenvolver ferramentas que facilitem a apropriação da técnica de alvenaria. O principal desafio é lograr preços competitivos que facilitem a socialização de estas técnicas. Isto, adicionalmente exige estudos e processos técnicos de manejo, porém requer sempre um trabalho de organização social para facilitar o desenvolvimento tecnológico para que avanços nesses sistemas sejam transferidos em forma dinâmica e pedagógica. As oficinas demonstram o potencial que se tem para construir um conhecimento de aprendizagem.

3.2 Desenvolvimento

De acordo às experiências realizadas com a comunidade de Santo Amaro, a apropriação por parte da população tem sido lenta porém positiva. Pouco a pouco e na medida que as técnicas vão demonstrando suas vantagens, as famílias vão reconhecendo as potencialidades, o trabalho multiplicador segue avançando e os sistemas construtivos vão adquirindo outra dimensão. O mais importante é que o processo tem permitido a um grupo

da comunidade aprender e apropriar-se dos processos para intervir, manter e realizar ampliações de suas próprias casas como se observa na figura 5.



Figura 5. Participação das mulheres e jovens na etapa de acabamento dos revocos com terra.
(Fotografias de Lucia E. Garzón, 2010)

Existem muitos desafios para lograr que os conhecimentos e pesquisas realizadas, por parte dos centros de investigação e das universidades de muitos lugares do planeta, sejam transferidos às comunidades carentes. No entanto, falta realizar processo de formação e de sensibilização com os profissionais para que cada um deles seja transmissor e na ação profissional realize uma ação pedagógica com o conhecimento científico e técnico, para que as comunidades carentes se apropriem das técnicas de autoconstrução, com o acompanhamento e assessorias de técnicos (Garzón; Neves, 2007).

4. CONCLUSÕES

Existem setores da população em muitos países em via de desenvolvimento que não têm acesso ao mercado formal para aquisição da casa do sistema econômico dominante, portanto não participam de programas de poupança, empréstimos ou financiamentos. Apesar das inúmeras críticas recebidas, a autoconstrução continua sendo uma estratégia viável e necessária para a população sem recursos. É necessário aproveitar a contribuição de mão-de-obra para solucionar o problema habitacional, diminuindo os custos.

Enquanto a desigualdade social não seja atendida com consciência planetária, os processos de autogestão comunitária continuam sendo um espaço necessário que promove a atividade da comunidade e permite transformar a realidade.

A experiência deste processo mostrou que existe um grande potencial no aproveitamento da mão-de-obra comunitária e na integração que a construção com terra pode promover, porém muitos obstáculos ainda persistem desde a própria participação da comunidade até as exigências da organização técnica e social antes do desenvolvimento dos empreendimentos.

É necessário desenvolver ferramentas que facilitem à comunidade, sem muita capacitação, construir as alvenarias de forma ágil, que acelere os processos e permita melhorar a qualidade nos resultados.

Ademais do desenvolvimento tecnológico é necessário empreender ações políticas e gestões institucionais estratégicas em cada lugar para sensibilizar funcionários e população, difundir em meios de comunicação as experiências e logros, mostrar as metas alcançadas e executar projetos demonstrativos com o objetivo de visualizar a problemática e abrir o espaço para que as instâncias dos poderes público e privado, especialmente o do mercado de materiais, permitam e apoiem outras alternativas para solucionar uma problemática que os governos não atendem. São muito importantes as alianças entre as instituições como as universidades e ONGs, onde cada uma aporta e desenvolve parte dos projetos que

incentivem a investigação e contribuem na direção de avanços tecnológicos com matérias não convencionais, tendo como público alvo as famílias sem recursos.

Desde a perspectiva ecologia é importante compreender que enquanto não exista equidade social é muito difícil que se possa habitar o planeta de forma sustentável. É evidente que a paz se constrói quando há dignidade para a Terra e seus habitantes, e que uma forma ecológica é interatuar com justiça. Como diz Leonardo Boff¹:

A terra possui dignidade e por isso é portadora de direitos. Por nossa parte temos o dever de cuidá-la, amá-la e mantê-la saudável para que siga gerando-nos e oferecendo-nos os bens e serviços que nos presta. Sem ela tampouco poderemos viver nem manter nenhum sistema econômico ou humano.

É necessário construir um pensamento holístico, ecológico e sustentável. É necessário processos de trabalho comunitário, de interação humana, valorização do outro e respeito pela exploração de recursos. O uso da terra como material de construção é uma possibilidade para atenuar a problemática habitacional. Aproveitar racionalmente os recursos locais, com equilíbrio e responsabilidade pode aliviar a dor da humanidade que sofre marginalidade e exclusão social.

Agora começa o tempo de uma bio-civilização na qual a terra e a humanidade, dignas e com direitos reconhecem sua recíproca pertença, sua origem e destino comum (Leonardo Boff¹).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Garzón, L.E.; Neves, C. M. M. (2007). *Investigar, formar, capacitar y transferir. Los grandes desafíos de la arquitectura y construcción con tierra*. Apuntes, v 20, n 2. p. 324 -335.

Neves, Célia M. M. (2005). *O desempenho térmico da edificação de terra*. Arquitectura de terra em Portugal. Lisboa: Ed. Argumentum. p. 185-188.

NOTAS

(1) www.leonardoboff.com

AUTORES

Lucia Esperanza Garzón, arquiteta, com 20 anos de experiência em arquitetura e construção com terra e materiais naturais. Representante da Rede PROTERRA em Colômbia. Desenha, constrói, investiga e transfere tecnologias com materiais não convencionais. Coordena diversos programas de formação e promove diplomados e seminários internacionais sobre tecnologias sustentável com terra. Participa de conferências, eventos e oficinas internacionais em EEUU, México, Portugal, Espanha, Brasil, Peru, Chile, EL Salvador, Venezuela, Costa Rica, Uruguai entre outros.

Yudith Del Valle Gómez, licenciada em trabalho social, Argentina, com residência na Paraíba, Brasil. Coordenadora financeira e da área de bem estar social da Associação Casa dos Sonhos.

Normando Perazzo Barbosa, engenheiro civil, mestre em Engenharia Civil, curso de especialização em concreto armado no Politécnico de Milão, Itália. Doutor pela Universidade Pierre et Marie Curie, Paris. Prof. Titular, pesquisador do departamento de engenharia civil e ambiental do centro de tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. Consultor nas áreas de engenharia estrutural, coordenador do laboratório de ensaios de materiais e estruturas do centro de tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. Deserve projetos de investigação na área de materiais e sistemas construtivos não convencionais, participando como voluntário de projetos comunitários.

Patricia Queiroga, arquiteta pela Universidade Federal da Paraíba, profissional liberal e voluntária em projetos comunitários.

Reflexões científicas, resultantes de trabalhos teóricos e/ou experimentais, sobre a construção com terra e a sustentabilidade, em suas diversas dimensões: ambiental, cultural, política, econômica e social.



Tema 5

Sustentabilidade da construção com terra



A OPERACIONALIZAÇÃO DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE: ENFRENTANDO O DESAFIO

Ana Cristina Villaça

Rede Iberoamericana Proterra, Rede TerraBrasil, Tel . 55 21 91466874. E-mail: anavillaca@gmail.com

Palavras-chave: sustentabilidade, cadeia produtiva, arquitetura e construção com terra.

Resumo

Muito se tem debatido sobre o conceito de sustentabilidade e seus reflexos na construção civil, especialmente nos códigos de obra e nos processos de certificação ambiental. Operacionalizar o conceito de sustentabilidade na construção civil é o atual desafio enfrentado por engenheiros e arquitetos. Isto significa colocar em prática o amplamente discutido conceito de sustentabilidade, diante da complexidade inerente à produção do ambiente construído. Porém a questão carece de um debate ainda mais amplo no que diz respeito à inserção de novos materiais de construção e componentes construtivos no mercado consumidor, especialmente quanto à terra como material de construção, além de maior divulgação junto ao consumidor final destes novos materiais, para possibilitar a formação de massa crítica sobre a qualidade da edificação que se quer habitar. As técnicas construtivas à base de terra têm muito a contribuir, tanto na sustentabilidade, como no maior acesso à construção, especialmente onde os materiais convencionais encontram dificuldades em serem utilizados, ou pelo custo, ou pela dificuldade de distribuição. Desta forma, este artigo tem por objetivo destacar a contribuição da terra como material de construção, na tentativa de operacionalizar o conceito de sustentabilidade na construção. Assim, quando em meados da década de 1980, as técnicas construtivas com terra re-surgem com a proposta de produção de construções menos impactantes, vem a reboque a possibilidade que reverter toda a lógica da cadeia da indústria da construção civil. Para isto, deve-se ter clareza que a durabilidade de um material não está vinculada a sua resistência, mas à adequação do seu uso e à servicibilidade da estrutura que este material deverá compor. Em arquitetura e construção com terra, isto fica bem evidente, pois a dosagem do material, a escolha da técnica, e outros quesitos como a cultura local, são eleitos levando-se em consideração o uso a que se destina a construção.

1. A CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO

O atual desafio enfrentado por engenheiros, arquitetos, urbanistas e administradores públicos é o de operacionalizar o conceito de sustentabilidade na produção do ambiente construído. Hoje, já não se discute o conceito, mas a maneira de colocá-lo em prática, o que envolve enfrentar a complexidade inerente tanto à cadeia produtiva da indústria da construção civil, quanto ao próprio conceito de sustentabilidade.

A Indústria da Construção Civil é composta por uma complexa cadeia produtiva que abrange subsetores industriais diversos, tais como: mineração, siderurgia do aço, metalurgia do alumínio e do cobre, vidro, cerâmica, madeira, plásticos, equipamentos elétricos e mecânicos, fios e cabos e diversos prestadores de serviços como escritórios de projetos arquitetônicos, e serviços de engenharia. Esta visão, que interliga setores diferentes da economia como extração, comércio e serviços, caracteriza toda a complexidade a ser enfrentada na organização do setor, como é mostrado esquematicamente na figura 1 (DECONCIC, 2008).

A produção do ambiente construído, ainda que possa ocorrer das formas mais inusitadas, deve seguir uma seqüência de procedimentos, técnicos e administrativos, que envolvem práticas profissionais, práticas sociais, relações de mercado, e normativas, configurando um cenário bastante complexo. Lidar com esta complexidade é um desafio inevitável, que deve ser enfrentado por todos os setores da sociedade.

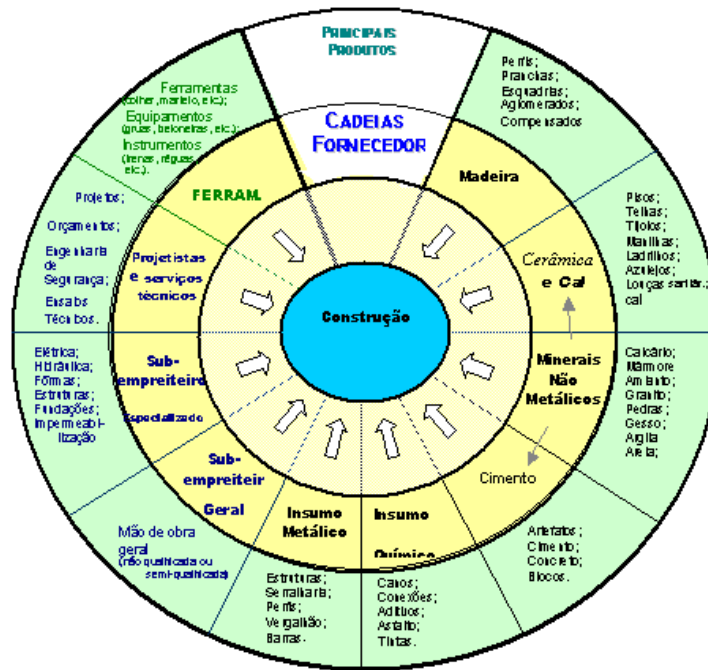


Figura 1. Principais fornecedores e insumos para a construção (adaptado de Fabrício, 2003)

A tecnologia construtiva adotada no país, baseada no consumo de materiais à base de clínquer (componente básico dos cimentos), é altamente poluidora. Consome de 100 a 200 vezes mais que a indústria automobilística. Estima-se para cada tonelada de clínquer de cimento produzido, é emitida 1ton de CO₂ para a atmosfera. A produção anual de cimento chega a 1,5 bilhões de toneladas, o que é responsável por 7% das emissões globais de CO₂. O gráfico 1 mostra a previsão do crescimento populacional em comparação com o consumo de concreto. A linha tracejada desenha uma parábola que tem seu ápice em 2050, com o consumo de concreto de 18 bilhões de t/ano, e a partir de então começa a decrescer até que em 2100 chega ao mesmo consumo do ano 2000. Esta previsão considera que até o ano 2050 a sociedade já terá conseguido incorporar os princípios da ecologia industrial e que a durabilidade das estruturas construídas terá melhorado. Desta forma, serão necessários menores volumes de matéria-prima para atender a novas demandas. Já o gráfico 2, faz uma previsão da concentração de CO₂ na atmosfera para o ano de 2100, caso o padrão de consumo e processos produtivos estabelecidos atualmente não apresentem mudanças, a concentração de CO₂ poderá chegar a 800 ppm (Mehta, Monteiro, 2008).

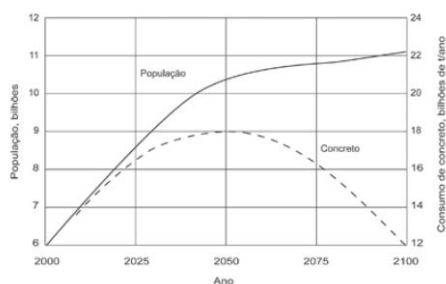


Gráfico 1. Previsão do crescimento populacional e consumo de concreto (Mehta; Monteiro, 2008)

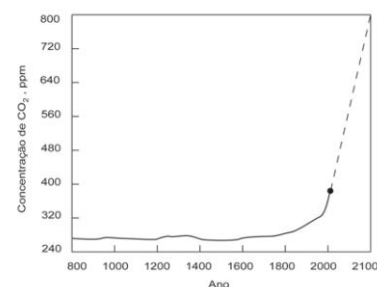


Gráfico 2. Concentração atmosférica de CO₂ passadas e futuras (Mehta; Monteiro, 2008)

2. A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

A velocidade com que a urbanização se espalha pela superfície do planeta e a intensidade com que os recursos naturais são explorados para alimentar processos produtivos que possibilitam os confortos da vida atual criam uma dinâmica insustentável para o planeta. A apropriação acelerada dos recursos naturais, e a geração de resíduos e emissões de gases poluentes interferem na resiliência dos ecossistemas, ou seja, a capacidade que os ecossistemas têm de voltar ao estado de equilíbrio natural, após sofrer um desequilíbrio. Uma das atividades mais poluidoras desenvolvidas pelo homem é a indústria da construção. Para tentar reverter este quadro, países têm tentado implantar o conceito de sustentabilidade no processo de produção do ambiente construído.

Este conceito vem sendo construído, ao longo dos anos, através de um amplo debate internacional, que começou a tomar forma, com um grupo de economistas, cientistas matemáticos, industriais e políticos, conhecido como Clube de Roma. Eles se reuniam no Instituto Tecnológico de Massachusetts - MIT, a partir de 1968, para debater problemas da humanidade, dentre eles, os limites do crescimento econômico, diante do uso crescente de recursos naturais, e tinham por objetivo entender as origens dos problemas e encontrar possíveis respostas, motivados mais pela crise energética resultante da escassez de petróleo, que pelos níveis de poluição elevados na época. Como resultado destes debates, o livro *Os Limites do Crescimento*, destaca a necessidade de se impor limites para o crescimento exponencial da atividade econômica, populacional e da poluição, baseado na alegação de que o mundo é finito em recursos naturais, energéticos e na sua capacidade de suporte da poluição (Cavalcanti, 1997). Assim, com uma preocupação focada na economia, o meio técnico começou a busca pela avaliação e maximização da eficiência energética, o que, inicialmente, resultou na preocupação de se produzir edifícios mais eficientes no consumo de energia, sem uma preocupação maior com o processo de produção, ou com os materiais construtivos.

Também, em 1972, a Organização das Nações Unidas – ONU organizou a 1ª Conferência sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo, na Suécia, para discutir o conceito de desenvolvimento sustentável e estabelecer correlações entre desenvolvimento e meio ambiente global. Propôs medidas efetivas para o controle das causas da degradação, reconhecendo a dimensão ambiental como condicionante e limitadora do modelo tradicional de crescimento econômico e de uso de recursos naturais. Nesta época, o Brasil liderou um grupo de países que se orientavam de modo contrário, e defendiam o “crescimento a qualquer custo”, baseado na idéia de que países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, por enfrentarem sérios problemas sócio-econômicos, não deveriam aplicar recursos na proteção do meio ambiente, pois sua degradação não era considerada como ameaça.

O conceito de “ecodesenvolvimento”, proposto pela primeira vez pelo canadense Maurice Strong em 1973, tinha como idéias centrais: renunciar ao crescimento exponencial e ilimitado; desestimular o desenvolvimento baseado em exportações maciças de recursos naturais locais; cessar o processo de degradação ambiental crescente; desmistificar a crença no progresso através da ciência e da tecnologia; alterar os padrões de consumo dos países industrializados e das elites dos países do Terceiro Mundo (Diegues, 1992 *apud* Cavalcanti, 1997). Mais tarde, Ignacy Sachs formulou os princípios norteadores do ecodesenvolvimento: a) satisfação das necessidades básicas; b) solidariedade com gerações futuras; c) participação da população envolvida; d) preservação dos recursos naturais e do meio ambiente em geral; e) elaboração de um sistema social garantindo emprego, segurança social e respeito a outras culturas; e f) programas de educação (Sachs, 1986 *apud* Cavalcanti, 1997).

Em 1980, a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) publicou a “Estratégia Mundial para a Conservação”, que introduziu pela primeira vez o conceito de “desenvolvimento sustentável”, com ênfase na capacidade de carga dos diferentes ecossistemas. Aqui cabe a observação de que as cidades são um grande ecossistema

artificial, criado pelo homem para a sua sobrevivência. A velocidade com que um ecossistema se reconstitui não é a mesma com que o exaurimos. A sustentabilidade ambiental significa também que o ritmo de emissão de contaminantes não supere a capacidade do ecossistema de se recompor.

O Relatório Brundtland, no Brasil “Nosso Futuro Comum”, publicado em 1987, reafirma a visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, em que se ressaltam os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas; aponta também para a incompatibilidade entre o desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes. Sua proposta reflete o longo processo de amadurecimento acerca dos padrões de desenvolvimento e crescimento econômico predominantes na sociedade ocidental desde a Revolução Industrial (Cavalcanti, 1997).

3. OPERACIONALIZAR A SUSTENTABILIDADE

Ainda que venham a surgir outros relatórios e outros termos, todos concordam que já não é mais possível consumir os recursos naturais, especialmente os não-renováveis, do modo e com a velocidade como tem sido feito nos últimos 100 anos. Nas duas últimas décadas, o conceito de desenvolvimento sustentável tem circulado pelas diversas áreas do conhecimento, conforme definido pela Comissão Brundtland, em 1987: “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades”. Porém, existe uma grande dificuldade, por parte de todos os setores da sociedade, em estabelecer quais são estes limites que devemos respeitar e quais mudanças devem ser implantadas.

No que diz respeito à situação brasileira, o déficit habitacional no Brasil, com dados de 2006, é de quase 8 milhões de moradias (IBGE, 2006). Isto implica a necessidade de construir mais habitações, o que significa que, se não houver uma grande mudança nos processos de produção de construções, os impactos ambientais continuarão crescendo.

Para mitigar estes impactos existem vários caminhos possíveis, e relativamente novos, dentro da própria cadeia produtiva da indústria da construção, como: a reciclagem de resíduos gerados na produção, a incorporação de resíduos em componentes construtivos através da utilização do modelo de empacotamento compressível em matrizes de concreto; o reuso da água dentro das unidades produtoras; a co-geração de energia nas unidades produtoras, conforme detalhado mais adiante. Estas possibilidades não lembram em nada as tentativas iniciais de diminuir os problemas habitacionais.

A princípio, as soluções adotadas foram: a diminuição da área útil das habitações; uso de materiais de baixa qualidade, para baixar custos por metro quadrado; a racionalização da construção sem a intercambialidade de peças que proporcionasse manutenção a baixo custo; a construção pré-fabricada com garantia de patente que criava dependência entre governo e fornecedor, dentre outras. Estas soluções, não consideravam as peculiaridades locais, tinham resultados insatisfatórios, pois havia grande ocorrência de patologias, o que diminuía a vida útil da construção. Havia a necessidade de soluções que contemplassem o maior número possível de aspectos como a qualidade do material; uma área útil onde se pudesse viver com dignidade e salubridade, além de considerar os diferentes modos de viver que ocorrem nas cidades brasileiras.

O conceito de “análise de ciclo de vida” embasou o desenvolvimento de diversas metodologias de avaliação ambiental de edifícios a partir da década de 1990, e para cumprir metas ambientais locais estabelecidas durante a Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, no Rio de Janeiro, em 1992, cada país considerou sua agenda ambiental, demanda por construções, regulamentação de mercado, e mudanças a serem estimuladas. As metodologias são muito variadas e vão desde a etapa de implantação do projeto, até a avaliação pós-ocupação. Porém, todos estes métodos partilham o objetivo de encorajar a

demanda do mercado por níveis superiores de desempenho ambiental, porém concentraram-se exclusivamente na dimensão *ambiental* da sustentabilidade.

3.1. Marco regulatório da sustentabilidade na construção

No Brasil, desde a Constituição Federal de 1988, os municípios têm exclusividade para legislar em assuntos de interesse local. Desta forma, deve legislar sobre o ordenamento territorial, mediante o planejamento e o controle do uso, parcelamento e ocupação do solo urbano. Por outro lado, as políticas habitacionais e de incentivo dos setores da economia estão no âmbito federal. A atual política brasileira para a indústria da construção civil não considera as construções com terra como uma realidade cultural. Estas técnicas são consideradas construção informal e de baixa qualidade, e por isso sua eliminação é incentivada.

As atividades da cadeia produtiva da construção civil apresentam extensa coletânea de normativas, com característica complexa e de difícil interpretação, devido à riqueza de detalhes, mas que por vezes não explicitam os motivos técnicos que resultaram em determinadas exigências. De modo geral distinguem-se dois tipos de normas, as legais (pertinentes, ainda que de modo indireto) e as técnicas. As normas legais (civis e administrativas) têm caráter compulsório, envolvem todos os regulamentos dos diferentes níveis governamentais ou autarquias profissionais. Já as normas técnicas há até pouco tempo consideradas voluntárias, passaram a ter caráter compulsório a partir da promulgação do Código de Defesa do Consumidor, em 1990. Estas normas são elaboradas a partir de estudos conduzidos por instituições técnico-científicas, com o objetivo de melhorar algum aspecto do produto final, seja estrutural, estético ou de seu processo de produção (DECONCIC, 2008).

Todas as normas pertinentes são aplicadas em diferentes fases da produção da edificação, desde a concepção do projeto (aprovação pelos órgãos responsáveis, quanto aos parâmetros mínimos, quanto ao impacto ambiental, quanto ao exercício profissional, e outros); a fase de construção ou montagem (fiscalização de leis trabalhistas, de normas de segurança do trabalho, gestão de resíduos); o uso ou ocupação da construção (fiscalização da aplicação das normas de saúde e segurança, além da responsabilidade civil do construtor); sua reforma em caso de vícios de construção (Código de Defesa do Consumidor); ou ainda, seu desmonte (gestão de resíduos de construção e demolição).

A grande e complexa estrutura de processos, normas e protocolos existentes visam fortalecer o controle sobre a produção do ambiente construído privilegiando os direitos difusos (coletivos). Porém, falta um questionamento sobre o que se deve ou não aproveitar da experiência de países mais adiantados no processo de operacionalizar a sustentabilidade nos seus meios de produção. Códigos construtivos modernos proporcionam maior liberdade de criação para os profissionais responsáveis pelas obras, tanto no que ao processo de construção, como ao material utilizado. Atualmente já se tem claro que o material deve atender às necessidades pontuais de cada obra a ser construída. Utilizar um material sofisticado em uma simples construção habitacional é desperdício de material e de energia, portanto não condiz com as premissas da sustentabilidade.

Na década de 1990, a entrada de produtos importados no país, causou grande concorrência. Pouco acostumadas à concorrência internacional e à qualidade dos produtos importados, as empresas brasileiras tiveram que se adequar aos padrões de qualidade vigentes no mercado internacional como questão de sobrevivência. Ainda em 1990, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT- emitiu a primeira versão da série ISO 9000, e as organizações brasileiras foram incentivadas a buscar excelência em qualidade, o que fez desta norma ISO, um marco no desenvolvimento de melhores práticas nas indústrias. Um pouco mais tarde estas práticas foram aplicadas ao setor de serviços, e ainda mais adiante nos serviços públicos. (FNQ, 2006) A certificação passou a ser um diferencial de mercado e começou a ser procurada pelas empresas, com o intuito de melhorar sua imagem frente ao consumidor¹.

A criação do Conselho Brasileiro para a Construção Sustentável (CBCS), em agosto 2007; deu início à de certificação de conformidade de empreendimentos brasileiros. Neste processo, optou por adotar os parâmetros do selo norte-americano LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). Esta metodologia de certificação atribui pontos para determinados quesitos de eficiência da edificação, considera a análise do ciclo de vida dos componentes construtivos da edificação, seu consumo de água e energia, além da qualidade da iluminação. De acordo com a pontuação atribuída, cada empreendimento pode receber um dos quatro tipos de selo: certificado, prata, ouro ou platina.

No Brasil, preocupação com a sustentabilidade na construção vem ocorrendo de forma tímida. A Fundação Vanzolini é responsável pela primeira metodologia nacional de certificação de edificações, desde 2007, desenvolvida em parceria com um organismo francês de certificação, que colaborou na adequação da metodologia francesa à realidade brasileira. A princípio esta metodologia foi aplicada para o segmento de construções comerciais, e mais recentemente, em 2009, para o segmento residencial. Nela são analisados 14 quesitos de conformidade, dentro e no entorno da edificação (Rocha, 2009). Apesar disto, o cenário nacional ainda apresenta pouca articulação da cadeia produtiva, o mercado não está preparado para, no curto prazo, ser avaliado através de um método sofisticado. Assim, como estratégia, está sendo usado um método simplificado e a gradual implementação, o quê poderá indicar adequações necessárias.

Para se ter sustentabilidade, a análise deve ir além do produto acabado, isto é, o edifício. Há que se considerar toda a complexidade envolvida na produção da construção. Nenhum sistema de certificação pode avaliar corretamente a qualidade ambiental de uma edificação, se este sistema não foi construído especialmente para uma determinada realidade. Sabe-se que não é sustentável a adoção de sistemas exógenos, pois não consideram as peculiaridades locais. Ainda que, para que se consiga isto, se tenha que passar pela mesma trajetória que já passaram países desenvolvidos.

3.2. A dinâmica das relações de trabalho

A cadeia produtiva da construção civil contribui com 11,9% do PIB brasileiro; emprega 1,9 milhões de pessoas com carteira assinada, o que representa 5% do total dos empregos formais no país. De 2003 a 2008, criou 808 mil vagas de emprego, e em 2009, 210 mil postos de trabalho, totalizando 18% das novas vagas de emprego formal (Meirelles, 2009). Ainda assim, com um déficit de 8 milhões de habitações no país, o setor ainda tem potencial para empregabilidade neste setor, pois ocupa posição estratégica na geração de empregos, uma vez que a criação de um posto de trabalho na construção demanda pouco investimento, se comparado à criação de emprego nas indústrias mais intensivas em capital, pois a construção civil é responsável por muitos empregos de menor qualificação, que atendem às camadas menos instruídas e mais carentes da sociedade.

A reciclagem de resíduos sólidos é uma das estratégias que visam a sustentabilidade. Laboratórios de pesquisa em centros e universidades brasileiras vêm estudando as possibilidades de aproveitamento de resíduos incorporados à matéria-prima de confecção de componentes construtivos. Isso tem conseqüências positivas como a diminuição do volume de resíduo nos lixões e aterros sanitários, a diminuição do uso de matérias-primas não-renováveis, além da geração de renda através da incorporação de pessoal com baixo nível de capacitação na atividade da cata e seleção destes resíduos. Estas iniciativas criam sinergia na vida econômica local, com a inclusão social e a geração de renda de uma parte da sociedade sem perspectiva de futuro, com renda mensal variando entre 1,5 salário mínimo nas regiões sul e sudeste do Brasil, e 1 salário mínimo nas demais regiões.

3.3. O mercado consumidor

O estudo prospectivo da cadeia produtiva da construção civil aponta que R\$ 52,69 bilhões de reais são gastos na produção de unidades habitacionais, sendo a autoconstrução responsável por R\$ 11,21 bilhões de reais, ou aproximadamente 21,2% do fluxo de capital. Este relatório aponta que 60% das unidades habitacionais comercializadas no país são

referentes à autoconstrução. Neste mercado, que tem como consumidor final o público de baixa renda (até cinco salários mínimos) e média renda baixa (de cinco a dez salários mínimos) a participação da construção informal atinge quase 85% do total produzido (DECONCIC, 2008).

Em relação à autoconstrução, observa-se a falta de políticas de apoio e a baixa capacidade de regulação e coordenação. A informalidade e a escassez de normalização técnica prejudicam a produtividade com grande desperdício. A autoconstrução tem potencial para reduzir o problema do déficit habitacional, desde que houvesse a) capacitação da mão-de-obra, que produziria construção de b) melhor qualidade, dentro da c) conformidade com os padrões (DECONCIC, 2008).

Um estudo sobre a oferta e o consumo de materiais de construção ditos ecológicos², conduzido pelo Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Espírito Santo (DAU-UFES) em diversas cidades daquele estado, conclui que um dos maiores gargalos para o consumo de materiais ecológicos é o desconhecimento por parte dos arquitetos, planejadores, construtores e consumidores. O estudo conclui ainda que grande parte da aplicação destes materiais ocorre em construções de uso comercial e seu uso é mais por questões de marketing que por questões de consciência ambiental. Foram entrevistados proprietários de obras onde havia empregado materiais ecológicos e foram traçados três perfis de consumidores: a) os "ambientalmente conscientes" usam materiais alternativos, simples e recicláveis por opção, geralmente em áreas rurais. O poder aquisitivo não influencia a opção pelo uso; b) os "criativos por necessidade" usam os materiais verdes por falta de acesso aos convencionais, moram em áreas de risco e são de baixo poder aquisitivo; c) os "ambientalmente chiques" usam materiais reciclados, produzidos em escala industrial, por terem uma percepção de que estão na moda (Costa, 2009). Isto confirma a existência de um grupo consumidor de produtos de baixo impacto ambiental, e que pode ser um segmento da sociedade que tem potencial para consumir construções a base de terra. A questão da produção em escala dependerá da demanda por este material. O uso mais eficiente dos recursos naturais, com aumento da produtividade, retardará o esgotamento de recursos na entrada da cadeia de valor e reduzirá a poluição ambiental em sua saída.

A inserção de novos materiais de construção não é tarefa simples. A terra carrega consigo uma grande carga de preconceitos. Como inserir este material em um contexto tão complexo como o que foi descrito anteriormente? Já existem, por exemplo, fornecedores em Goiás, outra empresa já comercializa habitações prontas, com técnicas de terra, e em São Paulo, uma outra empresa oferece projeto e materiais ecológicos. A tendência é que com a procura por estes materiais e técnicas, as empresas se organizem para oferecer estes produtos e serviços no mercado (Caratti, 2007).

Acompanhando este cenário, surgiu a necessidade de um fórum para discutir as questões afetas à construção com terra em nível nacional. Assim no final de 2006 foi criada a Rede TerraBrasil, formada a princípio por alguns pesquisadores brasileiros que integram a Rede Iberoamericana Proterra, com o objetivo de compartilhar experiências, informação e divulgar eventos, textos e obras que tenham como tema a arquitetura e construção com terra no contexto brasileiro. Com o tempo, foram se agregando outros profissionais com os mesmos interesses, e hoje somos em torno de 50 integrantes. As principais ações da Rede TerraBrasil são a) Transferência de tecnologia; b) Ensino, formação e capacitação; c) Publicações técnicas; d) Promoção e participação em eventos; e) Apoio à elaboração de normas técnicas; f) Difusão da tecnologia, e g) Promoção de parcerias nacionais e internacionais. Estas informações circulam em um grupo muito pequeno, se comparada com a população, o que indica que ainda há muito a ser feito.

Porém, ainda existe no imaginário coletivo uma correlação forte entre um material não-convencional e o custo reduzido. Isto se dá devido à imagem destes materiais com "materiais que não são tão bons", ou seja, que não têm qualidade. Os materiais não-convencionais nem sempre são menos dispendiosos que os convencionais. O que faz com

que um material não-convencional exista é uma característica que ele apresenta que é melhor que a do material convencional, que pode ser o preço, ou não. Em geral, esta característica está mais voltada para a questão da durabilidade, ou da acessibilidade que as pessoas têm ao material e, principalmente da sustentabilidade. Isto precisa ficar claro para o leigo, pois suas escolhas devem ser conscientes e não um mero modismo. O metro quadrado da construção convencional pode chegar a R\$ 1.000,00 até R\$1.200,00 nos grandes centros urbanos, incluídos impostos e encargos sociais. As técnicas construtivas com terra podem resultar em uma construção com custo de até R\$ 150,00/m². Isto pode variar de acordo com o tamanho da obra, qualidade dos acabamentos, complexidade das instalações elétrica e hidráulica. Nas construções com terra, a disponibilidade de material no local da obra ou proximidades e a disponibilidade de mão-de-obra capacitada fazem a diferença, podendo chegar a 1/5 do custo de uma casa convencional (Caratti, 2007).

Para minimizar os bloqueios existentes, sugere-se aproveitar a infraestrutura existente, assim como os fornecedores de matéria-prima disponíveis. Assim a criação de Arranjos Produtivos Locais³ favorece a articulação da vizinhança na produção de componentes construtivos a base de terra.

Uma vez solucionadas as limitações de ordem técnica ou tecnológica, deve ser dada publicidade aos novos modos de construir, ou seja, proporcionar o acesso à informação técnica para a sociedade, em especial ao consumidor final. Neste quesito, arquitetos e engenheiros devem assumir com mais ênfase esta missão: a de informar as potencialidades e as limitações técnicas, funcionais e estéticas e econômicas da terra como material de construção. Isto favorece a formação de uma massa crítica de consumidores, que possa gerar demanda para políticas públicas para a produção, normatização, certificação de construções mais sustentáveis, que possam considerar a terra como material de construção, e atender às necessidades da sociedade brasileira.

O uso da terra como material de construção já está comprovado quanto à sua durabilidade, conforto térmico e higroscópico através das inúmeras construções do legado das muitas sociedades em diferentes períodos e locais da história da humanidade. Não se trata agora de enaltecer as vantagens, pois elas já são conhecidas. A terra como material de construção não substituirá o consumo dos materiais convencionais, mas re-surge como mais uma possibilidade para arquitetos e planejadores, quando se pensa em atender aos quesitos de sustentabilidade na construção, especialmente em locais onde o acesso aos materiais industrializados é difícil. Desta forma, é natural que sua aplicação deva passar por controle de qualidade. O obstáculo quanto ao uso da terra como material de construção é o da inserção no atual cenário da construção civil como material tão confiável quanto qualquer outro, desde que utilizado em conformidade com as técnicas e respeitando as limitações conhecidas. Como viabilizar? O mercado exige garantias. As construções com terra podem ser certificadas quanto a sua qualidade, através de pessoal capacitado, durante testes no processo construtivo, ou ainda por testes não destrutivos ao longo de sua vida útil.

O preconceito que existe quanto a este material se deve ao fato da terra enquanto material de construção estar relacionada à miséria, doenças e falta de saneamento. Este preconceito deve ser derrubado através da ampla divulgação da informação técnico-científica a respeito. Pois não existem estudos, que afirmem, por exemplo, que a proliferação do barbeiro ocorre em casas de terra. O que existe é a sua proliferação em locais onde falta saneamento, e como consequência de casas onde não há a manutenção adequada de seus elementos construtivos.

4. CONCLUSÕES

Para que arquitetos e engenheiros possam dar conta desta missão, se faz necessário que as universidades incluam em seus currículos o estudo das técnicas retrospectivas, materiais não convencionais, não só pelo viés histórico, mas também pelo viés da inovação tecnológica. Também deve ser incentivada a formação de equipes multidisciplinares nas

atividades de pesquisa e extensão, com intuito de coibir práticas reducionistas e privilegiar uma abordagem holística. A esse respeito, Mehta e Monteiro (2008) citam Edward Wilson, que em seu livro *The unit of knowledge*, relata que a maioria dos problemas que afligem a humanidade na atualidade não pode ser resolvida sem uma integração do conhecimento das ciências naturais com a ciência social e humanidades. Somente a forte integração das três criará condições de enxergar o mundo como realmente ele é. A isto chama “consiliência”, ou seja, a unificação de conhecimento pela ligação entre fatos e visões através das disciplinas para criar um território comum de ação. Assim, o processo começa pelo reconhecimento das necessidades de desenvolvimento sócio-econômico da sociedade; em seguida, adota soluções baseadas nas ciências biológicas e nos valores éticos; sempre visando a justiça social global, para então alcançar e desenhar uma política sólida de desenvolvimento com respeito a ambiente. (Wilson *apud* Mehta, 2008)

Soluções adotadas no passado podem ser aprimoradas com o conhecimento científico atual e aplicadas como solução sustentável, com adequação à normativa vigente.

No Brasil, parece existir um “engessamento” quanto à adoção de sistema construtivo baseado no consumo de clínquer (cimento e concreto). Talvez por conta de uma compartimentação dos saberes, inclusive dos saberes construtivos, que vem acompanhando a evolução humana. A visão holística dos modos de construir foi sendo abandonada. No que tange as ações administrativas, os processos de arquitetura e engenharia públicas, onde o governo intermedia e contrata profissionais habilitados para coordenar e conduzir as construções de autogestão para famílias com renda mensal de até três salários mínimos, vem ao encontro das necessidades das famílias menos favorecidas potenciais consumidoras de construção à base de terra.

Para inovar no setor da construção civil é necessário que as mudanças comecem por uma política pública setorial que considere as diferentes realidades brasileiras, proporcionando diferentes soluções em materiais e sistemas construtivos, o que deve pavimentar caminhos para que se fortaleçam os aspectos locais da sustentabilidade. A consideração da incorporação de materiais recicláveis em matrizes de terra contribuiria para a maior sustentabilidade dos componentes construtivos, pois, apesar de ser líder mundial na reciclagem de latas de alumínio e segundo lugar mundial na reciclagem de garrafas PET, o Brasil apenas recicla 13% de tudo o que é descartado, talvez devido à ausência de um marco regulatório ou incentivos fiscais que estimulem a reciclagem. O grande trunfo que a construção com terra tem a seu favor é o uso intensivo de mão-de-obra, ou seja, seu principal insumo, enquanto na cadeia da construção civil, o principal insumo é o material. Isto reverte a equação da construção civil convencional, desde que se consiga provar que é possível construir com qualidade sem depender de material industrializado. É preciso capacitar agentes multiplicadores para fazer o conhecimento permear a sociedade, utilizando conceitos de sustentabilidade, que inclui princípios sociais, ambientais, econômicos e culturais. Atualmente, estes métodos de construção estão atraindo tanta atenção que em pouco tempo poderão ser amplamente utilizados.

Difundir a arquitetura e construção com terra não se trata apenas de destacar as vantagens da terra como material de construção, mas também de considerar toda a história de adaptação do homem às técnicas de construir com terra, a preservação e perpetuação de sua herança cultural. Trata de adequar toda a herança cultural de uma técnica e descobrir em que medida pode ser aproveitada no contexto atual, principalmente no que tange ao baixo impacto ambiental e alto impacto social de seus processos. Ao conjugar estas tecnologias com a prática do planejamento/projeto, surgem possibilidades inexploradas de propriedades e comportamentos de materiais e projeto, com diferentes enfoques para o resultado final – a construção, além de uma simples prática hegemônica vigente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caratti, R. (2007). Mão-de-obra é insumo básico para construção ecológica. In: *Revista Sustentabilidade*. Disponível em: <http://www.revistasustentabilidade.com.br/noticias/entrevista-mao-de-obra-e-insumo-basico-para-construcao-ecologica/?searchterm=mão-de-obra%20insumo%20básico>.
- Cavalcanti, C. (1997). *Meio Ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas*. São Paulo: Cortez, Recife: Fundação Joaquim Nabuco.
- Costa, F.D. (2009). UFES identifica 3 tipos de consumidores de materiais de construção verdes. In *Revista Sustentabilidade*. Disponível em: <http://www.revistasustentabilidade.com.br/construcao-verde/ufes-identifica-3-tipos-de-consumidores-de-materiais-de-construcao-verdes/?searchterm=consumidores%20materiais%20verdes>.
- DECONCIC (2008). *Proposta de política industrial para a construção civil*. Edificações, caderno 1. São Paulo: Departamento de Indústria da Construção Civil, Fiesp.
- Fabrício, M. M. (2003). Construção civil na economia nacional. [texto preparado para subsidiar a aula de caracterização do setor de construção civil, com dados sobre a sua inserção na economia nacional].
- Fundação Nacional da Qualidade – FNQ (2006). Como a busca da qualidade em produtos evoluiu para o conceito da excelência em gestão, a partir de uma visão sistêmica do negócio. In: *Revista Classe Mundial*, 2006. Disponível em: http://www.fnq.org.br/download/classe_mundial/15anos.pdf
- IBGE (2006). PNAD - *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2004/default.shtml>
- Mehta, P.K., Monteiro, P.J.M (2008), *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: Ibracon.
- Meirelles, H. (2009). A conjuntura econômica e perspectivas do Brasil e o setor da Construção. FIESP: Palestra proferida na Construbusiness 2009, no dia 30.11.2009. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/deconcic/construbusiness%202009.aspx>
- Rocha, A.P. (2009), *Fundação Vanzolini lança certificação de construção sustentável para edifícios residenciais e conjuntos habitacionais*. Disponível em: <http://www.piniweb.com.br/construcao/sustentabilidade/fundacao-vanzolini-lanca-certificacao-de-construcao-sustentavel-para-edificios-residenciais-155950-1.asp>

NOTAS

- 1 No Brasil a questão da qualidade começou a ser pensada, tardiamente, na década de 1970, com foco na qualidade do produto. Nesta época, o então recém-criado Instituto Brasileiro de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), mais outras entidades como a Fundação Vanzolini, em São Paulo, e o Instituto Christiano Ottoni, em Minas Gerias, se dedicavam ao tema, e deram grande assistência à implantação de Programas de Qualidade Total, visando aspectos produtivos e administrativos. Em 1984 foi iniciada a capacitação de técnicos em centros avançados na Europa, nos Estados Unidos e no Japão, o que possibilitou treinar vários especialistas entre 1987 e 1997.
- 2 O conceito de ecomateriais surge a partir dos anos 90, para denominar o material que apresenta três aspectos: o desempenho (supera o estado-da-arte); o ambiente (existe de forma harmônica com a ecosfera); e a qualidade de vida (praticidade e conforto com respeito aos limites da natureza). Estas são características de ecomateriais, que foram monitoradas desde a extração da matéria-prima, transporte, beneficiamento, distribuição, consumo final e desmonte/descarte, avaliado como sendo de baixo impacto ambiental (baixa emissão de CO₂, baixo consumo energético, possibilidade de reuso ou reciclagem após descarte).

3 Arranjos Produtivos Locais (APL) são conjuntos de atores econômicos, políticos e sociais, localizados em um mesmo território, desenvolvendo atividades econômicas correlatas e que apresentam vínculos de produção, interação, cooperação e aprendizagem.

AUTORA

Ana Cristina Villaça é arquiteta e urbanista, mestre em urbanismo, membro da Rede Ibero-americana Proterra, Membro da Rede TerraBrasil. Atualmente desenvolve pesquisa na área de materiais de construção de baixo impacto ambiental.



ADOBE, HABITAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: TRADIÇÃO X INOVAÇÃO

Carolina Akemi Martins Morita

Av. Trabalhador São Carlense, 400, Centro, CEP: 13566-390, São Carlos, SP, morita.akemi@gmail.com

Palavras-chave: adobe, habitação, rejeição, sustentabilidade, construção

Resumo

Este artigo comporta uma tentativa de responder ao questionamento inerente à busca pela inclusão social e econômica de tecnologias sustentáveis em terra em programas habitacionais. Apresentamos resultados da pesquisa (apoio CNPq) que analisou e buscou compreender o fenômeno de rejeição do adobe no Assentamento Rural “Fazenda Pirituba” (Itapeva-SP), quando foi realizado o “Projeto Inovarural”. Trata-se de uma questão polêmica entre os pesquisadores, uma vez que muitos viam indícios de tradicionalismo nesta rejeição, enquanto partimos do pressuposto de que se tratava de uma recusa ao tradicional e arcaico. Temos como objetivos: 1) discutir a introdução de tecnologias e processos mais engajados social e ambientalmente, em projetos habitacionais de caráter participativo, com enfoque na aceitação controversa de técnicas construtivas em terra, mais especificamente do adobe; 2) trazer uma reflexão sobre as possibilidades de transformação do projeto arquitetônico, haja vista as repercussões e entrelaçamentos que estabelecem com uma realidade social já consolidada. Integramos um estudo bibliográfico à coleta de dados em campo, por meio de entrevistas, dentro da metodologia da pesquisa etnográfica. Aparentemente, o adobe, embora mais econômico e sustentável, era considerado trabalhoso e sacrificante em termos de capacitação e produção, e não tão confiável quanto a alvenaria convencional. Além disso, a casa de alvenaria fazia parte dos sonhos dos assentados. Percebemos que isto se relaciona à depreciação das tradições e costumes rurais mais rústicos, em virtude da inserção no universo da sofisticação urbana (a “novidade”), ao qual as famílias queriam pertencer. Concluímos que a dificuldade de se realizar transformações mais amplas na sociedade atual, em parte deriva do fato de que esta busca implica lidar com universos distintos de representação simbólica do mundo, plenamente configurados pela sociedade de massas. Com isso, acreditamos contribuir com subsídios para futuras tentativas de introduzir tecnologias construtivas em terra em programas habitacionais de interesse social.

1. INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

A experiência que analisamos neste artigo, ocorrida entre 2002 e 2005 no Assentamento Rural Fazenda Pirituba II (Itapeva-SP, Áreas I e IV), está inserida no contexto de estabelecimento de programas habitacionais com caráter participativo que vem se expressando de maneira mais efetiva, nacional e internacionalmente, a partir da década de 1960. Em âmbito nacional, de acordo com Shimbo (2004), esse debate nos remete principalmente às proposições e discussões implementadas pela “Arquitetura Nova” - Sérgio Ferro, Rodrigo Lefèvre e Flávio Império – a partir da crítica à alienação, controle, exploração presentes no canteiro de obras.

Baseado no método de pesquisa participativa (Thiollent, 1986), o “Projeto Inovarural”, como foi denominado, buscava inovar a produção da habitação popular de modo abrangente, através do processo, da gestão, dos materiais empregados ou do produto final, dentro da concepção de desenvolvimento sustentável. Cabe ressaltar que o desenvolvimento sustentável implica um processo no qual são envolvidos valores sócio-culturais, tendo uma dimensão política com a participação democrática da população na escolha de estilos e padrões de vida (Muñoz, 1996). Envolve um processo de melhoria das condições de vida das comunidades humanas que, ao mesmo tempo, respeita os limites da capacidade de carga dos ecossistemas, podendo-se destacar três dimensões de sustentabilidade: 1) social: maior equidade da distribuição de renda; 2) econômica: possibilidade de alocar e gerir com mais eficiência os recursos através de um fluxo regular do investimento público e privado; e

3) cultural: busca de uma pluralidade de soluções particulares, que respeitem as especificidades de cada ecossistema, de cada cultura e de cada local (Sachs, 1993). Este projeto tinha como objetivo propor a utilização de materiais alternativos (não convencionais) – preferencialmente a partir de recursos locais, renováveis, e menos agressivos ao meio ambiente –, através de um processo dialógico que garantisse a participação e aprendizado das famílias em todas as etapas decisórias. Preocupava-se com a formação, capacitação e conscientização da população; buscava-se respeitar tanto os saberes populares quanto os técnicos e científicos, permitindo a interlocução entre eles.

Diante dos resultados apresentados após a finalização deste projeto, partimos da questão que mais inquietava os pesquisadores e que se relacionava com o fato de que, aparentemente, o diálogo entre os assessores e os sujeitos da comunidade não se mostrava capaz de alterar certas pré-concepções já aceitas e tidas como verdadeiras pelas famílias. Isto porque estas acabaram por optar pelas alternativas mais convencionais e hegemonicamente aceitas pela sociedade, muito embora os assessores as tivessem questionado e apontado para possibilidades alternativas, mais econômicas, socialmente sustentáveis e racionais. Tal situação era evidente principalmente no que concernia aos materiais construtivos a serem empregados: ao fim do projeto, das 42 famílias envolvidas, todas, exceto uma, rejeitaram experimentar o adobe (bloco não queimado feito de terra/argila, palha, e secado ao sol) ao invés do bloco cerâmico convencional. Aparentemente, as famílias já tinham uma pré-concepção a respeito dos materiais apresentados, e uma ideia muito forte já formada a favor do tijolo convencional (sonhavam com a chamada “casa de material”). Os assessores, por sua vez, acreditavam na possibilidade de utilização de tecnologias e materiais mais socialmente sustentáveis e racionais.

Dentro deste impasse, o objetivo da pesquisa que realizamos foi possibilitar a compreensão das variáveis que influenciavam as escolhas das famílias envolvidas neste processo participativo, mais especificamente no que concerne aos materiais e técnicas construtivas a serem utilizadas, com ênfase no fenômeno da rejeição do adobe. Partimos do pressuposto de que não se tratava propriamente de uma aversão ao “novo”, como acreditavam os pesquisadores, mas sim de uma recusa ao tradicional e arcaico. Para tanto, integramos um estudo bibliográfico à coleta de dados em campo, por meio de entrevistas. Buscamos seguir uma metodologia de pesquisa etnográfica, a qual, de acordo com Santos (1985), consiste em construir o objeto a ser investigado, através do registro do universo cultural que o envolve, ou seja, de seus costumes, crenças, comportamentos e reações regulares ou únicas nas relações e dramas sociais do cotidiano. Trata-se, de acordo com Magnani (2002), de um olhar de perto e de dentro, como um estudo de grupos sociais e suas práticas quando propriamente inscritos na e com a paisagem/ contexto em que estão imersos.

2. BREVE DESCRIÇÃO DO PROCESSO ANALISADO

Inicialmente, descreveremos sumariamente as principais etapas do processo de discussão e concepção da habitação, desenvolvido pelo “Projeto Inovarural”, do qual participaram assessores e moradores. Basicamente, após o levantamento socioeconômico e organização das famílias em grupos, o processo de concepção do projeto propriamente dito foi dividido em três momentos distintos: discussão sobre programa de necessidades – através da adoção dos “temas geradores” em torno da moradia, tendo como base a abordagem de Freire (1978); discussão sobre planta arquitetônica (organização do espaço arquitetônico), através de desenhos; aprovação das plantas e escolha da volumetria adequada (forma da cobertura) e discussão sobre materiais construtivos.

A princípio, o diálogo estabelecido com as famílias tinha o intuito de compreender quais seriam suas principais aspirações e expectativas com relação à moradia. Isto veio a revelar “a relação que muitos fazem entre durabilidade, estanqueidade e conforto à casa de material (alvenaria), que é uma referência de boa qualidade de habitação” (Shimbo, 2004, p.97). Isto se evidenciou ainda mais durante a última etapa, que consistia na discussão a respeito dos

materiais construtivos a serem utilizados, e que envolveria, por sua vez, o aumento ou redução do custo final da moradia. Nessa fase explicitou-se a distinção de pensamento entre os pesquisadores e a população, já que os primeiros procuravam experimentar possibilidades alternativas (que levassem a uma redução do custo final da moradia, à possibilidade de aprendizado durante o processo de produção das unidades habitacionais, à perspectiva de geração de trabalho e renda e à utilização de materiais construtivos locais, preferencialmente renováveis). Os moradores, por outro lado, aspiravam, desde o início, a uma casa de alvenaria convencional, e não se mostravam dispostos a discutir sobre outros materiais. Segue um exemplo de fala que representa essa aversão de um assentado quanto aos materiais alternativos: “(...) o nosso sonho é uma casa de alvenaria, estamos aqui pra discutir casa de alvenaria”.

É bastante relevante ressaltarmos que, como pondera Shimbo (2004), alguns materiais alternativos apresentados pelos pesquisadores podem representar, para essa população assentada, um estigma de pobreza e precariedade, presentes em um tipo moradia que elas rejeitam e pretendem superar. Isto porque o estigma refere-se à “(...) situação do indivíduo que está inabilitado para a aceitação social plena” (Goffman, 1982, p. 7) e, conseqüentemente, promove uma generalização e a desumanização do portador de algum tipo de diferença significativa – uma deficiência. Esta, por sua vez, está associada, historicamente, a uma situação de desvantagem, ou desequilíbrio, somente presente num esquema comparativo, no qual alguém possui alguma deficiência/ desvantagem em relação aos demais membros do grupo. Nesse sentido, quando nos voltamos para o caso específico do assentamento que estamos estudando, Shimbo (2004) lembra que o estigma pode estar presente na concepção e rejeição que as famílias têm com relação a certos materiais construtivos, já que, por exemplo: “(...) o adobe as remete às casas antigas dos ranchos e a madeira, às casas onde moram atualmente (feita de tábua ou costaneira de modo bem rudimentar)”.

Sendo assim, numa primeira votação realizada, na qual as famílias deveriam escolher qual material construtivo elas gostariam de utilizar em suas moradias, apenas 40% das famílias mostraram-se dispostas a experimentar um alternativo. Frente a este quadro, surgiu, então, a idéia de construção de uma Casa Modelo, na qual pudessem ser experimentados alguns tipos de materiais construtivos – como a madeira de reaproveitamento e o adobe –, com o objetivo de apresentá-los de maneira mais concreta às famílias, e, além disso, possibilitar seu aprendizado quanto a essas técnicas construtivas. Esperava-se que, com isso, fosse minimizada a rejeição das famílias com relação à “casa alternativa”. Para tanto, foi realizada uma oficina de capacitação das famílias para a produção do adobe para a construção desta Casa Modelo, da qual 26 famílias mostraram-se dispostas a participar. Nessa etapa, porém, surgiram algumas dificuldades, principalmente pelo fato de que muitas pessoas acharam que a produção do adobe exigia muito esforço físico e tempo disponível.

Nessas circunstâncias, mesmo quando algumas pessoas mostravam-se dispostas a construir com outros materiais, esta escolha se dava devido à preocupação com a forma de pagamento e o valor final da moradia; do contrário, a casa de material (alvenaria) era sempre a primeira opção. De um modo geral, aparentemente a ordem de preocupação com relação aos aspectos que envolviam cada material construtivo levantada pelas famílias era a seguinte: 1) custo final da moradia; 2) durabilidade; 3) conforto; 4) possibilidade de geração de trabalho e renda; e, por último, os aspectos ambientais (que, aliás, nem foram citados pelas famílias). Ao final, dentre as 42 famílias presentes no grupo para construção de casas, apenas uma família efetivamente manteve sua posição favorável ao adobe, apesar de todas as demais terem desistido. Segundo os próprios assessores, tal fato foi decorrente de um descontentamento generalizado das famílias em relação ao trabalho necessário para sua produção.

3. DADOS QUALITATIVOS REFERENTES AOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS

Em primeiro lugar, realizamos um levantamento do perfil sócio-econômico das famílias, assim como do histórico de formação do assentamento, que remontavam aos percursos do MST. A partir de então, prosseguimos para a busca de indícios nas falas dos assentados (a partir de gravações em fitas de vídeo de entrevistas e assembléias durante o processo, e realização de sua transcrição) que nos permitissem inferir quais suas próprias concepções sobre os diversos materiais construtivos. Os dados resultantes apontavam, assim, para a idéia dos assentados, revelando-se, portanto, vulneráveis às influências do contexto social, histórico e ideológico no qual estão inseridos. Estes dados foram analisados e comparados com base em uma literatura pertinente que nos possibilitassem abordá-los a partir de uma perspectiva crítica e estabelecer uma reflexão sobre a questão.

Em primeiro lugar, no que diz respeito ao material convencional, ou seja, a alvenaria (tijolo alveolar), as famílias apresentaram os seguintes aspectos:

<ul style="list-style-type: none"> • Positivos: 	
<ul style="list-style-type: none"> - Maior resistência; - “Não entra vento”; - Tem maior garantia; - A casa é mais fechada; - Maior segurança; - Faz parte de uma concepção (idéia, vontade, sonho) de casa que eles já têm 	<ul style="list-style-type: none"> (“já tá na cabeça que quer uma casa de material”); - Atende a uma concepção de “casa boa”; - “Não chove dentro”; - É o melhor tipo de casa; - Durável (“dura pro resto da vida”); - Confiável; agradável

<ul style="list-style-type: none"> • Negativos: 	
<ul style="list-style-type: none"> - Mais caro (problema financeiro); - O material é comprado de uma empresa (não gera renda para o assentamento); - As famílias têm medo de fazer mais dívidas e do pagamento. 	

Por outro lado, os aspectos considerados, pelas famílias, com relação ao adobe eram os seguintes:

<ul style="list-style-type: none"> • Positivos: 	
<ul style="list-style-type: none"> - Mais barato; - Mais econômico (custo); - Processo de construção possivelmente mais rápido (em função do financiamento a ser liberado); 	<ul style="list-style-type: none"> - Pode ser uma experiência e modelo para outros locais (referência) - Geração de renda para o assentamento; - Possibilita o aprendizado; - Utiliza recursos locais disponíveis (terra e palha).

<ul style="list-style-type: none"> • Negativos: 	
<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade da produção; - Precisa de tempo disponível; - A produção não rende; - Não fica muito mais barato (não compensa); - “Derrete”, pois não é queimado; - Podem aparecer buracos que abriguem o barbeiro (“chupança”); - Não tem muita garantia (como uma casa de alvenaria); 	<ul style="list-style-type: none"> - Não tem credibilidade (as famílias estavam duvidosas); - Demanda muita mão-de-obra; - Não há responsabilidade por parte pessoas para a sua produção de modo coletivo; - Não existem pessoas capacitadas para produzi-lo;

Em contraposição a isto, também analisamos alguns relatos do único assentado da Fazenda Pirituba que optou pelo adobe, que justificava tal escolha principalmente pelo fator financeiro (“sai mais em conta”). Entretanto, também parece ficar implícito, em suas falas e seu comportamento durante o processo, certa disposição ao aprendizado (quando perguntado

pelos pesquisadores, ele enfatizava que eles estavam nesse projeto para aprender), assim como uma tentativa de assimilar as propostas levadas pelos pesquisadores. Além disso, apesar de a maioria das pessoas ter reclamado do trabalho necessário para produzir os adobes, este morador não manifestou, em suas declarações, nenhuma restrição quanto a esse esforço físico, e foi capaz de construir sua casa com adobes, praticamente sozinho. Aparentemente, ele buscou manter certo grau de fidelidade ou comprometimento com relação ao “grupo” formado entre os pesquisadores e assentados, que o teria levado a escolher por um material alternativo em função de uma reciprocidade que buscava estabelecer com os pesquisadores, e manteve sua palavra até o final, como um traço ou indício da persistência de uma postura mais tradicional.

4. PRODUÇÃO DE ADOBES

Neste momento, nos baseamos na análise de Silva (2007) a respeito da produção dos blocos de adobe, de modo a estabelecer um balanço das possíveis variáveis que estariam envolvidas com relação à escolha do material construtivo por parte das famílias assentadas.



Figura 1. Produção de adobes para moradia do assentamento (HABIS, 2004)

Silva (2007) estabelece um balanço entre os diversos aspectos apresentados pela utilização do adobe no Assentamento Rural Pirituba II, com vistas a investigar a efetiva viabilidade de sua aplicação para a construção de habitações rurais de baixo custo. De um modo geral, sob o aspecto político, a produção de adobes permitiria, aparentemente, uma gestão mais democrática, já que possibilita a participação das famílias nas diversas fases do processo, apesar de haver a necessidade de constante assessoria técnica para a obtenção de resultados mais satisfatórios. Quanto à dimensão econômica, foi possível perceber que os custos para a construção de uma habitação em adobe são inferiores aos necessários para uma de tijolos convencionais. Nesse sentido, a produção de adobes no assentamento poderia vir a permitir a geração de renda em seu interior, em detrimento das fábricas de tijolos da região, mas possui, entretanto, um valor de troca inferior ao tijolo convencional, no momento de revenda da habitação.

Sob o ponto de vista ambiental, os impactos causados pela produção de adobes se mostraram bastante inferiores aos dos blocos cerâmicos, já que para estes últimos há a necessidade de consumo de combustível derivado do petróleo, de degradação de áreas devido à concentração da extração de solo para produção do tijolo, de consumo de energia elétrica e térmica e da utilização de cimento na argamassa de assentamento e revestimento da habitação propriamente dita. No entanto, este aspecto não parece ter sido priorizado pelas famílias assentadas no momento de escolha do material construtivo, tendo sido, de certa forma, negligenciado.

Por último, o autor menciona os aspectos culturais e sociais que podem estar relacionados à opção relativa aos materiais construtivos, já que nesta região do estado de São Paulo a

maioria das habitações rurais é de tijolos convencionais. Assim, as casas construídas com o bloco cerâmico convencional eram denominadas “casas de material”, em detrimento de outros tipos de materiais construtivos para vedação, como a madeira e o adobe, consideradas como casas que “não são de material” (Silva, 2007). De acordo com o autor, as famílias parecem ter sido atraídas para a opção de moradia em adobe, num primeiro momento, devido ao custo financeiro inferior que ela oferecia, viabilizando, dessa maneira, a construção de habitação pra aquelas famílias que apresentavam maiores dificuldades de pagamento. Entretanto, com a obtenção do financiamento e início da construção, o elevado custo “social” necessário para a produção de adobes, assim como as dificuldades apresentadas por tal processo e pelas atividades no canteiro de obras, colocaram este aspecto econômico para segundo plano, levando as famílias a mudarem suas escolhas em favor dos tijolos convencionais.

Ao que parece, a ausência de tecnologias mais sofisticadas (máquinas apropriadas) para a produção de adobes acabava por demandar uma etapa em que é necessário o amassamento do barro com os próprios pés, a qual, apesar ser encarada pelos pesquisadores como um momento lúdico, foi considerado um retrocesso pelas famílias. Por fim, Silva (2007) também considera o fato de que os pesquisadores tenham falhado em apresentar de maneira mais convincente as qualidades mostradas pelo adobe, de forma a elevar a credibilidade das famílias assentadas com relação a este material.



Figura 2. Fase de amassamento do barro com os pés (HABIS, 2004)

5. TRADIÇÃO X INOVAÇÃO

Pudemos perceber que a alvenaria convencional respondia à idéia que se formava a respeito de uma casa considerada boa, resistente e confiável pela maioria, que fazia parte do sonho dos assentados, de modo que se tornava difícil mudar esta opinião. Isto pode ser verificado na seguinte fala de um morador: “(...) porque a mente da gente, já tá na cabeça que quer uma casa de material (...)”. Não obstante, as famílias também admitiam que se tratava de um material mais caro e que não geraria renda para o assentamento. O adobe, por sua vez, embora mais econômico, sustentável (utilizaria recursos locais), capaz de possibilitar o aprendizado, treinamento e capacitação, além de gerar de renda para o assentamento (através da construção em mutirão) – tal como ressaltado pelos assessores – não era considerado tão confiável quanto a alvenaria convencional. Uma fala de um dos assentados expressa bem esta aversão a materiais alternativos: “Eu não sou pica-pau pra morar em casa de madeira e nem João de Barro pra morar em casa de barro”.

Além disso, o trabalho necessário para a produção dos adobes foi considerado uma desvantagem por ser tido como demasiadamente penoso e sacrificante (Silva, 2007). Um dos assentados assim enfatizou: “(...) muitos já estavam com o pé atrás, não confiava no tijolo (adobe), mas o problema principal foi na capacitação, foi inviável.”

A partir disso, tomamos certas considerações realizadas tanto por Cândido (1987) quanto por Fathy (1980) que nos possibilitassem compreender estes dados a partir de uma abordagem crítica. Ambos os autores discutem a existência de uma camada de significados simbólicos e ideológicos, que constituem uma cultura, intermedeiam nossa relação com o mundo das coisas, e influenciam nosso modo de pensar. Assim, Fathy nos alerta que, perante os bens de consumo e outros elementos (provenientes da cidade ou de outros países considerados mais desenvolvidos) que aparentam uma sofisticação e tecnologia, o homem do campo começa a desprezar e abandonar aquilo que era mais tradicional e inerente à sua própria cultura, em função de técnicas novas que mal conhece ou pode manipular. Como explica Cândido (1987, p.176): “Esta familiaridade do homem com a natureza vai sendo atenuada, à medida que os recursos técnicos se interpõem entre ambos, e que a subsistência não depende exclusivamente do meio circundante. O meio artificial, elaborado pela cultura, cumulativo por excelência, destrói as afinidades entre homem e animal, homem e vegetal”.

Além disso, com a expansão de idéias e costumes urbanos, também surgem novas “necessidades” por bens de consumo manufaturados ou industrializados - os quais, anteriormente, eram em sua maioria fabricados domesticamente - que demandam cada vez mais recursos a serem despendidos. Com isso, a autonomia anteriormente presente nas populações rurais acaba por se perder em função da dependência cada vez maior das mercadorias produzidas nas cidades, as quais, por mostrarem tecnologia mais avançada, substituem antigos hábitos de trabalho doméstico, por este parecer demasiadamente arcaico ou inferior (subdesenvolvido).

Tais aspectos nos levam a um ponto bastante importante a ser ressaltado, e que entendemos ser decisivo para a compreensão de determinados aspectos presentes no ato de rejeição do adobe e de produção: o fato de que, perante essas novas facilidades proporcionadas pela produção do sistema capitalista que passa a envolver o ambiente rural, muitos dos antigos costumes e hábitos de trabalho, antes realizados naturalmente, começam a ser considerados demasiadamente penosos e rústicos (num sentido depreciativo). O homem do campo começa, então, a desprezar aquilo que era mais tradicional e inerente à sua própria cultura, em função de técnicas novas que mal conhece ou pode manipular. Isto porque a idéia de tecnologia agregada pelos bens de consumo provenientes da cidade parece criar a imagem de um modelo mais atraente do que os mais arcaicos e rudimentares, seja com relação aos objetos fabricados propriamente ditos ou pela noção de trabalho que eles incorporam.

Estes fatores constroem, portanto, certa imagem ou ideologia, principalmente relativa aos bens materiais, que exaltam os padrões urbanos – que passam a ser associadas a um índice de prestígio e de superação de certo modelo de vida original – e deprimem as práticas tradicionais – a tal ponto, que alguém se sentiria diminuído por realizá-las. Isto leva as populações rurais a terem a “necessidade de comprar o que antes se produzia.” (Candido, 1987, p. 180). Em função disto, Fathy (1980) também nos alerta que: “não se deve supor que todos os camponeses irão naturalmente construir casas bonitas logo que lhes dêem os materiais e lhes mostrem como fazê-lo. A maioria das pessoas pobres tem inveja das ricas e tenta copiar o que estas possuem. Consequentemente, quando um camponês recebe dinheiro suficiente para construir uma casa, ele frequentemente constrói uma cópia – a mais ordinária e pior em todos os sentidos – das casas dos ricos da região, que por sua vez são copiadas das casas da Europa.”

Isto nos leva a inferir que estes problemas que envolvem a questão da habitação e sua técnica construtiva transcendem fatores meramente técnicos ou econômicos – tratados pontualmente –, e devem nos remeter a variáveis sociológicas, culturais e ideológicas, historicamente construídas e consolidadas, e, portanto, menos passíveis a alterações ou contestações. Desse modo, lidar com esta concepção da “casa” parece revelar uma complexidade e uma dificuldade de realizar transformações mais efetivas, e não superficiais e irrefletidas, em seu próprio âmago.

A compreensão destes aspectos que vêm sendo levantados será fundamental para nosso paulatino entendimento a respeito da rejeição do adobe, dado que este também envolve uma técnica tradicional e considerada rudimentar, no Assentamento da Fazenda Pirituba II.

6. RELAÇÕES ENTRE CAMPO E CIDADE

De maneira a complementar a análise realizada até o momento, as considerações de Sader (1988) a respeito do caráter da migração do campo em direção a cidade também contribuem para o esclarecimento de diversas questões que vimos expondo. O autor enfatiza a imagem que passou a ser formada com relação ao universo urbano a partir de 1950, segundo a qual a vida nas cidades era idealizada e considerada como um símbolo do progresso, já que se acreditava que a industrialização e a urbanização permitiriam maior mobilidade social. Assim coloca o autor: “Nesta imagem vemos assinalados os mecanismos de exclusão, desenraizamento, marginalização, que atingem os migrantes pobres nas metrópoles (...) vemos a referência às condições da metrópole, que desvalorizam os conhecimentos rurais, produzindo nos migrantes um sentimento de rejeição” (Sader, 1988, p.89).

Diante dessa nova realidade, apesar da possível consciência de que as condições de vida que as cidades oferecem também sofrem de inúmeras imperfeições e dificuldades, as restrições e privações da vida na roça tornam-se um incômodo para aqueles que lá habitam; o retrocesso representado pelo campo passa a ser algo a ser evitado, mesmo perante todas as falhas e obstáculos da vida urbana. Tal tipo de pensamento estrutura-se como um reflexo da própria incorporação de valores da sociedade urbana pelo modo de pensar do homem rural, de modo que a perspectiva adotada para o julgamento de certos aspectos da vida cotidiana passa a ser realizado em relação a determinados parâmetros urbanos, em detrimento do ponto de vista da antiga tradição rural. A comparação entre as distintas qualidades de vida oferecidas pela cidade e pelo campo exemplifica-se, portanto, por polarizações que opõem, de um lado, o maior conforto da vida urbana e, de outro, a maior dureza das condições do trabalho rural.

Nesse sentido, entendemos que estas tendências urbanas passam a ser progressivamente difundidas não somente na cidade, mas também no contexto rural, retomando a análise anunciada por Cândido (1987), de tal forma que certos padrões e bens de consumo em vigor na vida urbana também afirmam sua presença e influenciam o ambiente rural. Sendo assim, mesmo que o embate entre as características tradicionais rurais e as novidades urbanas seja dado de maneira mais desigual em solo urbano propriamente dito – ou seja, desfavorecendo claramente quaisquer indícios de retrocesso presentes nos costumes do campo apresentados pelos migrantes –, no contexto rural este conflito de valores também ocorre, muitas vezes de modo a levar a um enaltecimento dos aspectos urbanos, e ao crescimento do desejo por estes bens de consumo urbanos, mais atraentes e sofisticados.

O que entra em vigor, como coloca Sader, é principalmente uma aspiração pela obtenção de certos bens mais valorizados socialmente, numa busca pelo acesso aos padrões de classe média difundidos pela publicidade. Tais bens de consumo tornam-se “símbolos equivocados de uma ascensão social não conseguida”, alcançada ideologicamente através de uma inversão de valores de tal modo a possibilitar que uma desigualdade social mal resolvida seja sanada pela imagem de igualdade oferecida pela posse de bens semelhantes. Isso significa dizer que possuir algo que se remete às classes mais privilegiadas transforma-se, até certo ponto, numa compensação pelo fato de que uma igualdade social está longe de existir. Como enuncia Arantes, “trata-se obviamente de políticas compensatórias, visando à “inclusão” cultural dos excluídos social e economicamente.” (Arantes, 2001, p.52).

Dessa maneira, sendo absorvidos pelas populações rurais, de alguma forma em contato com o universo urbano, estes padrões mais sofisticados das cidades refletem-se nas próprias aspirações e anseios individuais. No caso do assentamento rural que vimos discutindo, por exemplo, podemos entender que as exigências colocadas com relação à

casa própria remetem claramente a certas referências encontradas na cidade (“a casa de material”) por uma elite urbana bem definida socialmente, talvez como mecanismo de aproximação, ao menos no âmbito da aparência, das classes rurais menos privilegiadas às classes mais abastadas. “Ou seja, os ‘manipulados’ também ‘manipulam’. Através da absorção de padrões dominantes eles expressam algo de suas vontades e seus sonhos e é isso que é necessário saber ouvir” (Sader, 1988, p.110).

Assim, estas famílias provenientes do campo “procuraram assimilar (com resultados variados) os padrões de consumo difundidos pela indústria cultural e que os aparentaria à ‘classe média’. Isso significou uma absorção dos padrões dominantes, mas significou também uma reivindicação de participação no consumo dos bens produzidos com a industrialização” (Sader, 1988, p.110). Concomitantemente, essas famílias atribuem valor cada vez maior à casa própria, com todas suas características que remetam ao bem estar, conforto, proteção, certa estabilidade social, e, principalmente, que constituam a “idéia” de casa com a qual elas desejam se identificar. A aquisição da casa própria como algo primordial está relacionada, portanto, com o fato de que a moradia “constitui o lugar primeiro onde os trabalhadores se reconhecem entre os seus, no seu mundo (...)” (Sader, 1988, p.110).

O acesso a esta moradia, conseqüentemente, também deve ser condizente com certas referências a padrões considerados “satisfatórios”, ou seja, que não agreguem indícios de quaisquer possíveis estigmas relacionados à marginalização ou à privação, à “exclusão à moradia legal e considerada digna” (Sader, 1988, p.114). Isto porque tais aspectos constituem a imagem de indivíduos desfavorecidos pelo sistema, ou de uma situação de desvantagem da qual estas populações rurais (migrantes ou não) desejam se afastar a todo custo.

7. CULTURA DO POVO X CULTURA DE ELITE

Por fim, consideramos ser bastante relevante para melhor compreensão dos fenômenos até então abordados, fazer uma referência a certas colocações de Chauí (1980), no que concerne à contraposição estabelecida entre cultura do povo e cultura de elite, assim como aos aspectos puramente ideológicos envolvidos. Nesse sentido, a autora traça duas principais linhas interpretativas, contudo não essencialmente contrapostas, mas no fundo pertencentes a um mesmo complexo reflexivo, com relação à distinção entre cultura do povo e a da elite.

Por um lado, Chauí nos mostra que, se encararmos as duas culturas como substancialmente divergentes, as mesmas exprimiriam, portanto, a existência e contraposição de duas classes sociais distintas, e marcando definitivamente uma segregação ou divisão dentro da sociedade. Desse modo, a cultura das elites teria o papel de mascarar ou “dissimular a divisão, vindo abater-se contra a cultura do povo para anulá-la, absorvendo-a numa universalidade abstrata” (Chauí, 1980, p.40). Isto teria como intuito principal a instauração da dominação por parte de uma classe social hegemônica, imprescindível num contexto em que a sociedade é fundamentada claramente nas lutas de classes.

Nesse sentido a cultura de elite viria a tentar mostrar, de maneira autoritária, sua superioridade em relação às demais, identificando-se, conforme expõe Chauí, com elitismo e segregação, e pregando um padrão cultural único e considerado mais elevado. Sendo assim, essa difusão de um padrão cultural hegemônico, a ser tomado como parâmetro de referência, implica a imposição de uma mesma cultura para todos os indivíduos, ao mesmo tempo em que limita seu acesso aos menos privilegiados ou desfavorecidos pelo sistema. Através disso, como enfatiza a autora, a elite consolida sua existência autoritária, pois, por um lado, reprime a cultura do povo, considerando-a inferior, atrasada ou menos

desenvolvida, mas, por outro lado, também impede a total fruição de sua cultura de elite a todos os membros da sociedade.

Segundo uma outra análise, entretanto, Chauí também levanta um questionamento a respeito da efetiva divergência entre a cultura do povo e a cultura de elite, ou se, na verdade, o povo reproduz o autoritarismo das elites, uma vez que “as idéias dominantes de uma época são as idéias da classe dominante dessa época” (Chauí, 1980, p.40). De acordo com esta linha de raciocínio, portanto, o povo reproduziria aquilo que é definido pela classe hegemônica, repetindo, na medida do possível, aquilo que é definido de cima para baixo, de tal modo que a única e aparente distinção é como a existente entre um modelo e suas cópias. Conforme Chauí (1980, p. 40): “Nessa perspectiva, a cultura do povo, em lugar de ser a recusa do que se passa na esfera das elites, seria, antes, um instrumento para a dominação por parte daqueles que detêm o poder e que nele são mantidos na qualidade de elites justamente por serem tomados como paradigmas do ‘melhor’, a que todos aspiram”.

Por ambas as linhas de pensamento apresentadas, podemos perceber a relação intrínseca entre a cultura da classe dominante (a elite) e a cultura do povo, de tal modo que esta última ora é anulada ora, de fato, representa uma mera repetição daquilo que é difundido hegemonicamente. Esta compreensão mostra-se fundamental para nossa discussão, uma vez que o que vimos até então questionando é a efetiva existência de parâmetros isoladamente rurais, no caso do Assentamento Pirituba II, para o julgamento do que pode ser considerado como trabalhoso, confortável, retrógrado, entre outras qualidades mencionadas pelas famílias assentadas com relação ao material construtivo adobe. Tendemos a acreditar que, na verdade, tais parâmetros nos remetem a determinados padrões oriundos de uma classe dominante urbana, e que se instituem como sendo incontestavelmente verídicos e amplamente aplicáveis.

Neste caso, o que se mostra como realidade para todos é, na verdade, uma realidade particular que se coloca como hegemônica em espaço e tempo determinados; trata-se de algo que se apresenta instituído, como uma verdade objetivada, de tal forma que somente em relação a ela os objetos que circundam minha vida cotidiana ganham significação específica, como coloca Berger (1985, p. 38): “Entre as múltiplas realidades há uma que se apresenta como sendo a realidade por excelência. É a realidade da vida cotidiana. Sua posição privilegiada autoriza a dar-lhe a designação de realidade predominante (...). A realidade da vida cotidiana aparece como objetivada, isto é, constituída por uma ordem de objetos que foram designados como objetos antes da minha entrada em cena”.

Não obstante, vale, por fim ressaltar que, como Chauí faz questão de enfatizar, embora a “cultura do povo” mencionada não se remeta a uma massa completamente homogênea, tratando-se de uma expressão que busca abarcar os mais diversos tipos sociais, rurais ou urbanos, sob a influência de uma cultura hegemônica, não devemos supor romanticamente que ela seja emancipadora ou libertadora. Muito pelo contrário, o que essa visão romântica tende a negligenciar é a presença efetiva do “problema da alienação e da reprodução da ideologia dominante” (Chauí, 1980, p.46) no cerne desta cultura do povo, a qual dificulta quaisquer tipos de manifestações mais contundentes ou em busca de uma ruptura mais eficaz com relação àquilo que está previamente instituído.

8. CONCLUSÃO

A partir na análise do que vimos até então relatando, podemos perceber que os fatores que aparentemente estão envolvidos na questão da rejeição ao adobe no Assentamento Rural Pirituba II parecem desencadear uma série de reflexões bastante complexas e que não se limitam tão somente aos indícios das falas das famílias assentadas – em resposta à pergunta do porquê da escolha de determinado material construtivo – de maneira isolada, mas sim, envolvem universos de construção ideológica. E, neste sentido, vale ressaltar que “o discurso ideológico é aquele que pretende coincidir com as coisas, anular a diferença

entre o pensar, o ser e, destarte, engendrar uma lógica da identificação que unifique pensamento, linguagem e realidade para, através dessa lógica, obter a identificação de todos os sujeitos sociais com uma imagem particular universalizada, isto é, a imagem da classe dominante. Universalizado o particular pelo apagamento das diferenças e contradições, a ideologia ganha coerência e força porque é um discurso lacunar que não pode ser preenchido” (Chauí, 1980, p.3).

Dessa maneira, por um lado, as respostas iniciais ao nosso questionamento são aparentemente dadas principalmente pelos seguintes fatores: indisponibilidade de tempo e mão-de-obra, dificuldade do trabalho, além da desconfiança quanto ao material em si e aspiração por uma “casa de material”. Não obstante, o que parece ser, na realidade, um fator primordial é o fato de as populações rurais já se encontrarem imersas na cultura urbana e, portanto, sofrerem influência de sua ideologia urbana hegemônica.

Assim, foi possível concluir, no caso analisado, que as famílias tinham um ideal de habitação que remontava a certa imagem de moradia digna transmitida pela cultura urbana, de tal modo que a obtenção de bens de consumo urbanos poderia se tornar um mecanismo de ascensão social e aquisição de prestígio, como discutido por Sader (1988). Além disso, tendemos a acreditar que a aversão ao trabalho para produzir os adobes é antes uma indisposição psicológica, dado que uma atividade mais arcaica é considerada, não raro, sacrificante e deprimente, quando comparada à pretensa comodidade da cultura urbana. Em geral, pudemos notar a preferência por certa imagem de comodidade fornecida pelos bens de consumo da cultura urbana (a “novidade”), em detrimento de aspectos originariamente rurais, tradicionais e certamente mais rústicos, mas que poderiam significar uma maior autonomia e independência dos moradores daquela comunidade. Isto é corroborado pelo estigma de pobreza e precariedade presentes em um tipo moradia que elas rejeitam e pretendem superar (Shimbo, 2004).

As colocações de Chauí (1980) sobre as relações entre cultura popular, cultura dominante e luta de classes nos levaram a considerar, por fim, que a cultura do campo, uma vez em contato com a potência da cultura urbana, passa a ser inevitavelmente por esta influenciada. Isto acarreta uma depreciação de suas próprias tradições e costumes originais, em virtude da inserção em um universo da sofisticação urbana, ao qual querem pertencer, de maneira a se assemelharem cada vez mais a uma elite dominante, com a qual querem se identificar. Sendo assim, como membros de uma classe desprivilegiada que constitui essa “cultura do povo”, essas populações rurais também se encontram entrelaçadas nesta rede de reprodução do que é difundido pela “cultura dominante” como sendo melhor e superior. Assim, como suas aspirações são definidas por aquilo que é determinado por uma elite urbana, a rejeição daquilo que existe de mais rústico e tradicional, no caso o adobe, torna-se imperativo.

Tendemos a compreender, por conseguinte, que a dificuldade de se realizar transformações mais amplas na sociedade atual em parte deriva do fato de que a busca por tais transformações implica lidar com universos distintos de representação simbólica do mundo, já plenamente configurados pela sociedade de massas. Nesse sentido, a camada ideológica que envolve a própria idéia de casa assumiria o papel de ocultar certa divisão social existente, marcada por intensa desigualdade. Assim, a opção por modelos convencionais, ou seja, hegemonicamente aceitos, em detrimento dos modelos alternativos ou tradicionais viria somente camuflar esta condição.

Não obstante, acreditamos ser essencial ainda continuarmos a explorar caminhos, projetos e técnicas alternativas ao que se apresenta como hegemônico – muito embora escamoteie profundas desigualdades – em busca de soluções que aspirem à maior equidade social. Talvez isso pudesse se revelar possível a partir de um maior equilíbrio entre tradição e inovação, como pressuposto por Fathy (1980), a ponto de ambas contribuírem com benefícios efetivos à população: a inovação não ocorrendo de forma gratuita e inconsciente (como um novo estilo), e a tradição sendo mantida sempre que necessária para a

manutenção de um nível mínimo de dignidade, não devendo, portanto, significar uma estagnação ou um retrocesso. E, apesar das dificuldades e complexidades apontadas, um possível caminho talvez ainda se esboce do modo como acreditou Fathy: “A tradição é o único meio que os camponeses têm para proteger sua cultura” (1980, p. 40).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, O. (2001). Urbanismo em fim de linha e outros estudos sobre o colapso da modernização arquitetônica. São Paulo: Edusp.

BERGER, P. L. (1985). A construção social da realidade: tratado de sociologia do conhecimento (por) Peter L. Berger (e) Thomas Luckmann. Petrópolis: Vozes.

CÂNDIDO, A. (1987). Os parceiros do Rio Bonito. São Paulo: Duas Cidades.

CHAUÍ, M. (1980). Cultura e democracia: o discurso competente e outras falas. São Paulo: Ed. Moderna.

FATHY, H. (1980). Construindo com o povo: arquitetura para os pobres. São Paulo: Edusp.

FREIRE, P. (1978). Pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

GOFFMAN, E. (1982). Estigma: notas sobre a manipulação da identidade deteriorada. 4ª ed. Rio de Janeiro: Zahar.

HABIS (2004). Registros das reuniões com o “Grupo das Casas”. Vídeos, relatos, programações e listas de presença. Assentamento Fazenda Pirituba, Itapeva/SP. São Carlos: Habis EESC USP/UFSCar, USP.

MAGNANI, J. G. C. De Perto e de Dentro: notas para uma etnografia urbana, In: Revista Brasileira de Ciências Sociais, Vol. 17, nº 49. São Paulo, jun/2002.

MUÑOZ, H. (1996). A nova política internacional. São Paulo: Ed. Alfa Omega.

SACHS, I. (1993). Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Nobel, FUNDAP.

SADER, E. (1988). Quando novos personagens entraram em cena: experiências, falas e lutas dos trabalhadores da Grande São Paulo, 1970-80. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

SANTOS, C. N. F. dos. (1985). Quando a Rua Vira Casa. Apropriação de Espaços de Uso Coletivo em um Centro de Bairro. Centro de Pesquisas Urbanas. Carlos Nelson Ferreira dos Santos (coord.). São Paulo: Projeto.

SHIMBO, L. Z. (2004). A Casa é o Pivô: mediações entre o arquiteto, o morador e a habitação rural. 2004. 205f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SILVA, F. M. G. da. (2007). Análise da sustentabilidade no processo de produção de moradias utilizando adobe e bloco cerâmico: caso: assentamento rural Pirituba II – Itapeva – SP. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

THIOLLENT, M. (1986). Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortez.

AUTORA

Carolina Akemi Martins Morita Arquiteta e Urbanista pela Universidade de São Paulo (EESC-USP). Atualmente é mestranda no Departamento de Arquitetura e Urbanismo/ EESC-USP, bolsista FAPESP. Foi pesquisadora do CNPq durante a graduação e contribuiu com pesquisas sobre habitação popular e tecnologias alternativas no Grupo HABIS/ USP- São Carlos. Tem experiência principalmente sobre os seguintes temas: adobe, tecnologias alternativas, habitação popular, paisagismo e sustentabilidade.



ARQUIÑAÚ: CONSTRUCCIÓN Y ORNAMENTACIÓN AUTOGESTIVOS DE VIVIENDA CON TIERRA EN MISIONES, ARGENTINA

Eva I. Okulovich, Graciela Anger, Silvia Okulovich, Ariel González

Facultad de Artes. Carhue 832, Oberá, Misiones, Te (03755) 401150. E-mail: evaoku@arnet.com.ar

Palabras claves: Vivienda, adobe, ornamentación, engobe, autogestivos

RESUMEN

Se trata de una intervención desde la Universidad, con aportes de propuesta de utilización de materiales y técnicas constructivas y artísticas, fundados en la utilización de materiales regionales, producidos en el sistema de olería, aptos para la construcción y ornamentación autogestiva de viviendas con tierra -en sectores poblacionales rurales y suburbanos de menores ingresos, sin acceso a Planes Habitacionales (familia de oleros). Desde la pedagogía crítica como estilo de conocimiento adecuado para una acción de transferencia a sectores sociales marginados del sistema educativo, conducente al perfeccionamiento de la autonomía de la población; cuya finalidad desde lo social, consistió en estimular el desarrollo de la autogestión en la resolución de problemas habitacionales, y desde lo artístico valorizar las prácticas artísticas y artesanales de una subcultura popular. Partimos de un estudio diagnóstico de las prácticas artesanales, materiales, técnicas y prácticas artísticas existentes, de la subcultura de los "Oleros". Entendiendo estas últimas, como el conjunto de actividades que se realizan para cualquier tipo de creación que involucre una función estética, aunque esto último no sea determinante en el Arte Popular. En el marco de dichas acciones el problema consistió en como aplicar el concepto de *permacultura* en la composición de un asentamiento sostenible de oleros desde la perspectiva del arte, la arquitectura y la tecnología, en Oberá, Misiones, Argentina. El objetivo fue obtener un prototipo experimental de vivienda sostenible aplicando el concepto antes mencionado, cuyo logro consistió en la integración de saberes, productivos, de materiales y técnicas, para la construcción y ornamentación mural autogestiva, de una vivienda con tierra en el predio de una olería, donde se consideró los siguientes aspectos: Ubicación e implantación, funcionales, técnicos constructivos, económicos, ecológicos, sociales y estéticos. Desde una perspectiva etnometodológica, las prácticas autogestionarias, materiales y técnicas, fueron observados en campo. Lo que nos permitió incorporar la naturaleza de su estética, con participación autogestiva de los participantes, y aprovechando el máximo de los recursos disponibles, socioculturales, tecnológicos y naturales.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación, no concluido, el problema principal es el escaso y casi ausente reconocimiento de las prácticas artísticas y artesanales de los oleros (productores de ladrillos), como asimismo la exigua circulación de teorías que nos permitan reconocer, comprender, interpretar y apreciar en toda su magnitud, las prácticas artísticas populares. Para lo que nos hemos propuesto como objetivos: determinar características de las prácticas artísticas de los oleros de Oberá, caracterizar las bases del comportamiento estético, sus significaciones y las tecnologías disponibles, e interpretar las mismas en el marco del arte popular y la artesanía (Okulovich, 2009).

Se trata de un estudio documental y de campo. Intentamos profundizar partiendo de nuestros estudios anteriores relacionados (Okulovich, 2003; Okulovich, 2005) e incorporando nuevos casos. La metodología utilizada es la etnografía, desde la perspectiva del *interaccionismo simbólico*. El objeto de estudio son las prácticas artísticas plásticas autogestivas ya existentes de los oleros de Oberá (dibujos, pinturas, objetos ornamentales, otros) y artesanales (adobes) que se detecten durante la investigación. Desde lo teórico, se establecieron principios y/o criterios para "escuchar" e incorporar saberes, que nos permitieron la descripción, caracterización, valorización de las prácticas artísticas y artesanales y la enseñanza de tecnologías para su desarrollo, que consistió en la realización de pintura mural con engobes sobre muros de adobe, en este caso, o cualquier otra demanda artística que pudieran requerir a lo largo de la investigación. El análisis se realizó con teorías latinoamericanas, que no excluye las occidentales. Desde la *cultura*, el *arte*, la *educación*, la *estética*

popular y la crítica del arte latinoamericano (Colombres, 2007). En cuanto a lo pedagógico, se utilizó el modelo teórico que permite la construcción conjunta del conocimiento entre el universo científico-técnico y la población de base según Freire (2002). La filosofía de la liberación (Dussel, 1997) permitió establecer un puente entre el arte popular, la tecnología y la investigación. El estudio tiene una doble finalidad: 1) proveer metodologías de empoderamiento a los oleros para estimular su desarrollo de prácticas artísticas y artesanales autogestivas en su espacio cotidiano; 2) proveer herramientas metodológicas a los estudiantes del profesorado en educación tecnológica y en educación artística de la UNaM y a los docentes, para la realización de prácticas pedagógicas artísticas con diversos sectores o subcultura. La transferencia de tecnologías del barro a una familia de oleros, nos permitió el estudio de diseños y pinturas ornamentales de los muros de adobes, realizados por los integrantes del caso, constituyendo estas experiencias, parte del trabajo de campo con carácter experimental, vinculado a la construcción de vivienda en el ámbito cotidiano de los mismos.

2. MUROS DE ADOBE COMO SOPORTE DE LA PRÁCTICA ARTÍSTICA

Para el diseño y construcción de la vivienda, los participantes partieron de una determinación familiar comunitaria, a favor del destinatario de la misma, dando prioridad a la condición de discapacidad del tío-abuelo y a la precariedad de la vivienda que fuera implantada por el mismo, con materiales de descarte de la zona. La construcción se realizó respetando los aspectos preestablecidos en la habitación, por su morador, bajo las apreciaciones y sugerencias del mismo. Como resultado del trabajo conjunto se consideró los siguientes aspectos: ubicación e implantación, funcionales, técnicos constructivos, económicos, ecológicos, sociales y estéticos.



Figura 1. Vivienda original del Sr. López Figura 2. Construcción de muros

Ubicación e implantación: Se respetó la ubicación original de la vivienda.

Funcionales: La vivienda de dos habitaciones, funciona con una circulación única desde el área de aseo y preparación de alimentos (cocina), se distribuye el ingreso al área de dormir (dormitorio), con conexión al exterior por sendas puertas: al N y al S.

Técnicos constructivos: Se utilizó la misma estructura auto-portante de madera enterrada en el suelo. La base de 0,30 m x 0,30 m de espesor fue construida por los hombres de la familia, sobre una capa de 0,10 m de trozos de ladrillos, con adobes de 0,15 m x 0,30 m. Los muros de 0,15 m x 0,30 m de espesor, se levantaron con adobes de la misma medida. Los vanos de las aberturas fueron los mismos ya existentes. Sobre los muros de adobes crudos, secos, se aplicó un revoque de arcilla y cal y una pintura de base blanca (cal y agua), a fin de sellar eventuales grietas.

Económicos: Se dispuso de materia prima producida artesanalmente por los oleros: adobes¹, ladrillos², pasta de unión³, pasta de revoque⁴, base impermeabilizante⁵, pintura para colorear⁶ y maderas⁷.

Ecológicos: El suelo arcilloso usado para producir adobes, no es apto para el cultivo, y abunda en las zonas bajas de la provincia de Misiones. La tierra cruda y maderas, en caso de des-habitar la vivienda, son totalmente biodegradables y no contaminantes. La vivienda responde a criterios bioclimáticos de soleado y ventilación, determinados por el habitante.

Sociales: Se respetó el comportamiento sociocultural de su habitante, manteniendo la dimensión y distribución de los espacios, el aspecto funcional en relación con la circulación, ventilación, iluminación, y la cocina/corredor externo.

Estéticos: Sobre los muros de adobes crudos, secos, terminados con revoque de arcilla y cal; se aplico pintura de base blanca donde posteriormente se realizo el diseño y la pintura mural con engobes. Dicho proceso fue autogestionario. Nuestro desempeño consistió en un papel estimulador, con aspectos más interactivos que instructivos.

3. PINTURA MURAL COMO PRAXIS COMUNITARIA AUTOGESTIONARIA

El proceso artístico fue realizado por las mujeres de la familia, en forma comunitaria, este modo de proceder responde al *ethos* de la subcultura de los oleros. En dicho proceso pudimos observar tres momentos bien diferenciados, dado que la misma se interpuso a las diversas actividades que realizan cada uno de los miembros de la familia (domésticas, escolares, de olería y de ocio).



Figura 3. Pintura mural: lado izquierdo de la pared Figura 4. Pintura mural: lado derecho de la pared

En un **primer momento**, la madre, Estela (36), solicitó a **la hija**, Camila (14), el empleo de los dibujos de su carpeta de educación artística escolar. La niña se inspiró en ellos para: a) Dibujar una flor grande con una esteca de madera, mediante un suave esgrafiado, a partir del boceto, sobre la pared izquierda del frente de la vivienda, desplazándose a lo ancho de toda la pared, hasta la puerta, sin ajustarse demasiado al mismo; b) Completar los espacios entre representaciones, con imaginación y creatividad en los diseños con flores de menor tamaño y mariposas; c) Pintar con pinceles sobre los diseños realizados en la pared del frente de la vivienda, utilizando engobes de colores primarios y secundarios (rojo, azul, verde, amarillo), como se puede apreciar en las siguientes imágenes.

En un **segundo momento**, Estela, la madre, continuó la actividad en el lado derecho de la pared del frente, siguiendo los mismos pasos de Camila, que consistió en: a) Realizar una composición previa con varias flores sobre hoja de papel, mediante dibujo mimético (legado jesuítica-guaraní, ya que en la época de las Misiones, los guaraníes fueron destacados copistas para la realización de trabajos artísticos en los templos, por encargo de los padres-jesuitas) b) Dibujar con carbón de leña, con trazos suaves, sobre el lado derecho de la pared del frente, partiendo del boceto realizado. c) Pintar los diseños con pinceles, sobre el muro de la vivienda, mediante la aplicación de engobes, de colores puros y mezclas (rojo, azul, verde, amarillo), respetando la siguiente secuencia: delimitación de las formas pintando los bordes, cubrimiento de las formas, trabajo en los detalles formales y matices con creatividad e imaginación.

En un **tercer momento, madre e hija**, completan el mural quitando e incorporando más diseños a la pared del lado izquierdo del frente de la casa, buscando el equilibrio con lo representado en el lado derecho, mediante procedimientos consensuados y creativos.



Figura 5. Pintura mural terminada, Guaraní, Misiones 2009

4. TEXTO CRÍTICO

En principio, cabe señalar la naturaleza de los materiales con que han trabajado las autoras. El soporte es un muro de adobes revocado con 70% de *barro ñaú*; arcilla, 30% de cal hidratada, lo que conforma la pared del frente de la vivienda, orientada hacia el sur, ubicada en un lote agrario, en zona suburbana-rural, puesto que está en la periferia del pueblo de Guaraní, y lindante con las últimas estribaciones de la periferia de la ciudad de Oberá, a escasos 20 m de la ruta nacional N°14, lo que favorece la apreciación del mural de aquellos que transitan por la misma vía. Dicha pared, recibió un tratamiento de base previo a ser pintada, con el fin de obtener un fondo blanco, que domina la atmósfera, sobre el cual se aplicaron los colores; categoría plástica básica y notable, de cuyo uso armónico en cuanto al nivel de saturación del rojo, amarillo, azul, verde, naranja, tierra, y de su distribución equilibrada, dependió en gran medida el resultado artístico del mural, que resulta atractivo y placentero. Aunque los valores superiores y predominantes respecto al color son las formas, miméticas al principio, que funcionaron como disparador para el despliegue de múltiples formas no miméticas, todas de naturaleza biológica, representadas en forma figurativa, ideal, imaginativa. Flores de distintos tamaños claramente identificables: pequeñas, medianas y grandes; animales: hormigas, mariposa; árboles: palmeras, "*Pindó*"⁸ y frutos: cocos. Previamente diseñadas, dibujadas sobre los muros con carbonilla con suaves trazos, que fueron luego destacadas y realzadas mediante líneas curvas, demarcadoras, que se visualizan de color más intenso o más suave, según la circunstancia de la configuración artística. Diagonales y puntos, transforman la textura material y crean la estructura de las formas. La ausencia de enlace en algunos sectores hace que se perciba la organización de la obra como un espacio donde, realidad/ fantasía coexisten, visibles en la dinámica de sus componentes formales: elementos verticales, ligados a la tierra y entre sí, como enraizados, e idénticos elementos aéreos, sueltos, o ligados entre sí de modo fantástico y alegre. He aquí una obra donde se perciben polaridades manifiestas: en lo grande y lo pequeño, visible en las flores y hojas; lo lleno y lo vacío, observable en los centros de las flores, y en los espacios cubiertos y despojados del mural; lo denso y lo transparente, apreciable en las zonas densas de color, frente a otras que se perciben solo por su contorno; lo frágil y lo fuerte, visible en los tallos delgados, frente a los troncos gruesos; lo alto y lo bajo, aparece en las palmeras que llegan hasta el techo, en contraposición con los elementos que constituyen la línea de base; lo joven y lo maduro perceptible en los pimpollos incipientes y en las floraciones completas. Se destaca en su conjunto una abrumadora **simplicidad** que repercute sentimentalmente y puede devenir estética, si conceptuamos las líneas, texturas y matices expresivos (dramáticos) de las flores, y al mismo tiempo aceptamos ver grandiosidad (lo sublime) y novedad en la totalidad de la superficie pictórica, cuya singularidad, se explica en las dificultades para interpretar los dos polos psicológicos visibles en las representaciones formales. Por cuanto se observa claramente dos tipos de representaciones: cándida, esquemática, reducida, la una, y compleja, rica, ampliada, la otra. Cuya vivencia de parte nuestra, requiere esfuerzos intrincados para traducirlas en sentimientos estéticos. Se necesitan recursos sensoriales, sentimentales y racionales para lograrlo. Y fundamentalmente, el conocimiento de la cultura y el *ethos* de los oleros (Colombres, 2005), que consiste, entre otros aspectos, en la aceptación de la *equidad* para *compartir* (alimento, esfuerzo, alegría, tristeza, ocio, sufrimiento) en el seno de la familia, y *solidaridad* para con sus vecinos, amigos y parientes, que quedan representadas y expresadas en la tarea pictórica, realizada en forma **comunitaria** y **autogestionaria** por las **autoras** madre e hija; artistas autodidactas. Con todo, cabe aludir a la existencia de una armónica belleza en la composición del mural, sus proporciones, sus ritmos, y sobre todo los colores, como resultado de una completa vinculación con la tierra: desde el uso de los materiales (como componente del adobe, pasta de relleno, elemento cubritivo, y vehículo de los pigmentos), la manifiesta **tendencia** temática hacia la naturaleza, y el modo figurativo de representación. Lo que nos obliga a advertir que no podemos incluir a la pintura mural descripta, dentro de lo que es considerado *Arte ambiental* (Fernández Chiti, 2003), ya que dicho arte consiste en *estimular la conciencia ambientalista* con la intención de mejorar los tristes espacios urbanos donde se habita, o los despojados espacios rurales depredados. Mientras que en la intención de las autoras podríamos vislumbrar una doble función: decorativa; cuando realiza los frisos tradicionales y contornos de puerta y ventana. Y, como medio de creación y expresión estética de su *cosmovisión*, cuando despliegan los elementos formales en el plano del mural, transformándolo en espacio significativo. Tampoco debe ser vista como una opción *ecologista*, con un sentido de rescate, sino como algo interno, propio de su visión, de su *cultura*, inherente a la relación del hombre con la naturaleza de la cultura guaraní, para quien dicha relación no es de superioridad o religiosidad, sino que es una relación *per se* (Colombres, 2005), dado que el hombre es parte de la naturaleza misma y la naturaleza es principio de todo. Puesto que las autoras carecen de formación académica artística, su arte podría encuadrarse en la categoría de *arte ingenuo*, que se vuelve

ambiental, dado que sin proponérselo, estimula la conciencia ambiental. Entonces, ¿Estaríamos ante un *Arte ambiental ingenuo*? O viceversa.

En cuanto a la obra como *producción simbólica* (García Canclini, 1999; Acha, 1997; Acha, 2004) manifiesta la creación de signos en los que se reconocen sus autoras, puesto que condensan sus vivencias y expresan sus deseos, su sensibilidad y su historia. En ella distinguimos un plano semántico, donde los signos se relacionan con elementos del medio ambiente natural exclusivamente (flores, palmeras, hormigas, mariposa, tronco de árbol), y permite a la imagen desempeñar una función epistémica, dado que muestra sus vivencias del entorno natural, real, presente en Misiones: una de las primeras especies vegetales protegida por ley: el *pindó*, aparece dos veces representado, un tronco de árbol trozado sobre el suelo, como signo de la depredación del bosque, la escasa presencia animal, pero existentes aún en la actualidad: hormigas y mariposas. Las flores ideales, fantasiosas, coloridas expresan sensibilidad y realzan la función estética. La imagen desde un plano sintáctico, permite hacer una lectura global, favorecida por el fondo blanco, que funciona como el mismo espacio real, abierto; algunas veces pleno, y otras despojado, y la línea de base, donde se enraízan la mayor parte de los elementos formales, que parecen repetirse, ilusión reforzada por la distribución y simetría de los colores y tamaños. A medida que nos detenemos a observar las particularidades, diferenciamos tres sectores o grupos representados, claramente definidos por intervalos de descanso, y al detenernos en cada uno de dichos sectores, van apareciendo los elementos que los componen, como integrando subgrupos dentro de la composición, donde distintos elementos en diálogo (ya sea por color, agrupación, gradación de tamaño, similitudes formales, proximidad) generan relaciones: destacan, subordinan, elevan, multiplican, produciendo microclimas que despiertan distintas emociones, que ya en un plano pragmático se manifiesta como un signo de lo bello cuyo significado es: “*que linda quedó la casita*” (práctico albañil). Esta instancia se pudo observar en la alegría y optimismo que produjo la obra en el ánimo de cada uno de los que habían participado y fundamentalmente en el propietario de la vivienda, quien, mientras se desarrollaba el mural: paralelamente, iba desmalezando y mejorando el entorno de la misma, despejando el área circundante a la vivienda, para permitir una mejor visualización; de modo tal que los cambios se producían día a día, a medida que se ampliaba gradualmente el radio del patio.

En cuanto a los efectos en relación al sistema artístico al que pertenece la obra: pintura mural, la singularidad reside en constituirse en la primera aparición en el medio sociocultural y ambiental de la Provincia y en la subcultura de los oleros, con tales características: *Pintura mural con tierra sobre paredes de tierra*. Realizado en el medio ambiente de la olería, por los oleros y para los oleros. Aunque existen en la ciudad de Oberá, y en el resto de la Provincia, diversos murales cerámicos, pictóricos y esgrafiados realizados por artistas con formación académica, en distintos lugares públicos, exentos y adosados a los muros; ninguno posee las características antes mencionadas. Los alcances de la pintura mural en la sensibilidad y en la cultura estética de los oleros ha sido de mucho agrado y sorpresa, como se refleja en la voz de los propios autores y en la actitud del destinatario señalada por el práctico albañil: “*¡Quedó lindo! ¡Mira, ni pensé que me iba a salir bien!* (Estela, 2009) “*¡Quedó lindo sí!, si el hombre⁹ se fue para allá lejos, para aquellos lados cerca del camino y miraba... miraba... la casa. Después vino, agarró el machete y se puso a limpiar todo alrededor, para que se vea mejor*” (práctico albañil).

Como en la voz de los otros oleros de la comunidad: “*Yo vi eso desde la ruta, pero creí que era de algún jardín de infantes de alguna escuela, que le habían regalado*” (Ramón; Presidente de la Asociación de Oleros de Guaraní). El hombre asoció los murales con pinturas que había visto en las escuelas. Respecto a este último cabe aclarar que su admiración fue más allá de la apreciación del mural. La valoración del mismo lo llevó a movilizarlo para replicar la experiencia en un proyecto de mayor amplitud comunitaria: “*Ayer me fui a ver de cerca, quedó re-bueno, sería lindo hacer lo mismo acá en el pueblo, en la Escuela de fútbol estamos necesitando un quiosco, y no tenemos fondo para eso, voy a mostrarle a los demás y vamos a ver qué dicen*” (ídem). En cuanto a otras personas de la comunidad, dijo Estela: “*Ayer, a la tarde pasó un hombre rubio en una camioneta, paró y miró mucho desde la ruta, volvió, entró acá y preguntó qué era, le dijimos, de adobe, ¿de adobe?!... ¿será? dijo, no podía creer y siguió mirando todo, después se fue*”; “*También vino un señor con barba y filmó todo, no preguntó nada*”. Lo que resulta un signo evidente de que el mural despertó interés y asombro.

También tuvo repercusión en el ámbito académico de la Facultad de Artes de Oberá, donde el grupo de profesores que integra el Área de Percepción Visual, en un primer momento, no aceptaba la designación de práctica artística a lo realizado por los oleros, hasta que, finalmente, fue reconocido como tal por el Tribunal¹⁰ Evaluador Programa de Incentivos de la Secretaría de Ciencia y Técnica de

la Universidad, 13/04/2009, que expresó: “Lo notable es la participación de los artistas ingenuos que ornamentan con su fantasía exuberante dichas viviendas. El arte transforma la pobreza de esos lugares elevándolos a categorías estéticas de las que muchas veces carecen las viviendas de las clases pudientes”. Lo que nos dio fuerza para continuar el trabajo, a la vez sentir la satisfacción de que nuestra tarea va por buen camino.

5. CONSIDERACIONES FINALES

La integración de saberes materiales y técnicas se concretó en la construcción y ornamentación de una vivienda con adobes. De entre las actividades de campo, desde el espacio del arte en particular, rescatamos aquellas que nos han permitido confirmar la presencia de una práctica artística vinculada a su artesanía madre (adobe-ladrillo), que involucra a todos los integrantes de la familia. A partir de la experiencia artística plástica de la pintura mural, podemos afirmar que esta actividad, ofrece un espacio comunitario, familiar y fértil para la asimilación del *ethos*, la *cosmovisión* y los *valores* del grupo. Asimismo, por ser un espacio de expresión libre, es también una acción *liberadora*. Aunque sea por un instante en la vida de los oleros, la *opresión*, cede a la *creatividad* a partir de la capacidad de *poiesis* manifiesta en el mural de los oleros. En cuanto al *valor simbólico* de dicha práctica, más allá de los mencionados, cabe señalar que es visible en la cultura olera, el arte; y que el mismo tiene una matriz o *etnogénesis* en las huellas de la cultura amerindia. Finalmente, esto es importante, por cuanto señala que, -además del arte occidental único, individual y universal- existe arte en las representaciones plásticas de los oleros; que conllevan la práctica comunitaria y solidaria.

BIBLIOGRAFÍA

- ACHA, J. (1997). *Crítica del arte: teoría y práctica*. México: Ed. Trillas, 222 p.
- ACHA, J. (2004). *Hacia una teoría americana del arte*. Buenos Aires: Ed. del Sol, 261 p.
- COLOMBRES, A. (2007). *Sobre la cultura y el arte popular*. Buenos Aires: Ediciones del Sol, 205 p.
- COLOMBRES, A. (2005). *Teoría transcultural del arte: hacia un pensamiento visual independiente*. Buenos Aires: Ediciones del Sol, 337 p.
- DUSSEL, E. (1997). *Oito ensaios sobre cultura latino-americana e libertação*. São Paulo: Paulinas, 661 p.
- FERNÁNDEZ CHITI, J. (2003). *Diccionario de estética de las artes plásticas*. Argentina: Condorhuasi, 525 p.
- FREIRE, P. (2002). *Pedagogía de la autonomía*. Buenos Aires: Siglo XXI editores Argentina, 139 p.
- GARCÍA CANCLINI, N. (1999). *La globalización imaginada*. Buenos Aires: Paidós, 238p.
- OKULOVICH, E. (2003). *Detección de prácticas estéticas populares en artes plásticas y visuales en una comunidad de oleros en Misiones*. Tesis (Estudios avanzados del tercer ciclo) Universidad de Granada, 137 p.
- OKULOVICH, E. (2009). *Prácticas artísticas y artesanales de los oleros: valorización y desarrollo desde la pedagogía crítica*. (Investigación en desarrollo). Secretaria de Investigación. APOAVA. Facultad de Artes UNAM.
- OKULOVICH, E. (2005). *Técnicas, materiales y tecnologías en olerías de Oberá*. Paraná: Universidad Nacional de Entre Ríos. Tesis (Maestría en Metodología en Investigación Científica). 167 p.

NOTAS

- (1) Compuesto de 80% de barro *ñáú*, 20% de aserrín y agua, cantidad necesaria.
- (2) Los mismos adobes después de atravesar el proceso de cocción para transformarse en material cerámico.
- (3) Barro *ñáú* en estado puro, o con aserrín incorporado.
- (4) Compuesto de 70% de arcilla y 30% de cal hidratada.

- (5) Base blanca compuesta de 60% de cal y agua en cantidad suficiente para obtener una consistencia cremosa, que permita ser aplicada con pincel.
- (6) Engobes preparados en base a 70% de óxidos (de color: amarillo, rojo, azul, verde y negro), 10% de arcilla, 20% de cal hidratada y agua en cantidad suficiente para que el color pueda ser aplicado con pincel.
- (7) Los rollizos se extraen de la floresta que los circunda, y los costaneros, son madera de descarte de los aserraderos próximos.
- (8) Especie vegetal de la familia de los dátiles, propia de la región paranaense, de aproximadamente metros de altura, cuyo fruto es comestible. Su follaje es utilizado por los pobladores originarios como protección climática en sus viviendas.
- (9) Se refiere a Santos- el habitante de la vivienda- quien había permanecido sentado en un banco de madera, observando callado y pasivo durante los primeros días.
- (10) Ministerio de Cultura y Educación. Secretaria de Políticas Universitarias. Universidad Nacional de Misiones. Tribunal evaluador de informes de investigación constituido por: Bozidar Darko Sustersic. - UBA (C1) Alicia Mercedes Guzmán – UNaM (C1), Nina, E. Kislo de Kairiyama – UnaM (C1). Secretaría de Investigación “APOAVA”. Facultad de Artes, Oberá, Misiones, Argentina.

AUTORES

Eva Isabel Okulovich, Profesora de Investigación, Adj Ex. Facultad de Artes, Universidad Nacional de Misiones; Mgter. Scientiae. Facultad de Ciencias Económicas Universidad Nacional de Entre Ríos; Doctorando en Metodología de investigación en el ámbito de las Artes plásticas y visuales. Facultad de Bellas Artes, Universidad de Granada, España. Investigadora cat. III del Programa Nacional de Incentivos a la Investigación. Jefa del área Conocimiento Científico, Dir.Inv., Sec. I. “APOAVA”; Facultad de Artes, UNAM. (SGCyT). Artista. Premios: Gran Premio de Honor Municipal. Obras: Monumento, esculturas, murales, entre otros.

Graciela Anger, Licenciada en Artes Plásticas, Profesora de Pintura, Profesora Auxiliar de Cátedra de Investigación. Investigadora Cat. IV del Programa Nacional de Incentivos a la Investigación. Sec. I. “APOAVA”; Facultad de Artes, UNAM. (SGCyT). Artista. Premios: Primer Premio en Pintura, entre otros. Profesora de Pintura, Taller de Extensión Universitaria. Facultad de Artes. UNAM. Taller de Pintura particular. Obras: Pinturas.

Silvia Okulovich, arquitecta, JTP Área Tecnología, Diseño Industrial, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Misiones. Investigadora Cat. IV del Programa Nacional de Incentivos a la Investigación. Sec. I. “APOAVA”; Facultad de Artes, UNAM. (SGCyT). , Estudio Profesional Privado, Oberá Misiones. Proyecto y Dirección de obras de arquitectura varias.

Ariel González, Ingeniero, Profesor e investigador cat. III del Programa Nacional de Incentivos a la Investigación, Universidad Tecnológica de Santa Fé. Mgter. Scientiae, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Entre Ríos. Especialista en Control de Vectores y Agentes de la Vivienda. Director e integrante de Proyectos de Investigación.



ARQUITETURA, PARTICIPAÇÃO POPULAR E O “VÍCIO DA VIRTUDE” DA CONSTRUÇÃO COM TERRA EM ASSENTAMENTOS DE REFORMA AGRÁRIA

Maristela Siolari¹; Fernando de Paula Cardoso²; Leandro Sonoda Hironaga³

Dep. de Arquitetura e Urbanismo, Centro de Ciências Exatas, UFV

(1) siolari@ufv.br; (2) fernando.cardoso@ufv.br (3) leandro.hironaga@ufv.br

Palavras-chave: Arquitetura, assentamentos, cultura, participação, trabalho

Resumo

Atualmente os assentamentos de Reforma Agrária reconhecidos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA recebem créditos para construção e reforma de moradias, além de, esporadicamente, assistência técnica de pesquisadores-extensionistas das áreas da arquitetura e da construção civil. Devido ao baixo poder aquisitivo das famílias e aos limitados recursos destinados ao pagamento de mão-de-obra especializada para a construção e a compra de materiais construtivos, é recorrente o regime de mutirão e o uso de materiais e técnicas não-convencionais de baixo custo, especialmente aquelas à base de terra. Também é comum considerar a participação das famílias na fase de projeto arquitetônico, de onde surgem dilemas e conflitos entre pesquisadores-extensionistas e famílias, geralmente devido à proposta de uso de materiais e técnicas construtivas não-convencionais. De acordo com a situação delineada, este trabalho se baseia na primeira fase do projeto “A participação das famílias nos projetos de habitação, saneamento e produção em assentamento de Reforma Agrária”, na qual foram realizadas atividades sobre o projeto arquitetônico com as famílias do assentamento Olga Benário, localizado no município de Visconde do Rio Branco – MG. Foram identificadas e analisadas as razões pelas quais as famílias resistiram à proposta de uso de adobe para a construção de suas moradias. Apoiando-se na literatura e experiências afins e nos documentos gerados pelo projeto, compreendeu-se que tal resistência se deve, em geral, a aspectos culturais. No entanto, o tempo extra de trabalho não remunerado que as famílias teriam que investir na produção de adobes – além do que empregariam na construção das moradias – resultaria em desequilíbrios na dinâmica da produção agrícola, principal fonte de renda e subsistência no assentamento. Com isso, verificou-se que mais aspectos, tais como cultura, economia e trabalho, devem ser considerados antes de apelar às virtudes da terra como material construtivo na busca pela sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A problemática da habitação – tão discutida em âmbito urbano e revisada por políticas específicas no Brasil desde meados da década de 1930 – entrou em cena nos assentamentos de reforma agrária e tem chamado a atenção para a necessidade de se formular políticas públicas adequadas ao modo de vida rural.

No entanto, pouco tem sido feito nesse sentido. Como exceção a esse usual descaso às políticas públicas específicas, estão as iniciativas de pesquisadores-extensionistas de várias partes do país interessados pela habitação em assentamentos de reforma agrária, atuando como coordenadores do processo, que vai do primeiro contato com as famílias à construção das moradias. Este processo consiste, na maioria dos casos, na coordenação da aplicação dos recursos concedidos pelo INCRA, por meio do Programa Crédito Instalação ou pela Caixa Econômica Federal (CEF), em programas de financiamento da moradia.

Portanto, este trabalho traz as experiências desenvolvidas pelos projetos de extensão e pesquisa-ação “Terra crua: Uma alternativa para a produção de habitação social em assentamentos rurais” e “A participação das famílias nos projetos de habitação, saneamento e produção em assentamento de Reforma Agrária”, sob coordenação de pesquisadores-extensionistas da Universidade Federal de Viçosa, relacionadas à proposta do uso de adobe para a construção de 30 moradias no assentamento Olga Benário, localizado no município de Visconde do Rio Branco – MG.

2. CONTEXTO E PRESSUPOSTOS DO PROJETO DE PESQUISA-AÇÃO

O projeto de pesquisa-ação “A participação das famílias nos projetos de habitação, saneamento e produção em assentamento de Reforma Agrária” e o projeto de extensão “Terra crua: Uma alternativa para a produção de habitação social em assentamentos rurais” foi delineada a partir das ações do projeto de extensão Cores da Terra que, no ano de 2007, realizou cursos sobre produção e aplicação de tintas com pigmentos extraídos de solos, em parceria com o INCRA, em 6 assentamentos de Reforma Agrária do estado de Minas Gerais que acessaram, ou estavam em vias de acessar, recursos do Programa Crédito Instalação, destinados à construção ou reforma de habitações.

O INCRA, por meio do Programa Crédito Instalação, disponibiliza recursos financeiros, sob forma de concessão de crédito, aos beneficiários da Reforma Agrária, visando assegurar os meios necessários para instalação e desenvolvimento inicial e/ou recuperação dos projetos do Programa Nacional de Reforma Agrária. O programa se divide em modalidades, sendo elas: Apoio inicial; Apoio mulher; Aquisição de materiais de construção; Fomento; Semi-árido; e Recuperação/Materiais de Construção.

A modalidade Aquisição de Materiais de Construção disponibiliza créditos no valor de R\$15.000,00 para a compra de materiais construtivos – sendo que, desse valor, até 20% podem ser destinados ao pagamento de mão-de-obra especializada – e a Recuperação/Materiais de Construção. Ainda a mesma modalidade, prevê o crédito de até R\$5.000,00 para a reforma de habitações pré-existentes (INCRA, 2009).

Os cursos realizados pelo projeto Cores da Terra forneceram às famílias assentadas capacitação para a produção de tintas e pintura das habitações construídas, ou a construir. Durante os cursos, percebeu-se que a assistência técnica fornecida às famílias pelo INCRA consistia apenas na coordenação da liberação dos recursos na fase de acesso às duas modalidades apresentadas, e não no acompanhamento sistemático dos processos de construção e/ou reforma das habitações por técnicos das áreas da arquitetura e da construção civil. Além disso, foram fornecidas duas opções de tipologias mínimas, sem considerar o meio, a cultura e as características de cada família, que também, devido ao limite de recursos, deveria arcar com o processo de construção de sua moradia. A consequência dessa ausência técnica é a autoconstrução precária das habitações em regime de mutirão.

Diante da situação, o projeto Cores da Terra redefiniu sua atuação, na tentativa de abranger novas temáticas que se inserissem no grupo das tecnologias de construção sustentáveis, abrangendo a participação das famílias em todo o processo – da concepção à construção das habitações – e na promoção de treinamento para as atividades de canteiro de obras.

Desta forma, em visita ao Assentamento Comunidade de Resistência, no município Funilândia – MG, ainda em 2007, na presença de assentados, representantes da CEF e do INCRA, debateu-se sobre as soluções construtivas a adotar, e quais seriam as mais econômicas, considerando-se a possibilidade de construir habitações maiores. No debate foi sugerido o uso da terra como material de construção, o que possibilitaria a construção de casas maiores, mantendo-se o valor investido, e com a participação efetiva dos futuros moradores, apropriação e difusão da técnica entre os assentados.

Posteriormente, houve a oportunidade de discussão com os agentes financiadores durante reunião ocorrida no dia 1º de novembro de 2007, em Belo Horizonte - MG, na sede da Gerência de Desenvolvimento Urbano (GIDUR), órgão responsável pelo financiamento complementar concedido pela CEF para a habitação social.

Enfatizando a questão de *custo x condições de conforto* para as casas do assentamento, foi proposto o uso de materiais convencionais somente nas paredes externas, e para os fechamentos internos, a utilização de adobe. A nova unidade teria, aproximadamente, 78m², mantendo-se o mesmo custo da proposta inicial de uma construção de 46 m².

Foi enfatizada, também, a participação das famílias, principalmente das mulheres, no redesenho da nova moradia e na gestão da construção, buscando-se preservar aspectos culturais e manter as características ambientais das casas rurais. A proposta foi bem aceita pelos representantes dos assentados, recebeu o apoio da CEF e de outros convidados.

No entanto, a proposta foi inviabilizada pela resistência de algumas famílias à possibilidade de utilização do adobe somada à urgência pelo início das obras.

Diante do exposto, foram elaborados projetos de pesquisa-ação para atuação em outro assentamento, denominado Olga Benário, localizado no município de Visconde do Rio Branco – MG. Com essas novas propostas, buscava-se a revalorização de conhecimentos tradicionais, permeada pela capacitação profissional através do uso de técnicas construtivas não convencionais, com o uso da terra como material de construção. Outro objetivo foi o de dar o suporte necessário à aplicação das técnicas construtivas e promover a participação do futuro morador e proprietário em todas as etapas do processo construtivo, inclusive na elaboração do projeto arquitetônico.

Os projetos “Terra crua: Uma alternativa para a produção de habitação social em assentamentos rurais” e “A participação das famílias nos projetos de habitação, saneamento e produção” foram submetidos aos editais do Programa Institucional de Bolsas de Extensão (PIBEX-UFV) e Extensão em Interface com a Pesquisa, da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), respectivamente, e aprovados em meados de 2008, possibilitando a continuidade das ações iniciadas pelo projeto Cores da Terra.

3. DESENVOLVIMENTO

Com possibilidades de atuação definidas, os projetos constituíram equipes interdisciplinares, composta por estudantes de graduação e professores das áreas da arquitetura, engenharia civil, engenharia ambiental, economia doméstica e comunicação social, além de técnicos da AESCA (Associação Estadual de Cooperação Agrícola), entidade ligada ao MST.

As primeiras reuniões realizadas com os representantes das famílias resultaram na definição das principais estratégias de ação, sendo elas:

1. Capacitar a equipe envolvida para as atividades de pesquisa e ação/interação;
2. Verificar o meio sócio-econômico, cultural e ambiental;
3. Identificar as lideranças locais e inseri-las no processo como interlocutoras entre as famílias e os pesquisadores-extensionistas;
4. Estudar e resgatar técnicas e sistemas construtivos em terra, por meio de oficinas de capacitação e sensibilização, com base nas possibilidades e limitações locais;
5. Elaborar projeto arquitetônico e detalhamento construtivo compatível com as condicionantes da técnica proposta e com as necessidades das famílias;
6. Construir uma unidade experimental.

As famílias assentadas se organizaram política e espacialmente em 3 núcleos de base, denominados Santa Helena, União e Lênin. A distribuição nos núcleos se deu por afinidade, o que demonstrou a constituição de grupos com características distintas entre eles. O primeiro, denominado Santa Helena, carrega o nome da antiga fazenda canavieira, e abriga famílias que habitavam a fazenda antes de sua desapropriação e que aderiram ao MST, tornando-se assentadas. O segundo, denominado União, é constituído em sua maioria por vários representantes de uma mesma família, oriunda da região metropolitana de Belo Horizonte – MG. E o terceiro, denominado Lênin, é constituído por famílias oriundas de várias regiões do estado de Minas Gerais.

A capacitação dos pesquisadores-extensionistas consistiu na realização de seminários e debates com a participação de técnicos do INCRA, da AESCA e representantes do MST, sobre os temas: extensão universitária, políticas habitacionais, participação popular, Reforma Agrária, materiais e técnicas construtivas, desenvolvimento de comunidades e diagnósticos rurais participativos. Também foram realizadas visitas informais ao assentamento, guiadas por representantes dos núcleos de base.

Verificou-se que parte das famílias que não haviam ocupado habitações pré-existentes da antiga fazenda edificou habitações provisórias em adobe e sem revestimento (figuras 1, 2 e 3). Ao serem indagados sobre a opção pela técnica, alegaram que era barato, pois não precisavam comprar o material, e que a casa de adobe era mais segura e confortável que o barraco de lona. Com isso, percebeu-se que a técnica já estava apropriada, o que facilitaria a continuidade das ações do projeto rumo à discussão sobre o uso de adobe nas futuras habitações.



Figuras 1, 2 e 3. Adobe no assentamento Olga Benário, Visconde do Rio Branco – MG.

O assentamento possui setores, com seus respectivos coordenadores e instâncias de debate nos âmbitos dos núcleos de base e do grupo total de famílias. Os núcleos de base, coordenados por um homem e uma mulher, se reúnem quinzenalmente, e o grupo total mensalmente para reuniões de coordenação. Nessas instâncias as questões de ordem geral pertinentes ao assentamento são discutidas em assembléia, votadas e encaminhadas. O projeto inseriu suas atividades nas reuniões de núcleo e, esporadicamente, levou as discussões que dependiam do consenso geral às reuniões de coordenação.

A primeira atividade com os núcleos consistiu na discussão sobre o tema da habitação nos assentamentos de Reforma Agrária e sobre a modalidade “Aquisição de materiais de construção” do Programa Crédito Instalação, com o objetivo de compreender o processo e as medidas a serem tomadas para garantir o bom andamento do processo. Também foram realizadas entrevistas individuais para o levantamento das condições socioeconômicas, das expectativas de cada família em relação ao projeto e para a percepção ambiental dos lotes, a fim de identificar suas potencialidades, recursos e locais mais indicados para a construção da habitação. Em seguida foi definido um programa de necessidades padrão para cada núcleo, de uma unidade “embrião”, prevendo-se possibilidades de expansão futura, a fim de se trabalhar dentro do limite de recursos.

Na etapa seguinte, discutiram-se as vantagens e desvantagens dos materiais e técnicas construtivas mais indicadas para o projeto das habitações, com base nos critérios: custo,

execução, beleza, segurança e origem. Nesse momento, surgiram os principais dilemas e conflitos entre famílias e pesquisadores-extensionistas.

Apesar das expectativas geradas em relação ao uso do adobe – devido ao fato de várias famílias dominarem e aplicarem a técnica –, compreendeu-se que apenas optaram pelo seu uso devido à ausência de recursos financeiros para construir com “material”¹, assim, para os assentados, aquelas habitações construídas em adobe tinham um caráter de abrigo provisório.

4. DILEMAS E CONFLITOS

A proposta do uso de adobe foi retomada várias vezes, e a cada vez se observavam reações diferentes. Foram realizadas visitas às habitações *provisórias* construídas em adobe e discussões em relação às vantagens e desvantagens das mesmas, convergindo na conclusão de que a técnica funciona, mas que não tinham certeza se a utilizariam. Nesse processo, as famílias a se reuniram em dois grupos: os que eram a favor da utilização do material e os que se manifestaram contra, prevalecendo o grupo daquelas que optaram por construir em alvenaria convencional. Também foi proposto o uso misto de adobe e alvenaria convencional, o que não surtiu muito efeito sobre o grupo contrário ao uso do adobe – os mitos do provisório, precário e incompatível foram prevalecendo. Aos poucos, o restante das famílias também se convenceu e a decisão final foi pela continuidade das ações do projeto com o uso de alvenaria convencional.

Percebeu-se que outras problemáticas, não diretamente relacionadas ao uso do adobe, contribuíram para o surgimento de conflitos, sendo a principal delas os atrasos e a falta de comunicação por parte do INCRA em relação à liberação dos créditos para a construção das moradias, responsabilidade que as famílias atribuíram aos pesquisadores-extensionistas, aos quais não cabia a solução. Com isso, um dos núcleos preferiu recuar enquanto não houvesse respostas por parte do INCRA, o que obrigou o projeto a dar seqüência às atividades com os outros dois núcleos.

Shimbo e Ino (2005) se depararam com situação parecida no assentamento Pirituba, no município de Itapeva – SP. Em resumo, a iniciativa do grupo de pesquisa HABIS por utilizar materiais locais deu início a atividades para a discussão sobre materiais e técnicas construtivas não convencionais, o que gerou os primeiros embates sobre a concepção, pois a maioria das famílias preferia o uso de materiais convencionais. A situação levou os pesquisadores a ministrar aulas sobre o tema, com a apresentação de fotos e de quadros comparativos sobre os materiais, suas vantagens e desvantagens. A dinâmica adotada não motivou aos participantes, que acabaram se dispersando com este processo. Devido às dificuldades de discussão, a estratégia passou a focar o custo, a estética e a geração de trabalho e renda. Essa abordagem culminou na proposição de atividades práticas de canteiro de obras durante a construção de uma casa-modelo. Para tanto, foram abertos dois cursos: um de capacitação para a produção de adobe e outros de marcenaria. No entanto, das 49 famílias, apenas 17 pessoas se inscreveram, sendo que durante o processo a freqüência diminuiu, levando ao fracasso o canteiro de obras da casa-modelo.

Segundo as pesquisadoras Shimbo e Ino,

“[...] se a idéia era consolidar uma esfera de diálogo na perspectiva de se construir algo coletivamente, na qual indivíduos e grupos provenientes de lugares diferentes iriam compartilhar um mesmo espaço, como lidar com a diferença sociocultural desses porta-vozes (no caso, pesquisadores e famílias)? Consideramos essa questão ainda como um dilema do método da pesquisa-ação, aplicado ao desenho participativo, em cujo processo há a presença de técnicos, intelectuais ou representantes do poder público e a população em geral, em particular, de baixa renda” (SHIMBO e INO, 2005, p.18).

Dessa forma, essa é uma discussão que se inicia. Processos participativos e democráticos ainda são uma realidade recente no país. Estratégias de abordagem, que envolvam exposições, atividades e outros meios estão se desenvolvendo a partir dessa realidade tão almejada e necessária. Há registros de tentativas, acertos e erros que conduzem a novas experimentações, mas não há uma metodologia definitiva ou suficientemente satisfatória para abarcar uma série de imprevistos relacionados às especificidades de cada situação. Sobretudo quando se trata de um sonho, repleto de expectativas, como a casa própria.

4.1 Cultura construtiva

Quando foram levantadas, junto às famílias, as razões pelas quais não utilizariam o adobe – apesar de acreditarem na técnica – foi possível compreender melhor a situação na qual se encontram as técnicas de terra no ideário popular. As principais razões alegadas dizem respeito aos aspectos culturais, construídos historicamente, e que não acrescentam muito àqueles já percebidos em outros trabalhos, sendo os principais exemplos:

1. “A casa de adobe não resiste à chuva”;
2. “É mais difícil executar o revestimento”;
3. “Gasta-se mais tempo com a construção”;
4. “Fornecer abrigo a insetos”;
5. “Não “segura” parafusos ou pregos”;
6. “Dá mais trabalho para construir”;
7. “Meu sonho é a casa de material”;
8. “O assentamento está inserido numa região produtora de blocos cerâmicos e telhas”.

Nota-se que a maioria das alegações é relativa ao aspecto técnico e que há soluções para as mesmas. No entanto, escondem razões implícitas à formação do ideário popular. O que antes era o material de construção convencional, utilizado em larga escala, transformou-se em coisa do passado, pois novos materiais e técnicas surgiram, respondendo aos problemas existentes. As soluções para os problemas derivados do uso da terra como material de construção vieram com a introdução de novos materiais e não com o seu aperfeiçoamento. Com isso, o que restou como referência no ideário popular às técnicas vernaculares foram seus problemas. Desse modo, pesquisadores que trabalham com o resgate e aperfeiçoamento de tais técnicas encontram uma grande barreira cultural pelo caminho, construída e sedimentada com o tempo.

Apesar disso, os pontos 6 e 8 pensados de forma complementar justificaram as alegações das famílias perante os pesquisadores-extensionistas, devido à dupla possibilidade de onerar menos a força de trabalho das mesmas e executar as construções com o uso de um material construtivo produzido na região do assentamento, o que resultaria em grande economia de recursos com a compra e o transporte dos materiais. Portanto, essa foi a alternativa mais sustentável encontrada pelo projeto.

4.2 Trabalho

“Segundo período do processo de trabalho, em que o trabalhador anda a fossar acima dos limites do trabalho necessário, custa-lhe de facto dispêndio de força de trabalho, mas não forma para ele qualquer valor. Forma, sim, mais-valia, que sorri ao capitalista com todo o encanto de uma criação a partir do nada. A esta parte do dia de trabalho chamo de tempo de sobretrabalho e ao trabalho nele despendido: sobretrabalho” (MARX, 1985, p.247).

Apesar da modalidade “Aquisição de materiais de construção” do programa Crédito Instalação, prever que até 20% de R\$15.000,00, ou seja, até R\$3.000,00, possam ser destinados ao pagamento de mão-de-obra especializada, tal valor não corresponde ao que normalmente se gasta na construção civil, sendo que a percentagem média para tal fim pode chegar a 50% do valor total da obra. E, para o caso dos assentamentos, se do valor

total forem deduzidos os 20% previstos, o restante dos recursos não é suficiente para a construção de uma habitação mínima, com dois quartos, sala, cozinha, banheiro, varanda e sistema de saneamento/esgotamento sanitário. Com isso, as famílias se vêem obrigadas a despender sua força de trabalho para que o valor total dos recursos seja destinado à compra de materiais de construção.

No entanto, o principal meio de subsistência das famílias é o trabalho na agricultura, que garante sua alimentação e o pagamento do restante das despesas por meio da venda do excedente produzido. Portanto, se o tempo que é investido na agricultura for convertido na construção das habitações, mesmo que parcialmente, resta como opção às famílias pagar pela mão-de-obra na agricultura, o que significa um equívoco, pois, deixariam de pagar pela construção das habitações. Desse modo, aquelas sem condições de pagar pela mão-de-obra são obrigadas a onerar sua força de trabalho para a construção das habitações.

Nota-se, nesse caso, que não é a opção pelo uso de terra que resolveria o problema, pois o que não seria gasto com a compra do material seria gasto com sua produção, convertendo-se o valor em tempo de trabalho. Outra opção é o trabalho em regime de mutirão, que transfere os esforços individuais para a coletividade, onerando menos a força de trabalho familiar. No entanto, o mutirão depende de uma noção de coletividade muito clara para quem trabalha, para que todos recebam os mesmos benefícios e os conflitos sejam evitados. Mesmo assim, o mutirão tem sido a opção mais recorrente nesse tipo de situação, apesar de não reverter a lógica da exploração do trabalho implícita no caso tratado.

5. REORIENTAÇÃO DAS AÇÕES

Dando sequência às atividades interrompidas no momento da definição dos materiais e técnicas construtivas, iniciou-se o desenvolvimento do projeto arquitetônico das habitações. Nas atividades realizadas com os núcleos, a principal orientação foi a de que o máximo de integrantes das famílias deveria participar do processo, assim obtendo uma aproximação maior do que seria a habitação realmente adequada à família, e não a apenas um de seus integrantes. Com base no programa de necessidades elaborado anteriormente, os primeiros desenhos foram feitos no quadro negro da sala, o que não gerou bons resultados, sendo que a representação em planta era compreendida por poucos, em geral por aqueles com experiência em construção.

Portanto, optou-se por produzir uma maquete modulada (figuras 4, 5 e 6), com base num tabuleiro quadriculado em escala de 1:20, com módulos correspondentes a 1,20 m e mobiliário padrão, na mesma escala. A primeira atividade com a maquete teve como objetivo a compreensão do uso da mesma, com a montagem da tipologia habitacional fornecida pelo INCRA com área útil de 45,00m². Nesse momento as famílias apreenderam o que representava, em termos espaciais, a “casa do INCRA” e imediatamente passaram ao “desenho” das unidades que realmente atenderiam as suas necessidades.



Figuras 4, 5 e 6. Uso da maquete modular com as famílias, Visconde do Rio Branco – MG.

6. SITUAÇÃO ATUAL

As duas tipologias projetadas têm área útil de aproximadamente 60,00m² cada e prevêem variações de acordo com as necessidades das famílias, que poderão dispor de 2 ou 3 quartos, sala, varanda, cozinha, banheiro, área de serviço, fogão à lenha com sistema de aquecimento de água integrado e sistemas de saneamento/filtragem de águas residuais. No momento, todo o grupo está concentrado na finalização do projeto executivo para submissão ao INCRA e prepara-se para o início dos cursos de capacitação para atividades de canteiro de obras.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo o sociólogo Francisco de Oliveira, em seu artigo “O vício da virtude”, não há renda no Brasil para se criar um mercado imobiliário e com isso a cidade se transforma em acampamento, gerando periferias miseráveis, como consequência do barateamento do custo da força de trabalho. E, para apaziguar a situação, o governo oficializa os mutirões habitacionais, desse modo, explorando ainda mais o trabalhador, o que rebaixa o nível da contradição ao atacar o problema da habitação por meio dos trabalhadores, ao invés de elevá-lo, por meio do capital (Oliveira, 2006).

Do mesmo modo, recorrer às virtudes das técnicas vernaculares como forma de dar soluções a problemática habitacional, significa um apaziguamento das deficiências das políticas públicas, por meio de um discurso ambientalista que descarta a exploração da força de trabalho implícita nas “respostas alternativas” à falta de recursos para a compra dos materiais necessários para a construção de habitações decentes e o pagamento da mão-de-obra no canteiro.

Desse ponto de vista, e com foco na questão da habitação em assentamentos de Reforma Agrária, a modalidade “Aquisição de materiais de construção” do programa Crédito Instalação deveria fazer parte de uma política de Habitação em Assentamentos de Reforma Agrária, que pudesse também prever recursos para o pagamento de técnicos das áreas da arquitetura, da construção civil e de mão-de-obra para a execução das construções, considerando os tempos necessários para a edificação com os diferentes materiais e técnicas construtivas, que deverão ser definidos de acordo com as especificidades regionais e preferências das famílias. Neste sentido, a terra seria uma, entre muitas opções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. *Norma de Execução nº 54, de 19 de junho de 2009*. Diário Oficial da União, Brasília, 24 de junho de 2009.

OLIVEIRA, Francisco de. *O vício da virtude. Autoconstrução e acumulação capitalista no Brasil*. São Paulo: Novos Estudos – CEBRAP. p. 67-85, 2006.

MARX, Karl. *O capital*. São Paulo: Abril Cultural. 1985.

SHIMBO, Lúcia Z; INO, Akemi. *O diálogo entre moradores e arquitetos sobre materiais construtivos sustentáveis para habitação: analisando um processo de pesquisa-ação*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.5, n.2, p.39-51.

NOTAS

(1) Denominação dada aos materiais construtivos convencionais, em alvenaria de blocos cerâmicos assentada em argamassa de cimento, areia e água.

(2) Alvenaria em blocos/tijolos cerâmicos queimados.

AUTORES

Maristela Siolari possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de Londrina (1998), mestrado e doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Atualmente é professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa atuando na área de Projeto e Planejamento Urbano, orientadora por dois anos consecutivos (2008-2009) do Projeto de Extensão “Terra Crua: Uma alternativa para a produção de habitação social em assentamentos rurais” e “A participação das famílias nos projetos de habitação, saneamento e produção em assentamento de Reforma Agrária”.

Fernando de Paula Cardoso é graduando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa, bolsista de Iniciação Científica FAPEMIG, com o projeto “A participação das famílias nos projetos de habitação, saneamento e produção em assentamento de Reforma Agrária” e coordenador de cursos do projeto Cores da Terra desde 2006.

Leandro Sonoda Hironaga é graduando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa e bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Extensão (PIBEX/UFV) com o projeto “Terra Crua: Uma alternativa para a produção de habitação social em assentamentos rurais” durante suas fases 2 e 3.



BIOCONSTRUÇÕES EM COMUNIDADES TRADICIONAIS

Felipe Augusto Pinheiro

Núcleo Ecosapiens de Pesquisa em autoconstrução
email: felipeaugustopinheiro@yahoo.com.br

Palavras-chave: autoconstrução, sustentabilidade, permacultura, bioconstruções, conhecimentos tradicionais.

Resumo

O presente trabalho busca relatar, estudar e fortalecer os trabalhos de resgate, aprimoramento e repasse de tecnologias construtivas em terra, junto às comunidades quilombolas situadas no Município de Cachoeira, região da Baía do Rio Iguape, fruto de processo de implantação do Programa de Permacultura em Comunidades Tradicionais, em colaboração ao Projeto de Sustentabilidade na Prática, em implantação pelo Instituto Brasileiro de Educação em Negócios Sustentáveis. As ações educativas em desenvolvimento pelo Instituto identificaram a vontade de parte das comunidades em trabalhar com o turismo étnico. A geração de renda com hospedagem de turistas localmente gerou a vontade em realizar melhorias em suas habitações que em seguida passou para a construção do Núcleo de Turismo de Base Comunitária.

O trabalho relata os passos deste processo participativo de repasse de técnica e tecnologias de construção com terra, gera reflexões sobre este processo participativo e gera melhorias neste processo de repasse tecnológico. A partir de estudo sócio cultural e análise do ciclo de vida nas construções tradicionais, busca-se identificar demandas por novos conhecimentos em tecnologias construtivas de terra, manejo agroflorestal para geração de insumos, e gerar a melhoria da qualidade das habitações e posterior melhoria de qualidade de vida. A metodologia desta atividade é participativa, contendo estudos e avaliações técnicas em paralelo, para entender as tipologias construtivas e estudar as patologias construtivas para que todo o processo educativo esteja sempre embasado na realidade e dificuldades locais das comunidades.

A implantação de sistemas de saneamento ecológico, uso sustentável da água e utilização de energias renováveis também integram as demais propostas de trabalho deste projeto para ampliar as ações, e assim atuar de forma mais integral no que diz respeito a melhoria de qualidade habitacional destas famílias.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil é recorrente o uso da terra nas construções: cidades históricas estão repletas de monumentos que utilizaram a terra com matéria-prima; em comunidades tradicionais também são encontrados vestígios dessas técnicas construtivas, principalmente naquelas situadas em áreas de difícil acesso e distantes da influência dos grandes centros urbanos.

A maior concentração das habitações em terra está situada no nordeste do país, região que ainda preserva parcialmente hábitos tradicionais. Porém estas técnicas estão se perdendo. Barbosa (1996) comenta que “antigamente, construções dos senhores de engenho eram feitas de terra e apresentavam excelente aspecto e desempenho. Hoje, o material foi relegado à condição de ‘material de pobre’, porque não é usado corretamente, resultando em edificações de má qualidade e péssimo aspecto estético”.

As construções encontradas nas comunidades quilombolas⁽¹⁾ são importantes fontes de referência de construções realmente sustentáveis em diferentes aspectos: ambiental, social, cultural e econômico. A partir de uma integração com os recursos locais disponíveis, elas contribuem para a revisão de conceitos e princípios dos atuais paradigmas socioculturais da

sociedade moderna com seu sistema construtivo natural. Na Baía do Iguape, no Município de Cachoeira no Estado da Bahia, estas comunidades conservam fortemente sua cultura material com princípios que condizem com a arquitetura sustentável, utilizando materiais, técnicas, sistemas e processos construtivos de baixo impacto ambiental e igualdade social. Apesar dessa condição de autonomia e uso dos recursos naturais locais, é evidente o processo de perda do conhecimento e técnicas de construção por parte destas comunidades.

A questão econômica pode ser enfatizada como fator importante na permanência destas técnicas. Em muitas regiões do nordeste, seja no litoral ou principalmente no semi-árido, as famílias vivem em condições financeiras bastante limitadas, o que as impossibilitam adquirir materiais para aderir ao processo construtivo convencional.

A abundância de recursos naturais disponíveis na região, apesar do permanente processo de degradação ambiental, facilita muito para que se mantenham a utilização destas técnicas. Problemas com a existência de mercados irregulares locais que fazem a extração de madeiramento em áreas não permitidas são recorrentes.

O fator climático também é uma razão para que os hábitos de uso destas técnicas construtivas não se percam, já que as construções em terra em geral proporcionam maior inércia térmica e isolamento, características necessárias em muitas regiões no Brasil.

Especificamente nas comunidades tradicionais quilombolas da Baía do Iguape, mais de 90% das habitações são de taipa de mão ou pau a pique. Os poucos experimentos com construções feitas em concreto e blocos cerâmicos, realizados na região apresentaram alto índice de fissuras nas alvenarias. O motivo, segundo a própria comunidade, é devido ao tipo de solo. O massapê, nome popular do solo argiloso superficial predominante em toda a baía, movimenta-se constantemente em função do seu grau de umidade, abrindo fissuras nas construções, gerando descontentamento e rejeição com relação ao sistema construtivo convencional.



Figura 1. Comunidade do Kalolé, Baía do Iguape, BA (Crédito: Felipe Pinheiro)

Algumas habitações construídas em taipa de mão nas comunidades do Iguape demonstram que já se perdeu parte dos conhecimentos tradicionais construtivos. É possível perceber,

por exemplo, o uso de terra vegetal superficial no preparo do barro para a taipa. Como este é bastante argiloso, as paredes são frágeis, fissuram bastante e iniciam o processo de degradação quase que imediatamente ao término da sua construção.

Para a construção de novas habitações existe a prática de utilizar a terra proveniente de uma região próxima, ainda que distante cerca de cinco quilômetros. Este fato se deve ao também preconceito quanto ao uso da terra do subsolo local, denominado popularmente de “selão”, que, assim como o massapê, contém com elevado teor de argila e apresenta retração excessiva na secagem. Apenas duas das comunidades que compõem a microrregião envolvida com o projeto dispõem de terra adequada à construção, não praticando o transporte de matéria-prima de fora.

Busca-se com este trabalho discutir de forma abrangente quais elementos colaboram ou dificultam o processo de resgate, melhoria e fortalecimento dos conhecimentos construtivos que utilizam a terra com matéria-prima. Questões culturais, econômicas, ambientais e sociais estão sendo os pilares de estruturação das ideias que norteiam o planejamento e programação das atividades técnicas educativas em processo de implantação junto às comunidades em questão.

2. HISTÓRICO

De acordo com IBGE (2007), o estado da Bahia conta com 417 municípios, sendo Salvador sua capital. O denominado Recôncavo possui 33 municípios, representando uma área de 10.015 km². Acessado inicialmente apenas por navegações, passou pelo processo de desenvolvimento com a implantação da rede ferroviária regional. Nas décadas de 60 e 70 recebeu a implantação de rodovias, que possibilitou a aproximação dos municípios, visto que as estradas atravessam praticamente todos os municípios, favorecendo a integração entre eles.

Localizadas na região do Município de Cachoeira, às margens do Rio Paraguaçu, as comunidades quilombolas da Baía do Iguape vivem neste local há gerações. A maioria das comunidades ainda está situada junto a ruínas de antigos engenhos de cana-de-açúcar, datados do século XVI.

A região do Recôncavo Baiano era habitada por índios Aimoré, na margem direita do rio Paraguaçu, próximo ao rio Guaiá. A colonização da região deu-se apenas duas décadas depois do descobrimento do país, em 1520. Em 1531, ocorreu a expedição de Martins Afonso de Souza, na qual o fidalgo português Paulo Dias Adorno fez parte. Ele decidiu instalar-se na margem esquerda do rio Paraguaçu, na região que hoje é chamada de Cachoeira, para plantar cana-de-açúcar. Construiu um engenho, uma senzala e uma pequena capela sob a invocação de Nossa Senhora do Rosário. Isto impulsionou novos fazendeiros, que construíram outros engenhos de cana-de-açúcar e transportaram muitos escravos para a região. Nas margens da Baía do Iguape também foram construídas igrejas por ordens religiosas como as jesuítas, carmelitas e franciscanos, ou por senhores de engenho, sendo que a maior parte delas está voltada para os rios, de onde chegavam as embarcações da época.

Em 1693, Cachoeira se chamava Vila de Nossa Senhora do Rosário do Porto da Cachoeira, sendo o segundo município instalado no Recôncavo Baiano. O impulso ao progresso deu-se pelo funcionamento do porto de Cachoeira, que ligava o Recôncavo ao sertão. Cachoeira tornou-se uma das cidades mais ricas e populosas do Brasil, sendo sede do governo federal por um dia e do governo da Bahia duas vezes: uma no início das lutas pela Independência (1822) e outra durante a Revolta da Sabinada (1837). Neste mesmo ano (1837), foi denominada como Heróica Cidade de Cachoeira, em homenagem a coragem de alguns cachoeiranos como Maria Quitéria (a mulher do soldado, que lutou na independência da Bahia) e a Ana Nery (a Enfermeira do Brasil, título que recebeu durante a Guerra do Paraguai).

Até a década de 60, o transporte de passageiros, cana-de-açúcar e fumo era realizado em navios, que navegavam da atual capital baiana até Cachoeira, passando por Maragogipe. O transporte era diário e ocorria conforme os horários da maré. Os moradores mais antigos da região lembram claramente do “vapor de Cachoeira”, forma como o navio era conhecido. A construção de rodovias na década de 60 e 70 fez com que o transporte marítimo perdesse gradativamente sua importância, levando à decadência das atividades portuárias de Cachoeira e Maragogipe.

Em 1971, Cachoeira recebe o título de Cidade Monumento Nacional.

O declínio econômico deste município perdura até os dias atuais, quando é possível observar grande parte da população vivendo na linha da pobreza ou abaixo dela. A economia destes municípios está pautada nas atividades pesqueiras, agrícolas e no comércio local.

Ressalta-se também a importância do sincretismo religioso do catolicismo e do candomblé na cultura local, freqüentemente observável nas comunidades, assim como nos centros urbanos. As festas religiosas movimentam a região; como destaque tem-se a Festa de São Bartolomeu (padroeiro de Maragogipe), que ocorre em Maragogipe em todos os domingos de agosto, e a Festa da Irmandade da Boa Morte, que ocorre em Cachoeira no mesmo mês.

As comunidades da Baía do Iguape especificamente estão situadas cerca de 40 quilômetros de distância da cidade de Cachoeira. Aquelas que estão situadas nas proximidades do mangue estão próximas às ruínas existentes dos antigos engenhos de cana de açúcar. Aproximadamente três anos atrás chegou o Programa Luz para Todos, com iluminação e eletrificação nas comunidades. Recentemente, o Programa Água para Todos possibilitou que as habitações de muitas comunidades fossem abastecidas com água encanada.

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO NAS COMUNIDADES QUILOMBOLAS

Durante o desenvolvimento do Projeto de Fortalecimento dos Negócios Sustentáveis na Baía do Iguape, o turismo étnico foi identificado, entre outras, como uma excelente oportunidade para divulgar e viabilizar as comunidades quilombolas. Surgiu então a necessidade dos comunitários em recuperar e melhorar suas residências para o pernoite turístico e, conseqüentemente, a demanda para esta colaboração, cuja atividade é desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Educação em Negócios Sustentáveis.

A visão do Instituto em fortalecer as tradições dessas comunidades entende que fomentar um trabalho processual com base na permacultura é a melhor forma de colaborar para a melhoria e adequação local para esta nova realidade: receber turistas para conhecer de perto suas tradições, como as do feitiço da farinha torrada, da produção do azeite de dendê, entre outras ainda presentes na cultura local.

A permacultura, termo cunhado no final da década de 70 por dois ativistas australianos, trata da alternativa prática voltada para a cultura permanente com base em um *design* holístico e integra o ser humano ao ritmo da natureza, provendo suas necessidades sem gerar um desequilíbrio do meio em que habita. "A única decisão verdadeiramente ética é cada um tomar para si a responsabilidade de sua própria existência e da de seus filhos" (Mollison, 1990). Permacultura é uma síntese das práticas agrícolas tradicionais com idéias inovadoras, unindo o conhecimento secular às descobertas da ciência moderna, proporcionando o desenvolvimento integrado da propriedade rural de forma viável e segura para o agricultor familiar.

A metodologia para a introdução de tecnologias conforme as oportunidades tem, como base de atuação, a identificação e valorização dos conhecimentos tradicionais existentes de modo que a introdução de novas práticas melhore as tradições existentes sem gerar a perda de identidade e desvalorização dos conhecimentos ancestrais.

As atividades propostas são realizadas através da aprendizagem de naturezas teórica e prática, voltadas para a melhoria das habitações e disseminação de técnicas sociais apropriadas, utilizadas dentro da metodologia e princípios da permacultura.

Oficinas temáticas participativas e, principalmente, visitas a outras unidades turísticas de base comunitária possibilitam a identificação de técnicas e procedimentos para melhoria das habitações dos próprios comunitários interessados em receber turistas.

A proposta de trabalho contempla a melhoria habitações e seu entorno: 1. Parede: execução do pau a pique, reboco natural e pintura natural; 2. Energia: fabricação de aquecedor solar de baixo custo, fogão a lenha de baixa combustão e secador solar; 3. Saneamento: cisterna de ferro-cimento, círculo de bananeiras; construção de banheiros secos e composteiras; sistema de infiltração de águas cinza em pomar.

Os objetivos do projeto foram:

- Fortalecer os conhecimentos tradicionais no âmbito das construções e o aprimoramento e aperfeiçoamento destas técnicas com o objetivo de melhorar a qualidade das habitações.
- Corrigir problemas de exagerada retração da terra utilizada na execução da parede, eliminando fissuras e as condições favoráveis de moradia do barbeiro, responsável pela disseminação da Doença de Chagas.
- Melhorar as condições atuais das habitações, bastante precárias e em processo de perda e abandono dos conhecimentos tradicionais nas construções.
- Possibilitar o aprendizado de outras técnicas construtivas com terra, como o adobe, ou outras, que possibilitem menor do uso de madeira.
- Criar espaços que acolham turistas junto às comunidades envolvidas no programa de turismo étnico, restaurando e construindo habitações a partir de técnicas construtivas de baixo impacto ambiental, social, econômico e de fácil multiplicação, já utilizados ou introduzidos no programa de capacitação.
- Trabalhar questões de saneamento e consumo energético com a implantação de sistemas eficientes de reciclagem de nutrientes como os de banheiros secos e aproveitamento de recursos renováveis disponíveis.
- Disseminar outras técnicas que estejam interligadas as demandas das comunidades, a curto, médio e longo prazo.

4. A PERMACULTURA JUNTO AS COMUNIDADES QUILOMBOLAS

Desde Outubro de 2009 são realizadas atividades relacionadas ao Programa de Permacultura. Durante o primeiro encontro com um dos núcleos comunitários foi explicado o conceito de permacultura, sua filosofia, ética, princípios e metodologias práticas de trabalho junto à natureza. Neste encontro também ocorreu a primeira reunião com o grupo voltado ao turismo étnico.

No encontro foi apresentada a proposta de trabalho conforme entendimentos anteriores em recuperar e melhorar três habitações em três comunidades distintas.

Antes de realizar qualquer atividade prática, foram realizadas atividades lúdicas de prática da análise dos setores energéticos, metodologia da permacultura voltada à observação e estudo das energias da natureza que circulam no ambiente local. Além disso, incluíram atividades como observar o sol nascente e poente, reunir informações sobre época das chuvas e o caminho que estas percorrem sobre o solo, perigos de fogo nas proximidades da casa, direções dos ventos predominantes, caminhos e trilhas disponíveis, materiais disponíveis localmente e possíveis de serem utilizados nas construções.

Observar e pesquisar os conhecimentos tradicionais locais são atividades importantes e sempre realizadas anteriormente aos trabalhos práticos, procurando observar e posteriormente fortalecer os conhecimentos locais. Buscar aprimorar as técnicas existentes com sugestões que possibilitem melhorias de qualidade das habitações também são eixos deste processo de ensino aprendizagem.

Após as primeiras intervenções, focadas na recuperação de construções de comunitários integrantes do grupo de turismo étnico, identificou-se certa resistência à utilização de novas técnicas construtivas voltadas à melhoria da qualidade final das alvenarias de terra. O bloqueio existente nos mutirões para mudanças nas formas de “tapar” as casas com a adição de fibras vegetais na mistura, para minimizar as fissuras, gerou um processo de reflexão entre o grupo de turismo, que também observou a vontade em testar novas técnicas construtivas, ainda não conhecidas localmente, e posteriormente à intenção do grupo de turismo em criar uma habitação voltada ao turista com o aprendizado e uso de técnicas como adobe, terra ensacada, comumente denominada superadobe⁽²⁾, e telhados vivos.

4.1. Experiências na comunidade Dendê e Kalembá

A questão do desmatamento e retirada de árvores, tanto das matas quanto do mangue, para a construção de novas habitações vem sendo algo comum entre as comunidades. Em conversas com os mais velhos foi identificada a diminuição da vegetação do mangue e correlacionada com a diminuição da biodiversidade local. A retirada ilegal de madeiras nas matas mais próximas para a montagem das estruturas e dos quadros das paredes, também são práticas comuns e que geram a diminuição da biodiversidade local.

Durante a primeira atividade de planejamento participativo de melhoria das habitações buscou-se identificar quais patologias poderiam ser destacadas e estudadas no intuito de se encontrar soluções técnicas que resolvessem tais problemas. A própria comunidade percebeu que uma casa de taipa de mão, com dois anos de idade, foi construída com pé direito muito alto e, por ter paredes altas e pesadas, teve deslocamento para um dos seus lados. Ao retirar os pilares de madeira da terra, ficou claro que a profundidade que eles estavam enterrados não era suficiente para dar devida estabilidade e evitar tal deslocamento. Esta habitação também apresentava outras patologias que demonstrava claramente a perda do conhecimento e da técnica de construir com terra por parte da comunidade. Além dos pontos de fragilidade encontrados na altura da edificação e pouca profundidade dos pilares, constatou-se a falta de uma viga de suporte das paredes de taipa que possibilita o recalque e o aumento do número de fissuras nas paredes. O uso de terra inadequada para o barreamento das paredes também se trata de uma das patologias identificadas. Conforme comentado anteriormente, estas comunidades estão localizadas em uma região onde o solo superficial predominante é o massapê, cuja movimentação constante provoca fissuras nas paredes que além de ter um aspecto bastante desagradável, cria condições favoráveis para o abrigo de insetos, principalmente devido a ausência do reboco.

As experiências iniciais de repasse e fortalecimento das técnicas construtivas aconteceram em habitações familiares e, estiveram sujeitas à aprovação dos moradores. Uma experiência reprovada por uma dessas famílias foi o uso do bambu como alternativa das ripas horizontais das paredes de taipa.

Este acontecimento desencadeou uma discussão mais ampla, que diz respeito à aceitação dos proprietários das casas em disponibilizar seus espaços para testes de “novas” técnicas construtivas. Apesar dessas técnicas serem testadas em habitações de integrantes do grupo de turismo, por ter como metodologia de trabalho a realização de mutirões, o uso de inovações desencadeou um processo de resistência e baixa adesão aos mutirões.

Outro fator importante e que colaborou na mudança do programa idealizado anteriormente diz respeito ao uso de técnicas já conhecidas. Ao invés do uso da taipa, os comunitários demonstraram que queriam conhecer e testar novas técnicas e disponibilizá-las para as

futuras gerações. Eles estavam dispostos inclusive em rever a metodologia escolhida previamente, a de trabalhar na melhoria da casa das famílias integrantes do grupo de turismo, e construir uma edificação específica para o núcleo do turismo, que reunisse técnicas que eles mesmos fossem escolhendo durante as oficinas e que pudesse, além de acomodar os visitantes, servir de um novo modelo construtivo.



Figura 2. Casa em estudo na Comunidade do Dendê, Baía do Iguape, BA (Crédito: Felipe Pinheiro)

No caso das ações no mutirão na comunidade do Kalembá ocorreu o mesmo padrão de resistência a incorporar novas práticas voltadas para a melhoria das condições das casas. Durante o mutirão de fechamento das paredes com terra buscou-se utilizar fibras vegetais na mistura do barro e assim criar uma trama estrutural interna para minimizar as fissuras e fortalecer o conjunto estrutura – terra. Com muita dificuldade utilizou-se fibras vegetais em parte da casa. Posteriormente, parte do grupo que participou na atividade de fechamento das paredes fez uma visita de observação comparativa entre lugares onde receberam e lugares onde não receberam as fibras. Ficou claro para todos os presentes que a qualidade da parede que teve o barro com as fibras estava com qualidade superior e precisaria menos energia no acabamento final por apresentar menor número de fissuras e fissuras menores.

Posteriormente a estas duas experiências iniciais, durante reunião comunitária, foi efetivada a alteração nos planos e ficou definido que seria construída uma nova edificação para abrigar o núcleo de turismo de base comunitária.

4.2. O Núcleo experimental de turismo

Com o aprendizado obtido durante a primeira etapa do trabalho, novas formas de transmitir os conceitos da permacultura foram buscadas para enfrentar os futuros desafios. Pesquisando localmente quais projetos haviam sido desenvolvidos junto às comunidades foi identificado o processo relacionado à introdução da apicultura como forma de geração de renda complementar com a produção de mel. Relatos deixaram nítidos alguns padrões de

comportamento encontrados no início dos trabalhos com a permacultura, principalmente com relação à resistência daquilo que é novidade. Em outras experiências com agricultores em outras regiões do país, possibilitar o aprendizado pela prática sempre alcançou resultados eficientes. Foi assim no início das capacitações em apicultura na região, depois de uma temporada de flores e feita a primeira colheita de mel ficou nítido a todos que os resultados obtidos valiam os esforços colocados no manejo das abelhas.

A apicultura, conhecimento comum entre os atores do programa voltado à melhoria das edificações, passou a ser utilizada de forma didática para exemplificar os padrões e formas da natureza. Esta estratégia visa demonstrar a permacultura a partir dos conhecimentos que já estão presentes entre os comunitários. Na busca por formas simplificadas de se construir, e tendo como referência a forma de organização e crescimento encontrado no universo das abelhas, selecionou-se a técnica de terra ensacada, cujo desenvolvimento construtivo é similar ao utilizado pelas abelhas na construção dos seus favos.

Esta técnica vem sendo testada pelo arquiteto iraniano Nader Kalili há mais de 15 anos no Instituto CalEarth, em Hesperia-CA (USA). O pesquisador se inspirou nas construções de trincheiras para realizar seus primeiros testes.



Figuras 3 e 4. Primeiro protótipo em terra ensacada realizado há 20 anos. Cal Earth Institute; Hesperia CA (Crédito: Felipe Pinheiro)

Em Março de 2010 foi iniciada a construção do Núcleo com a execução das fundações com a construção da viga baldrame com pedra bruta, material abundante na região e historicamente utilizado nas construções dos antigos engenhos de cana de açúcar.



Figura 5. Sistema de crescimento modular

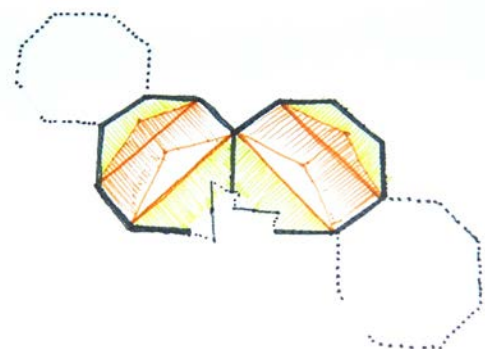


Figura 6. Sistema de cobertura central e bordas

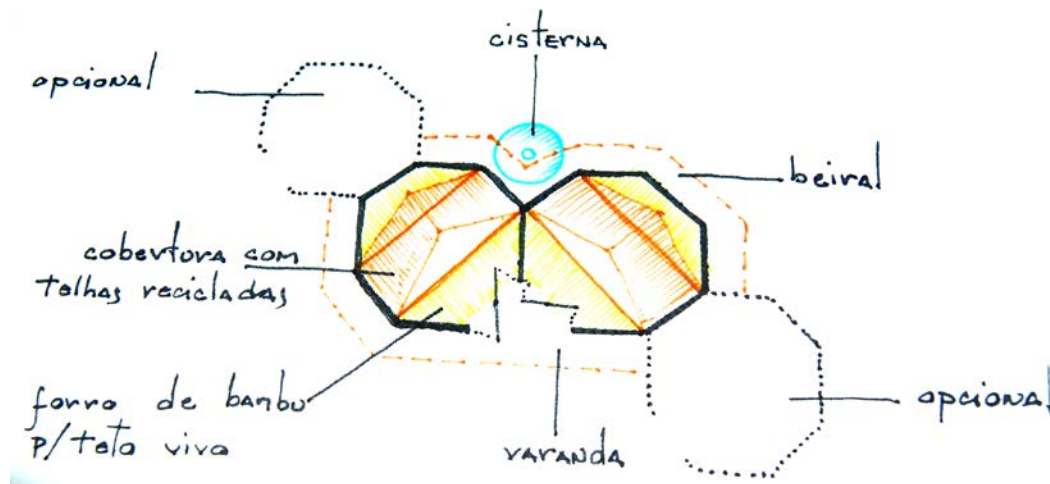


Figura 7. Sistema construtivo modular experimental

4.3. Propriedades emergentes do programa

As atividades seguiram o cronograma inicial proposto, com a visão de alcançar os objetivos específicos do grupo de turismo, mas também de incorporar mudanças conforme o aprofundamento dos estudos e ampliação do entendimento da permacultura por parte dos comunitários.

À partir da necessidade em se discutir alternativas para produção de madeiramento para as futuras habitações, a proposta de novas práticas ligadas à agricultura, que produza matéria-prima para novas casas, passou a integrar o conceito deste programa. Desta forma, está sendo integrado ao programa a realização de um experimento prático com sistemas agroflorestais na comunidade do Kalolé.

Os sistemas agroflorestais têm como base conceitual entender e tentar replicar o que se conhece na natureza por sucessão natural das espécies. A partir deste processo de sucessão, busca-se planejar quais espécies arbóreas podem suprir as demandas no que diz respeito à produção de alimentos, fibras, madeira para construções, e outros recursos madeireiros, acompanhando o ritmo natural de evolução de um sistema florestal.

A falta de madeiramento disponível localmente gerou um processo intuitivo em uma dessas comunidades, que eles mesmos denominaram de “a nossa permacultura”, e que gerou uma nova alternativa para esta situação.

Na comunidade do Kaonge, por exemplo, a solução encontrada foi a substituição dos pilares estruturais de madeira por pilares de concreto armado. Baixo custo e simplicidade para alcançar independência e autonomia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente uma pergunta simples começou a ecoar nas primeiras reflexões sobre este trabalho: o que a permacultura trazida por alguém de fora da comunidade poderia colaborar no aprimoramento da vida de pessoas tão integradas ao ambiente natural? Já que estas comunidades levam um estilo de vida tão integrado aos recursos disponíveis, plantando mandioca e produzindo farinha artesanalmente, coletando dendê e produzindo todo seu azeite para consumo e até comercialização, cultivando e coletando recursos pesqueiros também integrados ao ritmo natural local.

Pouco a pouco, e com muito respeito a todo o conhecimento tradicional existente, foram sendo identificadas lacunas, espaços onde poderiam ser propostas alternativas ligadas às habitações e saneamento, que pudessem colaborar na melhoria da qualidade de vida das famílias em geral.

Um dos princípios proposto pela permacultura, o de “transformar os desafios em oportunidades” foi adotado desde o começo do projeto. Em cada dificuldade encontrada, surgia uma nova oportunidade para propor algo novo, uma alternativa àquele problema aparentemente sem solução. Nestes momentos, foram trazidas alternativas a partir da metodologia de *design* da permacultura que, além de solucionar tal dificuldade, busca cooperar na introdução de novas tecnologias e práticas ecológica de fácil disseminação social.

Isto fez com que fossem evitadas muitas situações de conflito devido à resistência natural encontrada; ao invés disto, possibilitou e ainda possibilita que cada nova proposta apresentada pelo Programa de Permacultura demonstre a eles que alternativas locais sempre existem. Basta a vontade e abertura para incorporar novas práticas a sua cultura para que esta condição de autonomia e sustentabilidade, tão presente em suas vidas, permaneça e seja cada vez mais presente.

Acredita-se que com tempo e respeito ao processo de incorporação dos princípios que norteiam as ações em permacultura, as famílias estarão adotando práticas mais sintonizadas ao ritmo da natureza.

Por tratar-se de um projeto piloto e que ainda está em fase de implantação não se pode concluir e analisar o trabalho de forma mais aprofundada e conclusiva. Mesmo assim já é visível pequenas mudanças na cultura construtiva, principalmente na busca por soluções que considera a construção com terra, mas que também busca solucionar e melhorar as questões habitacionais atuais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbosa, N. P. (1996). Construção com terra crua: do material à estrutura. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba. Monografia (apresentada no concurso para Professor Titular do Departamento de Tecnologias para a Construção Civil).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE (2007). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ba>

Mollison, Bill (1991). Introduction to Permaculture. Austrália: Tagari Publications.

NOTAS

- (1) Comunidade quilombola corresponde a um grupo étnico-racial remanescente, com trajetória histórica própria relacionada à resistência à opressão, dotados de relações territoriais específicas que reproduzem seu modo de vida tradicional em determinado lugar. Teve início no agrupamento de escravos fugitivos e hoje reúne descendentes destes escravos na mesma área onde se reuniram no período de escravidão.
- (2) Técnica ensacada, comumente chamada de superadobe, trata-se da técnica construtiva contemporânea que utiliza como matéria-prima a terra contida em sacos de polipropileno que cumprem a função de reter o material na posição e permitir sua compactação. Por estar construída em camadas de sacos, utiliza-se arame farpado entre cada camada para garantir uma ligação entre estas camadas de sacos, e criar um conjunto estrutural.

AUTOR

Felipe Augusto Pinheiro, engenheiro civil formado pela Universidade de Mogi das Cruzes, pesquisador autônomo em bioconstruções desde 2003. Integrou e colaborou na criação de uma série de iniciativas em Bioarquitetura e Permacultura desde então. Atua como consultor em sustentabilidade em projetos e construções e também como educador para a sustentabilidade em ações junto a comunidades tradicionais e intencionais.



SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA Y SOCIAL DE LAS BÓVEDAS DE CUÑA EN LA EDIFICACIÓN CON TIERRA

Ramón Aguirre¹; Luis Guerrero²; Alan Laguerenne³

(1) Arcilla y Arquitectura. E-mail: aguirre30@msn.com

(2) Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. E-mail: luisfg1960@yahoo.es

(3) Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. E-mail: alanlaguerenne@hotmail.com

Palabras-clave: bóvedas, mamposterías térreas, emisiones de CO₂, gasto energético

Resumen

A lo largo de la historia de la construcción se ha trabajado en la búsqueda de estructuras cuya estabilidad y resistencia conjuguen el aprovechamiento de la forma, con las cualidades físicas de los materiales que las componen. Esta lógica constructiva ha sido especialmente compleja en el desarrollo de cubiertas y entresijos, ya que son los elementos más complicados de la arquitectura, a consecuencia de su "anti-naturalidad" derivada de la lucha contra la fuerza de gravedad. Un recurso constructivo que presenta notables cualidades ecológicas y económicas lo constituyen las bóvedas vaídas que de manera tradicional se han utilizado en el centro de México desde hace por lo menos un siglo. Estas estructuras conocidas como "bóvedas de ladrillo recargado", "bóvedas mexicanas", "bóvedas del Bajío" o "bóvedas de cuña", tienen la singularidad de transmitir sus cargas de manera multidireccional con lo que se optimiza el uso de los materiales constructivos, además de no requerir cimbra para su ejecución. Se trata de uno de los sistemas constructivos que con el paso del tiempo se ha constituido como una alternativa de una sociedad no industrializada. Este recurso le permite hacer frente a la problemática derivada del uso los complicados sistemas que han venido empobreciendo la producción arquitectónica y la calidad de vida de nuestra sociedad, como es el caso de las losas de concreto armado, las cuales se utilizan indiscriminadamente a pesar de su excesivo costo y alto impacto en el deterioro ambiental. En la ponencia se exponen los detalles de la ejecución de las bóvedas de cuña, su caracterización arquitectónica y tipológica, así como una evaluación comparativa de las ventajas ecológicas y sociales que representa su aplicación en la edificación con tierra. Se utilizan parámetros de evaluación tales como costos, consumos energéticos y emisiones de CO₂ en comparación con estructuras de techo y entresijo de concreto armado, que es el recurso más utilizado en la edificación de vivienda en México.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el hombre ha tenido la necesidad de habitar un lugar físico. Los materiales de ese espacio han dependido de las condiciones en que han sido construidos, es decir, la forma y la tecnología con la que se contaba, lidiando, entre otras cosas, con las fuerzas de la naturaleza, aunque de todo ello se ha sacado partido.

En la búsqueda por cubrir los espacios que el hombre habita y usa, las bóvedas de todo tipo han tenido gran importancia. Pero en este devenir constructivo, las bóvedas han quedado en desuso al ser substituidas por las técnicas modernas de construcción de alto costo y mayor consumo de energía. Estas últimas son utilizadas por la mayor parte de la gente de todos niveles económicos y educativos, a pesar de ser ajenas a las necesidades y recursos materiales locales. Hoy en día casi nadie concibe un entresijo o un techo para una vivienda nueva que no sea una losa de concreto armado o vigueta y bovedilla, aunque no sea necesaria ni por cuestiones estructurales, funcionales o climáticas en el sitio en que se utilizan.

Las bóvedas de cuña, motivo del presente trabajo, se han desarrollado principalmente en la llamada "zona del Bajío" del centro norte de México, en los estados de Querétaro,

Guanajuato, Jalisco y en algunas comunidades aisladas de Aguascalientes y Michoacán. La evolución constructiva de éstas ofrece una amplia gama de posibilidades. La estructura y estabilidad que presentan le dan cualidades óptimas para la habitabilidad y el confort de los usuarios.

Otro atributo se deriva del sistema de mampostería que se utiliza para su elaboración y que resulta plenamente compatible con la técnica de los muros que las soporta, por lo que se convierten en “sistemas compatibles”. De este modo, se consigue tener estructuras homogéneas en su transmisión de esfuerzos en cubiertas, entrepisos, muros y, a veces, hasta en la cimentación.

Esta búsqueda de compatibilidad estructural pocas veces se toma en cuenta en el diseño contemporáneo, influido por el manejo indiscriminado de elementos de concreto armado. La sociedad en general y sobre todo los arquitectos e ingenieros, se han olvidado que hasta no hace más de cien años toda la edificación se basaba en el trabajo compartido de sistemas constructivos continuos y flexibles, en los que cada componente de la estructura tenía su razón de ser como elemento orgánico del conjunto (Guerrero; Meraz; Soria, 2007).

Las cubiertas, refuerzos y entrepisos de concreto armado, a pesar de su versatilidad y facilidad de elaboración, desde el punto de vista estructural, son elementos con un comportamiento totalmente ajeno a la lógica de las mamposterías que se emplean tradicionalmente para la elaboración de muros. Los elementos de cemento tienen una alta resistencia y gran impermeabilidad, características fundamentales en la elaboración de carreteras, puentes y presas. Sin embargo, estas dos cualidades son totalmente incompatibles con las necesidades de las viviendas de mampostería, las cuales necesitan de un comportamiento flexible de las estructuras, además de la preservación de su porosidad, la cual permite mantener el equilibrio higroscópico e térmico de los espacios y su medio ambiente.

De este modo, los elementos de cemento en general y de concreto armado en particular, rigidizan demasiado a las estructuras de mampostería y ejercen empujes y tensiones innecesarias en los elementos portantes.

Se suele olvidar que gran parte de la explicación de la supervivencia de estructuras patrimoniales hechas de piedra, adobe, tapial, ladrillo y madera, tiene que ver con el manejo de entrepisos y techos en los que las cargas se transmitían a los muros mediante sistemas de “colaboración flexible”. Las bóvedas, cúpulas, armaduras, terrados y techos de viguería que se utilizaron durante milenios en esta arquitectura tienen la ventaja de trabajar de manera articulada con los apoyos verticales de modo que los esfuerzos se compensan y reparten equilibradamente entre cada componente orgánico del conjunto (Guerrero, 2007).

Además de esta complicación estructural, la fabricación de los elementos comerciales que se usan en la arquitectura “convencional”, como el hormigón y el acero, requiere un altísimo consumo de energía y su producción genera importantes cantidades de desechos a la tierra, al aire y al agua.

La aplicación de materiales y sistemas constructivos económicos y de bajo impacto ambiental, es de gran importancia ya que nuestra realidad como país en permanente vía de desarrollo, nos deja a la sombra de modelos implantados que están fuera de nuestro alcance y nivel de tecnificación. Ante esto, necesitamos una alternativa viable que se adapte a requerimientos locales presentes y futuros.

2. LA PRODUCCIÓN DEL HÁBITAT

Como es sabido, la manera tradicional de ejercer la práctica profesional de la arquitectura está fundamentada sobre una herencia de tradición cartesiana y un pensamiento racionalista, que se acentuó en el siglo XX especialmente en el caso de la vivienda, con las propuestas funcionalistas que fueron resultado de un modo simplificado del conocimiento.

Sin embargo, es necesario reconocer que la simplificación y especialización de una realidad difícil de comprender da como resultado una aproximación truncada del conocimiento.

Las respuestas del hábitat racional-funcionalista en el área de la vivienda han sido inadecuadas y quedan desvinculadas de los deseos, necesidades y posibilidades de transformación de sus ocupantes. No puede entenderse el problema de la vivienda de una forma aislada ya que se encuentra dentro de un sistema complejo de interacciones.

La producción del hábitat es un proceso único y particular, condicionado por variables específicas que a su vez son parte de un proceso mayor que comprende al contexto. El desarrollo de la producción del hábitat se ha ido adaptando ya que surgen cambios y necesidades específicas en cada sociedad por lo que este proceso es dinámico pues incluye aspectos internos y externos que cambian con el tiempo.

La producción del hábitat se puede considerar como un proceso complejo que está influido por múltiples factores y en distintos niveles, que van desde aspectos particulares locales, hasta aspectos globales. La industria de la construcción nos ha dejado en claro que somos capaces de construir cualquier tipo de edificación. Pero ¿a qué costo? ¿Estamos dispuestos a asumir los daños irreparables al medio ambiente?

La industria de la construcción ha favorecido el deterioro del medio ambiente, relacionado directamente con la forma en que producimos y consumimos los recursos naturales. Se ha roto el vínculo con el entorno natural, porque somos capaces de modificarlo a nuestro antojo sin preocuparnos por el daño irreparable que provocamos.

Hemos tomado del entorno natural lo que está a nuestro alcance y sólo devolvemos lo que ya no sirve en forma de desperdicio no degradable. Al mismo tiempo se generan miles de toneladas de residuos contaminantes y de CO₂ que son arrojados a la atmósfera con lo que se ha provocado un cambio climático cuyas alarmantes consecuencias ya se están presentando, aunque la mayor parte de la sociedad se niegue a aceptarlas. “En la Unión Europea, la construcción de edificios consume el 40% de los materiales, genera el 40% de los residuos y consume el 40% de la energía primaria. Estos datos nos hablan de un sector profundamente impactante sobre el medio económico, ecológico y social, en definitiva un sector insostenible” (Baño; Vigil–Escalera, 2005).

Otra de las características del problema son las desigualdades sociales que generan un contexto urbano de asentamientos populares no regulados, provocando con ello una desintegración del tejido urbano además de escasez de infraestructura. Finalmente hay que tomar también en cuenta el factor de la autoconstrucción. Los arquitectos e ingenieros prácticamente no participan en la edificación masiva de vivienda por lo que la comunidad construye “donde puede y como puede” y ésta es una realidad a la que no podemos dar la espalda.

En un breve análisis, resulta difícil constatar la irracionalidad y el desperdicio de materiales y técnicas que emplean las personas para procurarse una vivienda. Este problema en la autoconstrucción se origina en principio porque algunos materiales de construcción son dejados a la intemperie con su consecuente deterioro y desperdicio. Las personas de escasos recursos económicos para hacerse de la vivienda comienzan con un periodo de acopio de materiales que puede tardar meses o incluso años. Después, con la ayuda de familiares o parientes se realiza la construcción de uno o varios cuartos y el proceso culmina casi siempre con un techo de concreto armado. Y así sucesivamente, este esquema se repite con la ampliación de la misma casa que se va gestando mediante las necesidades de sus ocupantes, a partir de agregar cuartos sin ninguna planeación. Aunado a esto, no se toma en cuenta ningún tipo de criterio ambiental, ni de materiales, ni mucho menos en sus procesos constructivos.

3. ANTECEDENTES DE LAS BÓVEDAS DE CUÑA

En la historia de la construcción el hombre ha buscado estructuras que le den espacios habitables y que reúnan características de durabilidad y estabilidad ante las inclemencias naturales. Pero la necesidad de buscar un sistema que cumpla con estas características y que permita cubrir espacios es más complicada de lo que parece, ya que la fuerza de gravedad genera grandes retos.

El sistema de las bóvedas tiene mucho tiempo de emplearse en diferentes partes del mundo, pero en México en el centro norte de la República se ha desarrollado un sistema de abovedado sumamente eficaz que se deriva de la lógica constructiva de las bóvedas nubias que se utilizaron en antiguo Egipto (Fathy, 1975), así como de las llamadas “bóvedas tabicadas” que se ejecutaban en Francia, Portugal, Cataluña y Extremadura por lo menos desde el siglo XVII (Marín, 2002).

Estas estructuras a las que Ramírez Ponce (2004) denomina “bóvedas de ladrillo recargado” o “bóvedas del Bajío”, regionalmente se conocen como “bóvedas de cuña” ya que se conforman utilizando ladrillos de barro cocido con dimensiones de 5 cm x 10 cm x 20 cm, a los que tradicionalmente se les llama “cuñas”.

Este sistema constructivo tiene la singularidad de transmitir sus cargas de manera multidireccional con lo que se optimiza el uso de los materiales constructivos, además de no requerir cimbra para su ejecución. A diferencia de las cúpulas o las bóvedas de cañón corrido que generan fuerzas de coceo derivadas de su forma semicircular, el acomodo de las “cuñas” permite formar hiladas de arcos paralelos que se apoyan mutuamente en su trazo para configurar redes de reparto de esfuerzos en todos sentidos.



Figura1. Bóvedas de cuña sobre muros de tapial. Casa en la ciudad de México (Ramón Aguirre)

Las bóvedas son la suma de una práctica atesorada, son una respuesta edilicia a las necesidades locales con los materiales disponibles. En este sentido, es necesario insistir en las condiciones de vida que tiene la mayoría de la población, es fundamental que sean apropiadas y apropiables.

Las bóvedas de cuña cumplen con esta apropiación tradicional por su sencillez constructiva y por ser amigables con el medio ambiente, al ser auto-portantes y no requerir el uso de cimbras, por lo que hay que tomarlas como respuesta al problema de techos para inmuebles de todo tipo, y que permiten dar a los usuarios un lugar digno, tan necesario, pues los constantes desequilibrios sociales obligan a la mayor parte de la población a vivir en casas o conjuntos habitacionales en condiciones de vida infrahumanas.

Los profesionales en el ámbito de la arquitectura, deberíamos diseñar objetos arquitectónicos con criterios ambientales y utilizar para su concreción materiales y técnicas constructivas que permitan el máximo aprovechamiento de sus propiedades, con un mínimo

gasto de energía. Además, se espera que se produzca el menor número de emisiones contaminantes y que sus residuos sean aprovechables en nuevos procesos. Sólo cuando minimicemos insumos y residuos podremos mejorar la calidad ambiental del proceso de producción del hábitat. Esto se traduciría en una arquitectura sana y sustentable.

En la actualidad, es obvio cuestionarse acerca del papel que estamos desempeñando en la solución a la problemática que tenemos presente, en materia económica, social y medio ambiental. De éste último, se ha despertado una preocupación global, debido al excesivo e irresponsable uso de los recursos naturales que pone en grave riesgo la salud de la población.

3.1 Particularidades del diseño de una bóveda de cuña

El diseño de una bóveda de cuña tiene relación con el claro a cubrir. Es decir, la separación máxima entre los muros genera una flecha para la correcta transmisión de empujes debido a que es un sistema que trabaja básicamente a compresión.

La principal característica de las bóvedas de cuña es que funcionan por medio de la transmisión tridimensional de las cargas que se logra a partir de la combinación de su apoyo longitudinal con un soporte lateral. Este factor es clave ya que permite que el peso de los elementos se diluya gracias a que se comparten los esfuerzos. Las piezas de las bóvedas se colocan de tal manera que además de sostenerse en sus extremos se “recargan” en una de sus caras laterales para configurar arcos y superficies regladas que se auto-sustentan y reparten sus cargas homogéneamente.

La relación entre la flecha de la bóveda y el claro a cubrir se define por la posición de los puntos de inflexión y porque el ladrillo es un material que trabaja principalmente a compresión. Es decir, los puntos en los que cambia el fenómeno tensional (Torroja, 1960) de “Las compresiones en la parte superior, –área en la que debe mantenerse la bóveda– a las tracciones de la parte inferior” (Ramírez Ponce, 2004).

Otra característica es que las piezas que se utilizan para su elaboración, son los ladrillos conocidos como *cuñas*, que tienen dimensiones de 5 cm x 10 cm x 20 cm, lo que permite que por su ligereza sean fácilmente manipulables, y sobre todo, que se puedan colocar sin necesidad de utilizar cerchas o cimbras, ya que el apoyo en las caras laterales permite avanzar en la construcción solamente con la adherencia que le confiere el mortero de liga a las piezas.

Este singular sistema tiene características constructivas de estabilidad y resistencia, que aunadas a su sencillez y ligereza lo hace un sistema fácil de aprender y de rápida ejecución y que además es totalmente compatible con los muros de mampostería de piedra, ladrillo, adobe, BTC o tapial.

Si bien, las bóvedas más simples son las de planta cuadrada. Éstas se inician en las cuatro esquinas con un grado de inclinación de las piezas a 45° para que los empujes se desintegren en dos componentes de la misma dimensión y así se mantengan en la zona de los esfuerzos de compresión. Las hiladas son líneas que se curvan como arcos, no desde el punto de vista estructural, sino geométrico. “Aunque en realidad, lo que forman no son líneas curvas, porque el ladrillo no lo es, sino secciones poligonales cuyo lado es el largo del ladrillo, es decir, 20 cm” (Ramírez Ponce, 2004).

Una vez que se entiende el sistema de las bóvedas de cuña y cómo trabajan, las posibilidades son infinitas ya que se pueden adecuar a cualquier tipo de espacio, ya sea habitacional o de cualquier género.



Figura 2. Bóvedas de cuña como rampa de escalera en una casa de adobe. Jantetelco, México. (Ramón Aguirre y Joel Torres).

4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE BÓVEDAS DE CUÑA CONTRA LAS LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO

Todas nuestras actividades están relacionadas con el uso de la energía, es decir, toda actividad humana tiene un consumo de energía incorporada en su extracción y su proceso, desde la cantidad de energía que necesita una persona diariamente, hasta la forma en que interactuamos con el medio.

Nuestro desarrollo está vinculado con la obtención de un número mayor de materiales y éstos a su vez tienen un porcentaje de energía incorporada desde su proceso de extracción hasta su fin último, en lo que se conoce como su ciclo de vida. Este porcentaje de energía contamina y produce los gases de efecto invernadero por la combustión que tiene en su proceso, y su destino final es la atmósfera. Entre estos gases destaca por su impacto en el proceso el dióxido de carbono (CO_2) que aunque sabemos que siempre está presente en la naturaleza, si se rompe el equilibrio en sus volúmenes relativos, se alteran muchas otras condiciones medioambientales entre las que se encuentra la temperatura de la superficie terrestre.

La construcción con acero y hormigón es la que mayor impacto ecológico presenta, debido a que combina los problemas ecológicos de ambos materiales y es la que más se usa como sistema de techos para la vivienda u otro tipo de edificación. Hay que tener claro que es necesario hacer estimaciones de consumo energético en todo su ciclo de vida, para tener una idea precisa del objeto terminado y desarrollar así parámetros de evaluación y comparación.

Los impactos ecológicos que se observan a simple vista es que los techos de uso convencional de concreto armado, conjugan los materiales más contaminantes. En cambio, una de las virtudes de las bóvedas de cuña es que se elaboran a base de ladrillos de barro cocido cuya fabricación se realiza a menor temperatura (900°C) que la que se necesita para fabricar cemento ($1500\text{-}1800^\circ\text{C}$) o fundir acero ($1400\text{-}1550^\circ\text{C}$).

Otra de las ventajas que presentan la construcción de bóvedas de cuña es que son fáciles de construir, una vez que se conoce el sistema y la técnica, y además es fácil de transmitir porque es simple y repetitivo.

Paralelamente, como ya se mencionó, las bóvedas de cuña se conforman como un sistema de mampostería que es plenamente compatible con muros de adobe o de tapial, pues los esfuerzos mecánicos estáticos y dinámicos que desarrollan trabajan de manera orgánica.

Las ventajas económicas que tiene el sistema de bóvedas de cuña, en comparación con las losas de hormigón armado también son substanciales. Los materiales son más baratos y fáciles de conseguir que los industrializados. El acero y el hormigón además de ser costosos requieren un manejo especializado que representa una mayor destreza técnica y trabajo físico que se refleja en el costo final de la mano de obra. Otro de los problemas en los sistemas que se usan con regularidad es el peso del material, ya que éste no resiste por su forma sino solamente por el sistema estructural que lo sustenta.

Para demostrar la validez de estos argumentos se ha desarrollado un análisis comparativo entre diez casas ubicadas en la ciudad de México, en las que se utilizó el sistema de bóvedas como entresijos y/o en cubiertas. Se evalúa el comportamiento de tres variables que para este ejercicio se consideraron substanciales: las emisiones de CO₂ (kg), la energía involucrada (Mega Joules) y el costo de la edificación.

Para darle sentido a la comparación se planteó una condición supuesta de aplicación de losas de hormigón armado en los mismos espacios. Las tablas expuestas (figura 3) muestran los resultados parciales obtenidos, así como los totales de cada una de las variables.

Los datos de origen fueron tomados de diferentes fuentes internacionales de las cuales se procuró tomar el que mayor grado de impacto presenta. Los resultados varían pues en cada país se tienen diferentes condiciones dentro del ciclo de vida de los materiales, que van desde su extracción, transporte hacia los centros de transformación, procesos de producción, distribución y comercialización, así como el proceso de transformarlos para la obra. Sin embargo, son una referencia cuantitativa que proporciona una idea clara de los índices de gasto energético en MJ y CO₂ así como los datos de los costos y mano de obra que se tomaron directamente del constructor.

Tomando todas las variables involucradas se considera que para elaborar un metro cuadrado de losa de concreto se emite un total de 85,97 de kg de CO₂ y se consumen 809,36 MJ de energía incorporada en el proceso transformación de los materiales hasta su producción, que tienen que ver con la cantidad de cemento, arena y grava necesarias además del acero y su proceso de ejecución (Guía de la edificación sostenible, 1999).

Pero como no se cuenta con datos base para evaluar las bóvedas de cuña, se realizó una suma de informaciones parciales acerca de los kg de CO₂ emitidos y la energía necesaria para fabricar el ladrillo, el mortero de unión y desarrollo del proceso constructivo. De este modo se dedujo que para realizar un metro cuadrado de bóveda de cuña se emite un total de 61,74 de kg de CO₂ y se consumen 629,95 MJ de energía.

De este modo se puede tener como resultado que las bóvedas de cuña emiten en promedio un 28% menos kg de CO₂ a la atmósfera y consumen un 22% menos de energía que las losas de hormigón armado que se utilizan comúnmente en la producción de vivienda en la ciudad de México.

El análisis comparativo de costos se tomó de acuerdo con los precios del mercado que se tenían al momento del análisis y se tomaron datos del constructor de acuerdo con sus precios unitarios y costos por mano de obra. El análisis muestra que hay un ahorro de 13.79 % en el caso de las bóvedas de cuña.

BÓVEDA	Estimación de consumo energético por área de bóveda de cuña en MJ														Subtotales
	Estancia	Cocina	Comedor	Sala	Recamara 1	Baño	Vestidor	Servicio	Recamara 2	Recamara 3	Estudio ó Multiusos	Corredor	Acceso	Terraza	
ENTREPISO	37705.50	39299.40	10754.10	28280.70	0.00	2192.40	9298.80	17652.60	0.00	0.00	5260.50	2312.10	0.00	0.00	152756.10
CUBIERTA	84161.70	7875.00	18629.10	7875.00	81660.60	17677.80	19901.70	20286.00	60253.20	35135.10	7875.00	6615.00	2753.10	15649.20	386347.50
Subtotales	121867.20	47174.40	29383.20	36155.70	81660.60	19870.20	29200.50	37938.60	60253.20	35135.10	13135.50	8927.10	2753.10	15649.20	
Total de consumo energético en MJ														539,103.60	
BÓVEDA	Estimación de emisiones de Kg de CO2 por área de bóveda de cuña														Subtotales
	Estancia	Cocina	Comedor	Sala	Recamara 1	Baño	Vestidor	Servicio	Recamara 2	Recamara 3	Estudio ó Multiusos	Corredor	Acceso	Terraza	
ENTREPISO	3695.17	3851.37	1053.91	2771.53	0.00	214.86	911.29	1729.97	0.00	0.00	515.53	226.59	0.00	0.00	14970.22
CUBIERTA	8247.91	771.76	1825.67	771.76	8002.80	1732.44	1950.38	1988.04	5904.86	3443.27	771.76	648.28	269.81	1533.63	37862.36
Subtotales	11943.08	4623.13	2879.58	3543.29	8002.80	1947.30	2861.67	3718.01	5904.86	3443.27	1287.29	874.86	269.81	1533.63	
Total de emisiones en kg de CO2														52,832.58	
LOSA	Estimación de consumo energético en MJ por área de producción concreto														Subtotales
	Estancia	Cocina	Comedor	Sala	Recamara 1	Baño	Vestidor	Servicio	Recamara 2	Recamara 3	Estudio ó Multiusos	Corredor	Acceso	Terraza	
ENTREPISO	13765.39	14347.29	3926.07	10324.62	0.00	800.39	3394.77	6444.55	0.00	0.00	1920.48	844.09	0.00	0.00	55767.65
CUBIERTA	30725.45	2674.98	6801.05	2674.98	29812.36	6453.75	7265.64	7405.94	21997.02	12827.00	2874.98	2414.98	1005.09	5713.15	141046.37
Total de consumo energético en MJ														692,586.29	
LOSA	Estimación de emisiones de kg CO ² por área de producción concreto														Subtotales
	Estancia	Cocina	Comedor	Sala	Recamara 1	Baño	Vestidor	Servicio	Recamara 2	Recamara 3	Estudio ó Multiusos	Corredor	Acceso	Terraza	
ENTREPISO	1349.02	1406.05	384.76	1011.82	0.00	78.44	332.69	631.57	0.00	0.00	188.21	82.72	0.00	0.00	5465.27
CUBIERTA	3011.12	281.75	666.51	281.75	2921.63	632.47	712.04	725.79	2155.73	1257.06	281.75	236.67	98.50	559.89	13822.66
Total de emisiones en kg de CO2														73,567.09	

Figura 3. Tabla de estimación emisiones de CO₂ y MJ de bóveda y losa convencional

5. CONCLUSIONES

Si bien es cierto que los resultados obtenidos del análisis comparativo no fueron tan abrumadores como se había supuesto, es evidente que cualquier disminución en el impacto ambiental y en el costo de una edificación es una gran aportación. Pero además, un elemento adicional que resulta imposible de “traducir a números”, es la preservación de una cultura ancestral. Somos herederos de una riqueza constructiva, fruto del saber popular, probado, vigente, y que en nuestra realidad latinoamericana donde los procesos de industrialización son costosos y escasos, se vuelve un patrimonio invaluable.

¿Qué importancia tiene conservar una tradición? Primero que nada nos hace ser únicos, orgullosamente diferentes a los demás, pero sin sentirnos superiores o inferiores a nadie. Nos da la capacidad de compartir nuestra forma de ser y los conocimientos que hemos heredado de generación en generación. De este modo oponemos resistencia al bombardeo de publicidad que nos enseña a despreciar lo propio, con la ingenua y cuestionable idea de poder “ser modernos” y así ocupar un lugar en el mundo globalizado.

Como diseñadores y constructores, que creemos que la arquitectura tiene un compromiso social, vemos en esta forma de edificar una alternativa, a través de la comprensión profunda de su esencia y de sus posibilidades. También debemos asumir el compromiso de difundir herramientas como ésta y ponerlas en práctica, para acercarnos a una forma equilibrada de re-humanizar la técnica y dirigirla al servicio y desarrollo del hombre en convivencia con la naturaleza.

En este proceso, la difusión de los conocimientos relativos a las bóvedas de cuña como una alternativa de construcción puede ser una modesta contribución para aminorar el problema de la vivienda, a través de un movimiento de convergencia que resista los embates de la globalización, que actúa como una imposición basada en la riqueza y la generación de dependencias tecnológicas.

Finalmente hay que decir que las labores de investigación continúan y durante los últimos dos años se han realizado notables avances en la edificación de bóvedas en las que en lugar de emplear cuñas de barro cocido, se están utilizando ladrillos crudos así como BTC. Es evidente que esta alternativa abre un camino de gran valor en la reducción de emisiones contaminantes y gasto energético.



Figura 4. Proceso de ejecución de una bóveda hecha con ladrillos de tierra cruda. Universidad Autónoma de Querétaro, México. (Ramón Aguirre)

BIBLIOGRAFÍA

- Baño, Antonio; Vigil-Escalera, Alberto (2005). *Guía de construcción sostenible*. Madrid: ISTAS.
- Fathy, Hassan (1975). *Arquitectura para los pobres*. México: Textos Extemporáneos.
- Guerrero, Luis (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Revista Apuntes*, Vol. 20 (2). Bogotá: Pontificia Universidad Javierana. p. 182-201.

Guerrero, Luis; Meraz, L.; Soria, F.J. (2007). Cualidades sismorresistentes de las viviendas de adobe en las faldas del volcán Popocatepetl. En: *Patrimonio construido con tierra*. México: UAM-Xochimilco. p.91-107.

IDAE & Institut Cerdá (1999). *Guía de la edificación sostenible. Calidad energética y medioambiental en edificación*. Madrid

Marín P., Ana María (2002) Más con menos: elementos gráficos para un estudio de las variaciones de las bóvedas aligeradas de fábrica (tabicadas) S. XVIII-XX". En: *IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Re-visión: Enfoques en docencia e investigación* <http://www.udc.es/dep/rta/WebEGA/PDFs/Grupo3/MARI2.pdf>

Ramírez Ponce, Alfonso (2004). Arquitectura propia. Cubiertas de ladrillo 'recargado'. *Vitruvius*, http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq047/arq047_03_e.asp

Torroja, Eduardo, 1960. *Razón y ser de los tipos estructurales*. Editorial Instituto E. Torroja, p. II-3.

AUTORES

Ramón Aguirre Morales, arquitecto egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1994, Director de la firma Arcilla y Arquitectura. Instructor de talleres y conferencias en México, Cuba, Argentina, Estados Unidos, España, Guatemala, Uruguay, Colombia, entre otras. 18 años en investigación y construcción de bóvedas mexicanas de ladrillo crudo y cocido.

Luis Fernando Guerrero Baca, arquitecto, maestro en arquitectura con especialidad en Restauración, doctor en diseño con especialidad en Conservación Patrimonial. Profesor-investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana desde 1987. Coordinador del Comité Científico de Arquitectura de Tierra del ICOMOS mexicano, así como de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Alan Laguerenne Becerril, arquitecto egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco en el año 2005, pasante de maestría en Ciencias y Artes para el Diseño en el área de Sustentabilidad Ambiental, profesionalista dedicado al diseño y construcción desde 2005. Colaborador de la firma Arcilla y Arquitectura.



ESTUDO DA DURABILIDADE DA TAIPA DE MÃO COM ENTRAMADO DE BAMBU *BAMBUSA VULGARIS*

Deir Nazareth Andrade Costa Silva¹, Sandro Fábio César²

Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Rua Aristidis Novis, 2, Federação, Salvador, Bahia, Brasil

(1) Tel: 55 71 99775800. E-mail: deirwil@gmail.com; (2) Tel: 55 71 91428284. E-mail: sfcesarpaz@uol.com.br

Palavras-chave: taipa de mão, pau a pique, bambu, degradação, durabilidade

Resumo

Este trabalho apresenta o bambu como substituto da madeira nativa para compor o entramado de sustentação da taipa de mão ou pau a pique visando contribuir para a conservação das matas ciliares, geração de trabalho e renda para a comunidade local. Apresenta as vantagens em se empregar materiais alternativos e ecologicamente sustentáveis buscando a viabilidade econômica. Na primeira parte, este estudo enfoca painéis já existentes com bambu e barro utilizando a taipa de mão, substituindo a madeira por bambu. Estuda-se a durabilidade da construção de taipa de mão com bambu com revestimento em barro para moradias no interior do país, preservando a técnica tradicionalmente usada. Em uma segunda etapa é mostrada a construção de um painel protótipo empregando o *Bambusa vulgaris* na armação, em substituição à madeira oriunda de mata nativa e observações sobre a degradação deste bambu dentro da taipa de mão.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de resgatar e adaptar técnicas construtivas largamente utilizadas pelo homem antigo, atualmente pouco utilizadas e marginalizadas, tornou-se necessária devido ao seu caráter sustentável do ponto de vista ambiental. Essa realidade deve-se basicamente à maneira como o homem explora o ambiente sem se dar conta da finitude dos recursos naturais gerando degradação.

Existe uma carência muito grande de moradias no Brasil, cerca de 7,2 milhões de famílias são desabrigadas e grande parte dessas famílias encontra-se na área rural. Além disso, principalmente por falta de programas de financiamento, existem milhões de moradias impróprias ou precárias no Nordeste, em regiões onde não existe renda suficiente para o investimento (Figueiredo; Casbur, 2006).

Optar pelos estudos de materiais e técnicas construtivas alternativas e diversificadas pode ser uma dentre muitas ações para ajudar a minorar o déficit habitacional do país, barateando o investimento público para produção de habitações e sugerindo novas maneiras de construir, como por exemplo, a autogestão com repasse de recursos financeiros diretamente da prefeitura ou governo para associações comunitárias com o aporte de assessoria técnica para uma construção não convencional, orçamento participativo ou a construção através de mutirão (Trolles, 2001).

No interior do Nordeste, faz parte da cultura popular construir moradias com taipa de mão, que utiliza a terra como material de construção, que foi trazida para o Brasil pelos portugueses e africanos. Esta técnica se difundiu pelo território nacional, por ser facilmente assimilada e empregada nas construções, como também pela facilidade de se obter os recursos no local da obra: terra e madeira. Com a industrialização, a construção com taipa de mão e com outras técnicas que usam basicamente a terra como material de construção foram desprezadas e associadas a doenças, pobreza e insalubridade.

Hoje, a construção com terra é muito associada à doença de Chagas transmitida pelo barbeiro. Segundo Figueiredo e Casbur (2006), em estudo publicado na Revista de

Sociedade Brasileira de Medicina Tropical sobre o *Trypanosoma Cruzi*, o estado do Paraná ocupa o 4º lugar no Brasil com pacientes portadores da doença de Chagas, sendo que nos municípios investigados não foram encontradas casas construídas com barro, pois esta não é uma técnica culturalmente usada na região, mostrando que a construção com terra não está diretamente vinculada à presença do barbeiro. O que atrai o inseto são os espaços criados para que o mesmo possa se alojar. Portanto esses espaços podem existir tanto na construção com madeira, com terra ou bloco cerâmico, desde que existam frestas.

Devido à falta de informação e conhecimento defasado sobre as construções com terra existe grande preconceito com o uso da terra para construção de habitação, visto que aqueles que a executam não possuem domínio sobre a mesma, restringindo seu conhecimento à cultura herdada de cada geração. Por conta disso, as construções vêm sendo demolidas e erroneamente consideradas insalubres, porém o uso correto das técnicas construtivas com terra, com acompanhamento técnico, resulta em qualidade de vida e baixo custo proporcionando uma possível solução para habitação popular.

A técnica denominada técnica mista segundo Proterra (2003), também é conhecida no Brasil como taipa de sopapo, taipa de mão e pau a pique. Essa técnica consiste em executar um entramado de madeira e depois jogar o barro com sopapo. Apresenta como vantagens o emprego de materiais retirados próximos do local da construção, mão de obra que pode ser em forma de mutirão, bom isolamento térmico e rapidez de execução. Esta técnica apresenta como fatores limitantes a possibilidade de vir a se desintegrar com água, alojar o barbeiro e outros insetos caso a superfície da parede não seja devidamente rebocada.

A figura 1 apresenta uma sequência de fotos que mostra: uma construção em Angola com parede rebocada, acabamento este que possibilita maior salubridade e melhor estética da moradia; uma construção no Brasil com parede sem acabamento, o que dá um aspecto de precariedade a edificação; e uma parede externa de taipa de mão com entramado de bambu sem reboco, cujo estado de conservação e insalubridade é visualmente observado.



Casa de taipa de mão com reboco – Angola



Casa de taipa de mão sem reboco – Brasil



Parede de taipa de mão sem reboco – Brasil

Figura 1. Casa de taipa de mão em Angola e Brasil e uma parede de taipa de mão com bambu

Fontes: http://pt.wikipedia.org/wiki/Arquitetura_vernacular, <http://bambuapique.com>

Este estudo propõe a substituição da madeira pelo bambu, para confecção do entramado, por ser o bambu um material lenhoso de rápido crescimento quando comparado com a madeira. O bambu é de fácil cultivo, pode ser plantado em qualquer região e, em geral, a maioria das espécies pode ser colhida a partir dos três anos de idade. No entanto a madeira de rápido crescimento, como o eucalipto, demora em média seis anos para produzir um tronco com diâmetro em torno de dez centímetros.

Além disso, a técnica mista diminui o uso do cimento na construção da casa, já que a terra pode ser utilizada vedação e revestimento da parede. Hoje o cimento promove 8% do aquecimento do planeta considerando a sua produção e transporte.

Assim como, o uso de materiais locais reduz significativamente o consumo de energéticos. O sistema de transporte que usa produtos derivados de petróleo como fonte de energia é responsável por 80% do aquecimento da atmosfera. Trabalhar com materiais disponíveis no

local da construção reduz a compra de produtos e elementos externos, o que contribui para minimizar a emissão de gases que aumentam o efeito estufa, como também torna mais viável o custo final da construção para a população carente (Souza, 2004).

Após a década de 1970, com a crise energética, as técnicas de construção com terra despertaram o interesse da comunidade técnica e científica sendo considerada a possibilidade de seu emprego em todo o Brasil, passando a ser mais estudadas nas universidades, e começam a ser usadas nas decorações de interiores, em restaurantes e hotéis.

Materiais como a terra, bambu e fibras vegetais diversas representam uma excelente alternativa aos materiais industrializados. Não são poluentes, não exigem grande consumo de energia em seu processo de produção e construção, são renováveis e de baixo custo. Segundo Macul e Prado (2006), as técnicas de utilização destes materiais foram sendo desenvolvidas ao longo dos anos por diferentes culturas e ganharam os espaços acadêmicos onde se propagam e se aperfeiçoam. Segundo Fontes (2004), a substituição da madeira pelo bambu apresenta vantagens tais como: a) devido ao seu rápido crescimento o bambu absorve mais carbono da atmosfera do que qualquer árvore, contribuindo para minimizar o efeito estufa; b) o bambu protege o solo contra erosões, uma vez que pode ser plantado em terrenos acidentados; c) pode ser plantado em áreas degradadas, por não requerer solos férteis; d) a extração do bambu não desmata, pois novos colmos se reproduzirão após a colheita não sendo necessário replantar.

2. DESENVOLVIMENTO

O bambu requer procedimentos de proteção e conservação, por ser facilmente atacado por insetos. Existem estudos sobre o tratamento, mas muito ainda a se desenvolver sobre o assunto. O tratamento em autoclave possibilita maior impregnação do produto no bambu. Quando o tratamento é feito com CCA (cobre, cromo e arsênio) é mais poluente durante o ciclo de vida e no término da edificação. O CCA pode ser substituído pelo boro, por ser este produto menos tóxico ao meio ambiente, além de ser mais barato.

Existem vários estudos naturais e com tratamentos químicos sobre o tratamento do bambu segundo Lopéz (1974), construtor precursor de bambu da Colômbia. Outras técnicas são aplicadas na China e Índia. Segundo Fontes (2004), no Brasil, a Ebiobambu adota uma preparação rústica, em que o bambu seca por dois anos e recebe o verniz. Pereira e Beraldo (2007) extraem o amido fervendo o bambu por uma hora, ou deixando-o imerso em solução de cal por 24 horas. Em acordo com Silva (2007), não existe o melhor método e sim o mais adequado em determinado contexto.

Nos países asiáticos e orientais, o bambu é largamente usado na construção civil. No Brasil sua pouca utilização tem motivos históricos e culturais, pois o país seguiu a tradição dos seus colonizadores, que construíam basicamente com alvenaria e pedras, ficando o uso do bambu mais restrito ao interior do país, usado principalmente pelos índios. Posteriormente, o bambu foi usado em cúpulas e estruturas das igrejas do período colonial.

Existem várias espécies de bambu que podem ser usados na construção civil. O mais usado, e com várias obras com grande projeção, é o *Gadua angustifoélia*, muito usado na Colômbia, onde a construção com bambu é totalmente difundida e utilizada. Essa espécie existe no Brasil e já começa a ser difundida, sendo indicada pelos especialistas como uma das melhores espécies para construção, pois não é muito atacada pelos insetos e é muito resistente. Na Bahia e grande parte do Nordeste, o *Bambusa vulgaris* (bambu comum) é a espécie mais encontrada; tem uma altura média de 8 a 10 metros, e o diâmetro varia de 4 cm a 6 cm com espessura de parede de 7 mm a 15 mm. Após a colheita, o tratamento de secagem é imprescindível, que aumenta a vida útil do bambu em até 25 anos, além disso, é preciso usar algum tipo de preservativo contra os insetos, já que essa é a espécie mais atacada, por ter mais amido (Trolles, 2001).

A Pontifícia Universidade Católica (PUC) do Rio de Janeiro desenvolve pesquisas com o bambu em alguns núcleos de trabalho, orienta pesquisas científicas com materiais não-convencionais que possam ser encontrados no território brasileiro. Procura incorporar os exemplos bem sucedidos de outras culturas que possam ser adaptados à realidade do país. Soluções encontradas na China para casas populares e para pontes de bambu utilizadas por mais de 500 anos e ainda castelos persas são fonte de inspiração para pesquisas com a utilização do bambu no Brasil (Trolles, 2001).

Foi identificado na revisão bibliográfica que as construções existentes feitas com painéis de bambu são preenchidas, em sua maioria, com argamassa de cimento. Cardoso e Sartori (2006) pesquisaram e aplicaram o bambu nas construções, usando o cimento para fabricar painéis pré-moldados. Estes autores acrescentam na argamassa de enchimento, para dar maior leveza e resistência, o próprio bambu triturado, raspas de borracha e sisal. Todavia para empregar o bambu no entramado da taipa de mão é necessário investigar mais sobre a durabilidade neste tipo de vedação.

Como exemplo de aplicação atual de vedação vertical estruturada com bambu e preenchida com terra cita-se a vila ecológica construída para a comunidade científica da Reserva Florestal Adolpho Ducke, em Manaus, composta por casas de 43 m². O Projeto CasaEco foi coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e financiado pela Finep e pelo Programa de Tecnologia de Habitação. O trabalho é modelo para mutirões habitacionais.

Na Colômbia existe a cultura de construção com bambu e barro, onde as casas são geralmente construídas com o bambu da espécie *Guadua* e suas paredes são estruturadas com bambu, em seguida rebocadas com barro. O bambu empregado neste tipo de construção recebe o nome de “esterilha”, ou seja, o bambu é aberto para formar uma superfície plana, para depois ser preenchido com terra.

Na Bahia em 2001 foi realizado na cidade de Santo Amaro o I Seminário Norte e Nordeste sobre o aproveitamento do bambu. Durante este seminário, foram identificadas construções em taipa de mão com bambu em casarões com mais de 200 anos, nas cidades históricas de Cachoeira e São Félix, demonstrando a durabilidade do bambu na taipa de mão (Senna; Garrido, 2008). A figura 2 mostra uma destas construções.



Figura 2. Casarões de Cachoeira, Bahia. Fonte:www.defender.org.br, acessado em 28/02/2010

Araújo (2007), que estudou a construção com taipa de mão na cidade de São Sebastião do Passé na Bahia, pesquisou a ocorrência da taipa de mão com bambu em um bairro da cidade, e concluiu que não existe a cultura de construir com bambu apesar da região ter bastante dessa gramínea. Em sua pesquisa, este autor entrevistou 24 moradores e encontrou os seguintes resultados: 4 % já usou o bambu na sua casa, 96% nunca usou, 46% conhece quem já usou na sua casa, 54% não conhece, 29% usaria em sua casa e 71% não usaria. Segundo Araújo (2007), as pessoas de São Sebastião do Passé não têm o

hábito de usar o bambu em suas construções de taipa de mão, porque acham que ele é “fraco” por ser muito sujeito a degradação causada pela broca (inseto). A falta de conhecimento por parte desta população em relação ao tratamento do bambu para aumentar a sua durabilidade dificulta o emprego do mesmo como material de construção.

2.1 Estudo da durabilidade

Foi realizada pesquisa bibliográfica, porém poucos dados foram encontrados sobre a técnica da taipa de mão com bambu. A seguir são apresentados alguns exemplos de utilização desta forma de construção, como também, a construção de um protótipo de painel em bambu e barro para análise de durabilidade. Esta análise está baseada somente na inspeção visual.

Painel Ibiosfera

Os painéis do galpão construído para a organização não governamental Ibiosfera Socioambiental, na Juréia em São Paulo, é um exemplo atual de vedação vertical feita com entramado de bambu e preenchimento de barro. Estes painéis foram executados durante um curso coordenado pelos técnicos da Arquidomus Arquitetura, que abordou a técnica de construir com bambu e terra, onde os alunos tiveram como exercício prático a execução desta edificação (Lima, 2007). A figura 3 mostra uma parte destas vedações em construção e a outra parte concluída.



Figura 3. Painel ibiosfera – Estrutura em bambu e barro (taipa de mão)

Fonte: <http://ibiosfera.spaces.live.com/>

Nesta construção empregou-se bambu da espécie *Bambusa tuldooides*, retirado no terreno da construção, sem custo, e tratado a seco na touceira. O solo foi retirado do entorno da obra. Os painéis foram preenchidos e rebocados com uma mistura com proporção em volume 1:3:3 de cal, terra e areia. A construção demonstra a preocupação em afastar o painel do chão com a utilização de uma viga baldrame de 50 cm de altura. Conforme os técnicos da Ibiosfera, as construções por eles executadas com essa técnica encontram-se ainda hoje em perfeito estado de conservação (Lima, 2007).

Painel bambu a pique

Outro exemplo do bambu utilizado na taipa de mão é a construção de uma casa no município de Cunha, no estado de São Paulo, com entramado de bambu preenchido com barro, cuja variação da técnica foi comercialmente denominada pelo construtor de bambu a pique (figura 4).



Figura 4. Painel bambu a pique-estrutura em bambu e barro.
Fonte: <http://bambuapique.com/index11.html>

Para execução desta casa o bambu foi colhido nas proximidades da construção e tratado a seco na touceira. A terra foi retirada no entorno da obra. Os painéis foram preenchidos e rebocados com uma mistura com proporção em volume 1:6:4 de cal, terra e areia. Após três anos, foi verificado o estado de degradação do bambu na parede e a eficiência do distanciamento do painel do terreno (figura 5), cujas observações foram transcritas do site do construtor:

Em minha opinião, de todas as construções com terra, o método pau a pique feito de bambu bem unido na vertical é o mais sustentável, barato e saudável de todos. Usa-se pouca terra obtendo um conforto térmico bem melhor devido ao isolamento natural do bambu, além de ser durável como demonstrado aqui, porque mesmo com o apodrecimento do bambu a parede se mantém estável. Cheguei a recomendar um afastamento de 60 cm acima do nível da calçada, mas hoje, após todas as sondagens, eu não afastaria mais do que 20 ou 30 centímetros; acima disso, acho que seria desnecessário. Sem dúvida o revestimento é outro ponto importante a ser ressaltado, ele é imprescindível, sem ele a construção se torna insalubre, proporcionando um ambiente perfeito para o grande vilão das construções de terra, o barbeiro. Tenho certeza que o maior obstáculo desse método é o preconceito, vencendo isso, temos uma construção com todas as qualidades descritas acima e extremamente fácil de ser executada por trabalhadores não-qualificados, aumentando ainda mais a sustentabilidade desse método” (Gianella, 2007, sp.)

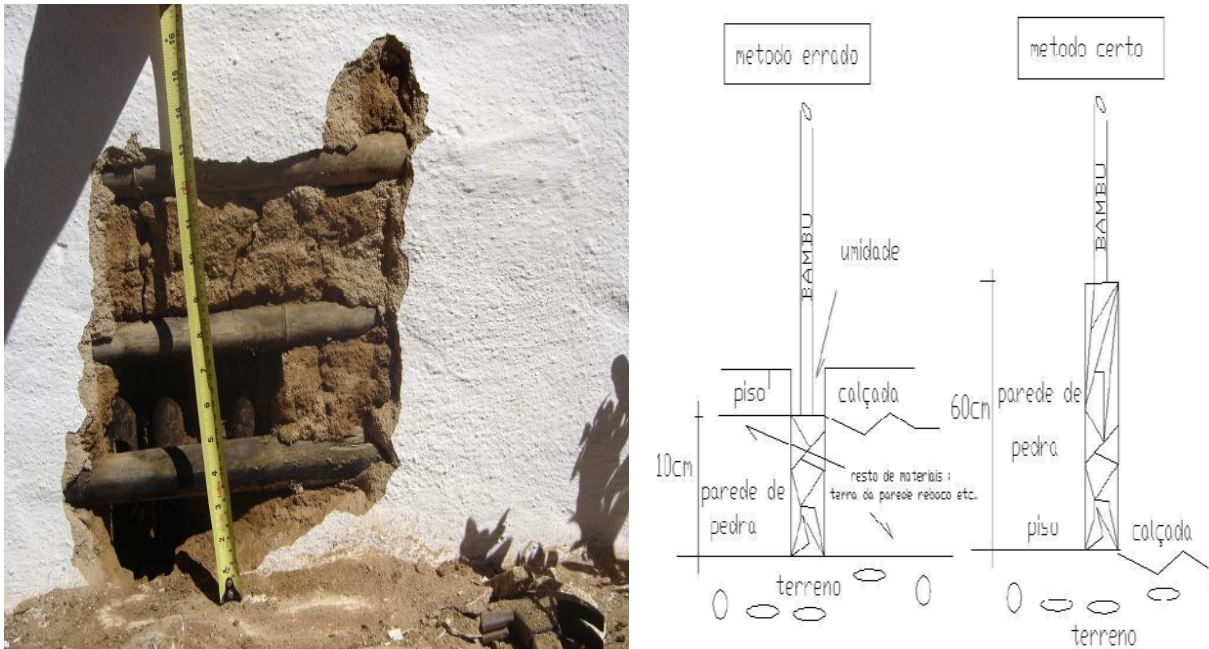


Figura 5. Sondagem na parede com bambu e barro e detalhe do distanciamento do painel do terreno

Fonte: <http://bambuapique.com/index11.html>

Painel protótipo

Buscando chegar a conclusões sobre a degradação do bambu na taipa de mão, foi construído um protótipo na Chapada Diamantina na Bahia. Foi feito um painel com bambu retirado no local da espécie *Bambusa vulgaris*, sem tratamento, pois o objetivo era avaliar a durabilidade do bambu *in natura*. Foi usada a terra do entorno, que segundo entrevista com moradores já é usada comumente para fabricação do adobe (construção predominante no local). O primeiro passo foi executar a fundação em alvenaria de pedra e cimento com altura de 20 cm, afastando o painel da terra, procurando isolar o bambu do chão. A amarração foi feita com arame galvanizado. A areia foi retirada do rio nas proximidades. O reboco foi feito argamassa com proporção em volume 1:1:15 de cal:areia:terra. O painel foi pintado com tinta de terra e cola. A figura 6 mostra a sequência de montagem deste painel.

Após 3 anos da execução do painel, foi feita uma vistoria. O painel encontra-se em perfeito estado, sendo que, devido a um incêndio que se alastrou em toda a região, os montantes de bambu foram queimados porque estavam sem revestimento, mas a parte do painel revestido em barro continuou intacta (figura 7). Será preciso uma nova sondagem no futuro para verificação da durabilidade do bambu na taipa de mão.



Figura 6. Painel protótipo: montagem de estrutura com bambu e enchimento com barro.

Fonte: autores



Figura 7. Aspecto do painel protótipo após 3 anos de executado. Fonte: autores

3. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A partir de experimentos bem sucedidos na utilização do bambu no entramado da taipa de mão, constatou-se a viabilidade técnica do mesmo para construção de edificações. A técnica é viável quando ao uso do bambu, desde que seja feito com a aplicação de reboco como acabamento, para garantir a salubridade da construção e evitar propagação de vetores de doenças para seus ocupantes. Quanto a sua durabilidade à degradação biológica do bambu, os estudos de caso apresentados, evidenciam o potencial do bambu para substituir a madeira nativa no entramado.

Existem poucos dados publicados, por isso sugere-se a realização de novos estudos para maior embasamento dos dados encontrados. Sugere-se que órgãos do governo construam projetos-piloto para captação de recursos e convencimento da população do uso do bambu e da terra como alternativa para construção de moradias na área rural e no entorno das cidades, inclusive com assessoria técnica de engenheiros e arquitetos e elaboração de cartilhas ensinando a técnica de construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, G. B. (2007). Recomendações para melhoria tecnológica e ambiental da técnica mista em habitação de interesse social: Um estudo de caso no bairro de Alegre em São Sebastião do Passe. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Salvador: Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.
- Cardoso, R. J.; Sartori, E.M. (2006). Sistema construtivo pré-moldado, utilizando bambu em habitações de interesse social. In: *Conferência Brasileira sobre Materiais e Tecnologias não-convencionais na Construção Ecológica e Sustentável*. Salvador: NOCMAT. 1 CD ROM
- Figueiredo, D.A. de S.; Casbur, M.T.F. (2006). Projeto piloto construção de casa de terra crua. In: *Conferência Brasileira sobre Materiais e Tecnologias não-convencionais na Construção Ecológica e Sustentável*. Salvador: NOCMAT. 1 CD ROM
- Fontes, B. M. (2004). Cuidado afasta praga e atrai concreto. *Folha de São Paulo – Construção* – 25/04/2004. http://unicamp.br/unicamp/canal_aberto/clipping/abril2004/clipping040425_folha.html. Acesso em 6/5/2007
- Gianella, F. (2007). Bambu a pique. Disponível em: <http://bambuapique.com/index11.html> e <http://bambuapique.com/index12.html>. Acesso em julho 2007.
- Lima F. (2007). *Painel Ibiosfera—estrutura em bambu e barro (taipa de mão)*. Disponível em: <http://ibiosfera.spaces.live.com/>. Acesso em julho/2007.

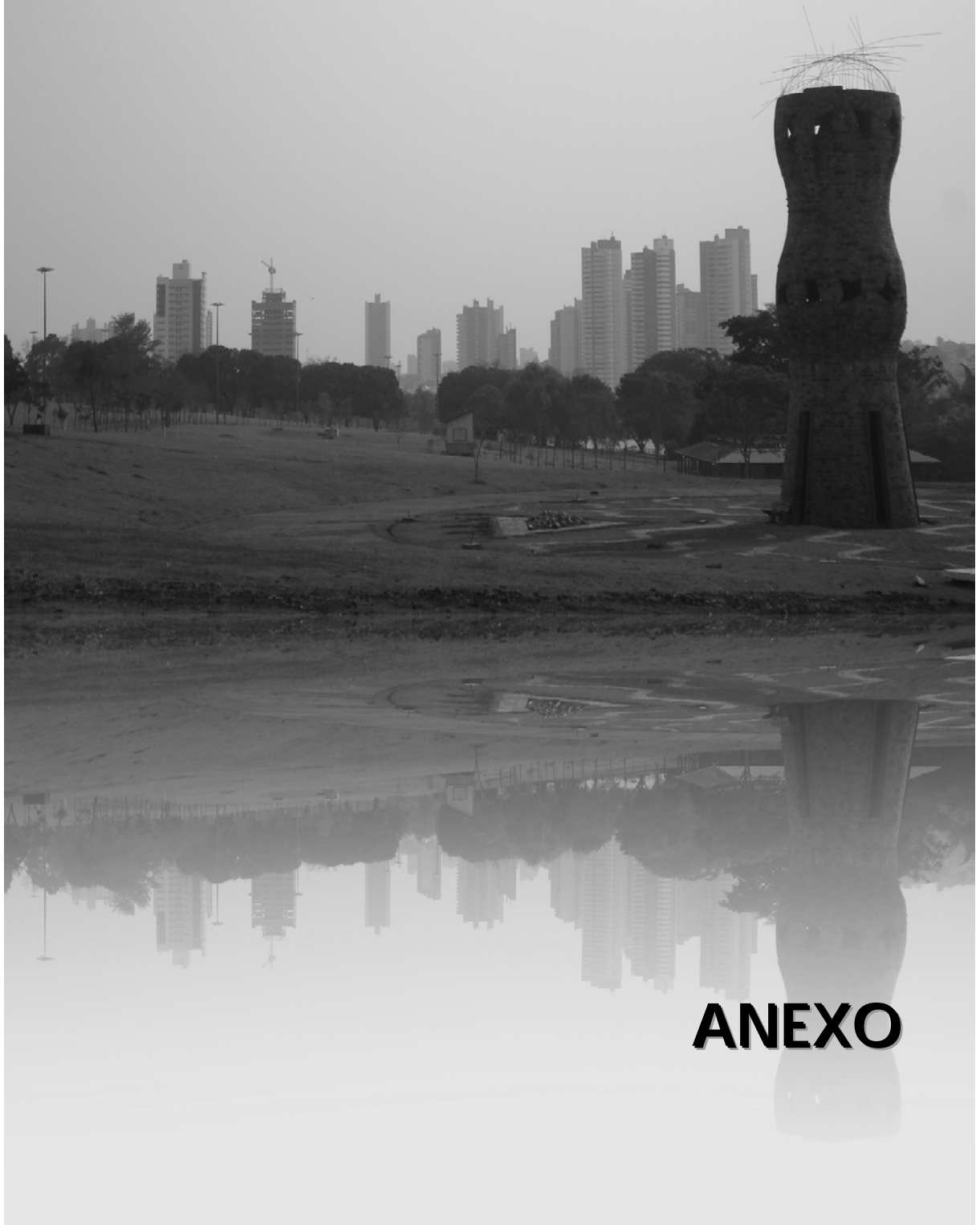
- López, O. H. (1974) *Bambu su cultivo y aplicaciones em: Fabricación de Papel, Construcción, Arquitectura, Ingeniería, Artesanía*. Cali: Apartado aéreo 7289.
- Macul, M.; Prado, S. (2006). *Construções sustentáveis com terra crua, resíduos plásticos, orgânicos, minerais e fibras vegetais*. In: *Conferência Brasileira sobre Materiais e Tecnologias não-convencionais na Construção Ecológica e Sustentável*. Salvador: NOCMAT. 1 CD ROM
- Pereira, M. A. R; Beraldo A. L. (2007). *Bambu de corpo e alma*. Bauru: Canal 6.
- Proterra (2003). *Técnicas mixtas de construcción con tierra. Textos com recomendações para elaboração de normas técnicas e artigos sobre a aplicação de técnicas mistas em Ibero-América*. Salvador: CYTED/ PROTERRA/ CNPq.
- Senna, V.; Garrido, S. (2008). *Bambu: uma alternativa de sustentabilidade*. In: *Prata da casa; construindo produção limpa*. Salvador: UFBA/Teclim. p.381-390.
- Silva, M. da F. e S. (2007). *Preservação de Bambu* <[http //Br.groups.yahoo.com/group/bambu-brasil/message/1022](http://Br.groups.yahoo.com/group/bambu-brasil/message/1022)> em 11/6/2007.
- Souza, A. P. C. C. (2004). *Bambu na habitação de interesse social no Brasil*. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v.11, n.12, p.217-245. Trabalho final de graduação, junho 2002, Belo Horizonte: PUC, MG.
- Trolles, R. (2001). *Arquitetura ecológica*. Disponível em: <<http://br.groups.yahoo.com/group/bambu-brasil/message/1210>>. Acesso em 11/06/2007

AUTORES

Deir Nazareth Andrade Costa da Silva, Mestranda em Engenharia Ambiental Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Pós-Graduação em Gestão de Obras Públicas em Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, formada em Engenharia Civil – Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia. Engenheira da CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano da Bahia, Sub-coordenação de Orçamento de Obras.

Sandro Fábio Cesar, Professor Doutor do Departamento de Construção e Estruturas, Coordenador do Laboratório de Madeiras da Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia (UFBA). Arquiteto pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), Mestre em Arquitetura pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC - USP), Doutor em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Professor permanente do Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana.

**Coletânea de textos sobre as práticas realizadas
nas oficinas que oferece informações
devidamente organizadas e fundamentos
bibliográficos para aprofundamento do
conhecimento.**



ANEXO



TERRA

BRASIL 2010

III CONGRESSO DE ARQUITETURA E
CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL

31 DE AGOSTO - 03 DE SETEMBRO
CAMPO GRANDE - MATO GROSSO DO SUL



OFICINAS DE TERRA

APOSTILA

REDE TERRABRASIL
UNIVERSIDADE FEDERAL MATO GROSSO DO SUL

OFICINAS DE TERRA

APOSTILA

Coletânea de textos

cedidos pela Rede Ibero-americana PROTERRA:

Adobe

Abóbada (Bóveda)

BTC - Bloco de terra comprimida

Técnicas mistas (Técnica mixtas)

extraído da Oficinas de Terra – Apostila TerraBrasil 2008

Taipa de pilão

preparado pela Universidade Federal de Viçosa para
TerraBrasil 2008

Projeto Cores da Terra

ÍNDICE

1 – Seleção de solos – testes de campo Obede Borges Faria;	478
2 – Adobe Rodolfo Rotondaro	479
3 – Abóboda Ramón Aguirre	489
4 – BTC - Bloco de terra comprimida Célia Neves, Ana Paula Milani	499
5 - Taipa de pilão Mariana Correia; Márcio V. Hoffmann; André F. Heise	510
6 – Técnicas mistas (pau a pique, taipa de mão, taipa de sopapo) Lucía Garzón	518
Currículo dos autores	528
7 – Cores da terra (pintura) Fernando de Paula Cardoso, Geanini Hackbardt	

1. Seleção de solos – testes de campo

Obede B. Faria

A Oficina Seleção de solos fundamenta-se no documento *Seleção de Solos e Métodos de Controle em Construção com Terra – Práticas de Campo*, disponível em www.redproterra.org.

A ficha apresentada a seguir auxilia no registro e avaliação dos testes de campo no sentido de identificar as possibilidades de uso dos tipos de terra testados.

IDENTIFICAÇÃO DA TERRA – TESTES DE CAMPO

Nome da amostra	
Localização	
Operador	
Data de coleta	
Data de execução	
Observações	

Teste		Interpretação
Tátil-visual	Tamanho de partículas	
	Cor	
	Brilho	
	Tato/textura	
Identificação da terra por inspeção tátil-visual		
Queda da bola		
Vidro - % de areia, silte e argila		
Indicação de técnicas construtivas por teste do vidro		
Cordão		
Fita		
Exsudação		
Resistência seca		
Identificação da terra e de técnicas construtivas – tabela 8		
Identificação da terra e de técnicas construtivas – tabela 9		
Rolo		
Caixa		

Conclusão:

Fazer o esboço do local de amostragem no verso

2. Adobe

Rodolfo Rotondaro

1. Introducción y generalidades

La técnica que se describe es parte de los sistemas constructivos que incluyen a la tierra como material predominante, dentro del concepto de "Arquitectura y Construcción con Tierra" definido por el Proyecto 6 PROTERRA-CYTED (Neves, 2004). Específicamente, dentro de los sistemas conocidos como *mampostería de adobe* y también como *trabajo de bloques*.

Su componente básico, el bloque o ladrillo de adobe, es un mampuesto con el cual se puede realizar una gran diversidad de formas constructivas, rectas y curvas, esbeltas y de gran masa, que puede ser moldeado a mano gracias al estado plástico de la mezcla. Perteneció al grupo de sistemas constructivos que emplean materiales naturales de mayor antigüedad empleados por la Humanidad y sigue vigente como principal o única posibilidad para millones de personas en muchas regiones, a escala global.

Como sistema constructivo con empleo de tierra cruda es uno de los más conocidos, utilizados y difundidos, empleado para construir cerramientos verticales (muros) y cubiertas de los edificios. Está presente también en grandes estructuras en sitios y parques arqueológicos, en formas tales como pirámides, rellenos, taludes, murallas defensivas y torres.

El material con el que se fabrica el adobe es básicamente una mezcla de tierra seleccionada, agua y fibras. Para construir tanto muros como cubiertas se emplea un mortero de barro con o sin fibras, con tecnología que varía de acuerdo a las costumbres y capacidades locales.

El adobe y sus muros y cubiertas siguen siendo principalmente sistemas artesanales de fabricación de bloques y de construcción de cerramientos, dentro de la Producción Social del Hábitat.

2. La técnica (adobe)

2.1- Contextualización y breve historia

Existen construcciones de adobe antiguas y modernas, urbanas y rurales, en todas partes del mundo, regiones y climas, con excepción de los casquetes polares, las altas cumbres y algunas zonas costeras (Fathy, 1970; Houben, Guillaud, 1984; PNUD-UNESCO, 1984; Viñuales, 1987; González Claverán, 2002).

Una cantidad significativa de obras del patrimonio oficial y vernáculo está construida con adobe unido con morteros de barro, lo cual ha originado una intensa labor de investigación para conocer los materiales y las distintas construcciones y sociedades donde estuvo presente esta técnica (Viñuales et al, 1994; Guerrero Baca, 2007)

Su antigüedad puede situarse en alrededor de diez mil años en base a evidencias, grabados y escritos encontrados en las primeras ciudades y asentamientos en la Mesopotamia, Creta, Egipto, Medio Oriente y el Suroeste Asiático. Distintos vestigios aparecen en lugares tales como la ciudad de Ganj-Dareh, Irán, de alrededor del año 7000 a.J.C.; la ciudad de Jericó, en Israel, de unos 10.000 años de edad; la ciudad de Catal Hüyük, de unos 8500 años de edad, en Turquía; Uruk, de unos 4800 años, ciudad de los sumerios, y el asentamiento de Jarmo, en Irak; la población de Pan-p'o, del año 4000 a.J.C. en China; los graneros de Ramsés II, en el sur de Egipto, de unos 4500 años.

La construcción con adobes aparece en tratados y escritos de pensadores y arquitectos griegos y romanos tales como Vitruvius, Plinio y Tácitus, varios siglos antes de Cristo.

2.2- Referencias normativas

En general se consideran los siguientes marcos normativos y recomendaciones como documentos de consulta:

COBE – Adobe estabilizado. Lima: Ministerio de Vivienda y Construcción. Oficina de Investigación y Normalización. 1977.

ITINTEC 331.201; 331.202; 331.203. Elementos de suelo sin cocer: adobe estabilizado con asfalto para muros: Requisitos, métodos de ensayo, muestra y recepción. Lima: Instituto de Investigación Tecnológica y de Normas Técnicas. 1978.

New Mexico Administrative Code (NMAC) 14.7.2. 1997 New México Building Code. 14.7.2.30, Chapter 21, Masonry: Uniform Building Code, 2109.9 Unburned Clay Masonry (adobe). Santa Fé, NM: Construction Industries Division (CID) of the Regulation and Licensing Department. 2000.

New México Building Code, Section 2412. Uniform Building Code, Section 2405. 1982. Santa Fé, NM: Construction Industries Division (CID) of the Regulation and Licensing Department.

Norma Técnica de Edificación NTE E 080 Adobe. Reglamento Nacional de Construcciones. Lima: SENCICO. 2000.

Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos y bloques de suelo-cemento. Programa CYTED, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. La Paz: Red HABITERRA-CYTED. 1995.

2.3- Exigencias de diseño para la técnica, aplicaciones y posibilidades

El adobe es un componente básico que se pre-fabrica con una mezcla en estado plástico, moldeable sin necesidad de compresión, con auxilio de moldes, y que una vez seco se emplea como mampuesto trabado, unido por un mortero generalmente con una mezcla muy parecida a la del adobe, para paredes autoportantes, paredes portantes, arcos, bóvedas y cúpulas. Se puede utilizar generando formas ortogonales y curvas, siempre y cuando se respete su calidad resistente a compresión.

La técnica más simple y antigua para fabricar adobes es la que emplea únicamente las manos, sin uso de molde alguno, creando esferas, conos, cilindros y paralelepípedos. Se han encontrado diversas formas en ruinas arqueológicas, en iglesias y oratorios antiguos, así como en recintos de viviendas.

La técnica más difundida es la que utiliza moldes de madera de una o dos unidades, generalmente de formas rectangulares. El molde se llena con un barro que es preparado con suelos del lugar y agua, y en muchos casos tiene agregados naturales para controlar las fisuras, tales como vegetales, estiércol, pelos de animal.

A su vez, dentro de las técnicas más recientes, se encuentran los muros con adobes cuadrados reforzados al interior con cañas (Vildoso et al, 1984; Carazas Aedo, 2002; Rotondaro, 2008) y los adobes fabricados por extrusión mediante máquinas, que los van cortando en cintas transportadoras (Houben, Guillaud, 1984).

2.4- Ventajas y desventajas de la técnica constructiva

Ventajas:

- fácil de fabricar, secar y apilar
- material con capacidad aislante importante por su porosidad
- permite diversidad de formas y tamaños
- es reciclable en un 100%
- requiere mano de obra común y el equipamiento artesanal es muy económico
- se puede usar para construir muros, arcos, bóvedas y cúpulas
- hay abundancia de la materia prima

Desventajas:

- tiene resistencias a compresión, flexión y tracción bajas comparadas con las de un BTC y las de algunos mampuestos industrializados (ladrillo cocido, ladrillo cerámico, bloque de hormigón)
- la fabricación artesanal de la unidad requiere esfuerzo humano considerable y superficies amplias y aireadas para el secado
- requiere mucha agua en su fabricación
- es difícil obtener dimensiones regulares de la unidad
- la calidad de la unidad está condicionada por el mezclado e hidratado del pastón en reposo, durante varios días ("dormir" el barro)
- en zonas afectadas por sismos las cubiertas en cúpula y las bóvedas pesadas no son convenientes, y la mampostería exige refuerzos y arriostres apropiados
- absorbe mucha agua debido a su porosidad

3. Materiales

3.1- Tipo de tierra

Para fabricar adobes es recomendable el uso de tierra areno-arcillosa con poco limo. Si la mezcla tiene mucha arcilla, aumenta el riesgo de fisuración al secarse; si tiene demasiada arena o limo, puede carecer de cohesión interna adecuada y desgranar fácilmente, además de que disminuye su resistencia a compresión.

La norma peruana NTE-E 080 (2000) propone los siguientes porcentajes en volumen:

arcilla	limo	arena
10-20	15-25	55-70

Hay gran diversidad de opiniones en cuanto a los porcentajes adecuados de cada componente (arcilla-limo-arena-grava) y algunos autores establecen valores sólo para cantidad de arcilla. En general los datos se basan en estudios de caso en distintos países y con distintas tierras, como por ejemplo los siguientes:

autores	arcilla	limo	arena
Barrios et al (1987)	35-45		55-65
Houben; Guillaud (1994)	5-29	-	-
Graham Mc Henry (1996)	15-25	-	-
Carazas Aedo (2002)	1 volumen de tierra arcillosa: 2 volúmenes de tierra arenosa		
HB 195 (2002)	10-40	10-30	30-75 (arena y grava)
Proyecto Hornero (2007)	50% de tierra arcillosa: 50 % de tierra arenosa		

3.2- Otros materiales

Los agregados habituales que se emplean son:

- fibras vegetales, estiércol y/o pelos de animal (para evitar la fisuración por secado)
- arena (para evitar la fisuración por secado cuando la tierra es muy arcillosa)
- emulsiones asfálticas (para agregar un grado de impermeabilidad al adobe)

También es posible el agregado de aglomerantes tales como el cemento, la cal y el yeso, para mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión o su estabilidad ante la humedad. No es habitual el uso de este tipo de aglomerantes en las técnicas vernáculas (ya que no es posible remojar el barro varios días, por el rápido endurecimiento del aglomerante). Se pueden emplear en el procedimiento de extrusión, en mezclas que no contienen fibras.

4. Equipamientos (relacionados con la técnica)

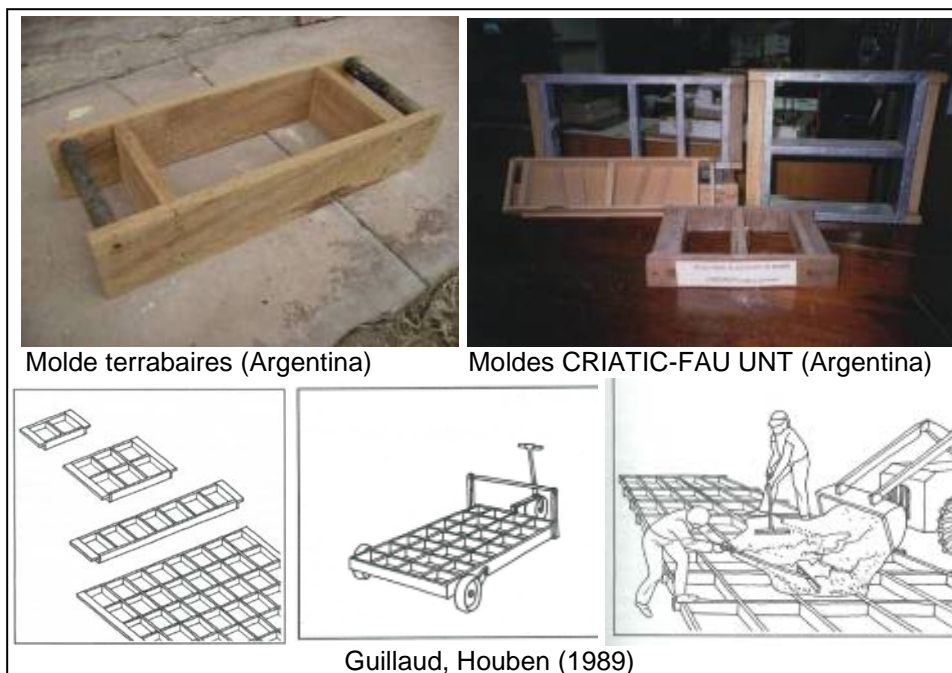
4.1- Para preparar la tierra

- a) Tamiz grande con malla de 5 mm de abertura (para eliminar piedras, vegetales y basuras)
- b) Triturador o rodillo manual para desterronar

4.2- Moldes

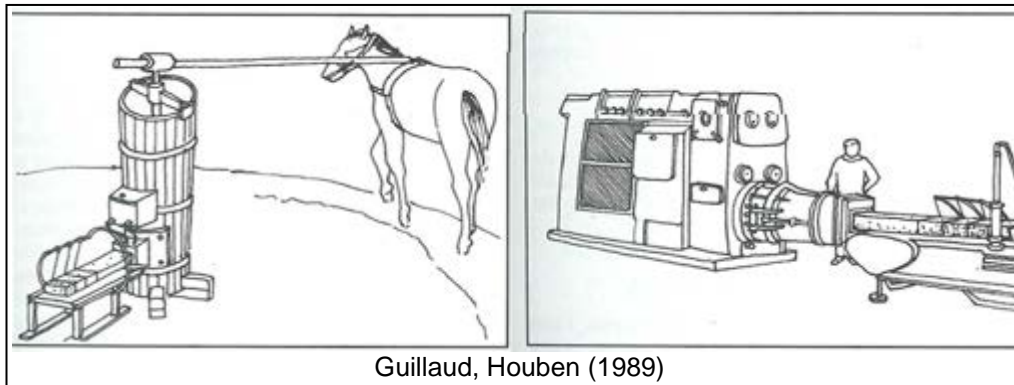
Para moldeado manual, con mezcla colocada dentro de un molde:

- a) moldes para fabricación artesanal a baja escala: de 1, 2, 4 y 6 unidades enteras y de media unidad, de forma rectangular y cuadrada (zonas afectadas por sismos), en el piso o sobre una mesa.
- b) moldes para fabricación a gran escala: parrillas fijas o móviles desde 6 y hasta 60 o 70 unidades.



Para moldeado con máquina:

- a) extrusión con energía animal;
- b) extrusión con energía mecánica



Guillaud, Houben (1989)

4.3- Herramientas necesarias para fabricar adobes y construir paredes y cubiertas

Palas anchas, pico, mezclador manual, tambor con agua (para mantener mojado los moldes), regla de alisado, carretilla, manguera, plomada, nivel, cinta métrica, baldes, cuchara de albañil.

5. Proceso de producción

5.1- Componente (bloque de adobe tradicional)

Se ejemplifica la producción artesanal de bloques de adobe tradicionales de tierra, agua y fibras (paja y estiércol).

A) Preparación de la tierra y los agregados

La tierra se limpia de piedras, basura y vegetales, se puede tamizar con malla de 5 mm. Puede usarse un rodillo o un desterronador mecánico para aprovechar más volumen de tierra. La paja, una vez seca, se pica en trozos de entre 5 cm a 10 cm de largo y se guarda en bolsas. El estiércol se desmenuza y se deja secar en bolsas, antes de mezclar



B) Preparación del barro (la mezcla de tierra, agua y agregados)

Se van mezclando la tierra y los agregados con bastante agua en el piso o en un piletón de 30 cm a 40 cm de profundidad. Pueden pisar personas o animales (caballos, mulas). Se deja reposar el pastón agregando agua y mezclando una a dos veces por día, durante dos a tres días (incluso una y hasta dos semanas). Este proceso se llama "dormir" o "pudrir" el barro y su objetivo es hidratar las arcillas, disolver terrones y mezclar mucho los componentes, hasta obtener un material más plástico y uniforme



C) Fabricación de los adobes

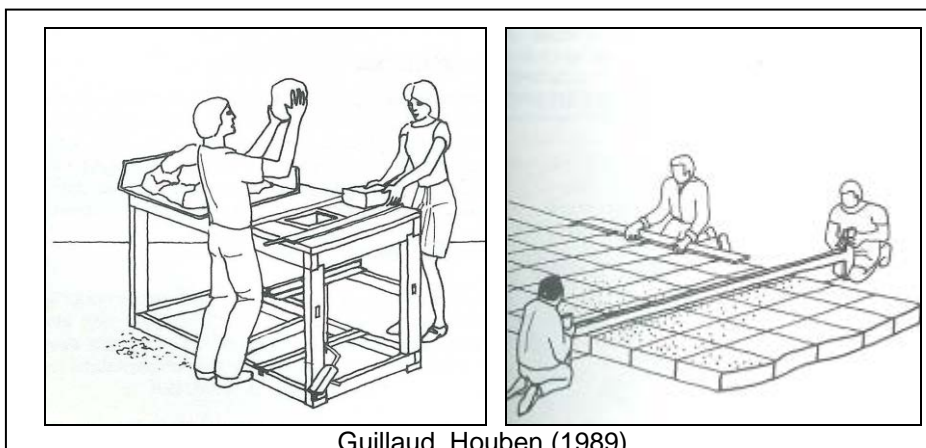
Los adobes se fabrican directamente sobre un piso firme, humedecido (la "cancha"), al aire libre. El molde se moja todo el tiempo para evitar que el barro se pegue. El barro se coloca a mano en el molde rellenando bien esquinas y costados, se enrasa con regla o a mano, y se desmolda hacia arriba, todo de manera rápida pero prolija. Se organizan filas y cada 1 m se deja un espacio para poder caminar. El barro se mantiene con la plasticidad necesaria para que se pueda rellenar completo el molde con una ligera presión manual (sin apisonar).



Rotondaro, Peralta, FPS (2009)

Otras técnicas artesanales de fabricación de adobe son las siguientes:

- sobre una mesa, arrojando el barro dentro del molde, luego emparejando
- por cortado directo de un gran adobe hecho en el piso (2 m x 2 m; 2 m x 4 m), mediante una sierra o un alambre tensado



Guillaud, Houben (1989)

D) Secado y acopio de los adobes

Los adobes se secan al aire libre primero de plano, durante varios días (entre una a dos semanas), y luego se paran de costado hasta terminar su secado, entre 5 y 10 días más, dependiendo del clima local. Luego se apilan y se tapan para evitar que los lave la lluvia. Se recomienda apilar hasta 1,20 m de altura y canalizar el agua alrededor de las pilas.



5.2- Elementos constructivos para cerramientos (albañilería, cúpula, bóveda)

El procedimiento constructivo para paredes de adobe con mezcla de barro (con o sin fibras) es similar al de una mampostería convencional de ladrillos cocidos, ladrillos cerámicos o bloques de hormigón.

Para evitar el deterioro de la humedad por capilaridad y el lavado de lluvias, las paredes de muros y las cubiertas deben tener una protección impermeable horizontal (entre el cimiento y la pared) y una vertical.



Rotondaro (1998)

Rotondaro (2009)

En el caso de los arcos, bóvedas y cúpulas, se recomienda tener en cuenta los diseños estructurales adecuados a la forma que se va a construir, al tamaño y peso de los adobes que se van a emplear, y a los esfuerzos específicos en las zonas afectadas por sismos. En el caso de algunas cúpulas y bóvedas (como las nubias), pueden ser construidas sin necesidad de encofrados de apoyo o cimbras.



Steele (1988)

Arq. R. Aguirre Morales, México

http://www.rinconesdelatlantico.com/num2/la_arquitectura_de_tierra.html Tassin, O.

5.3- Productividad

La cantidad de adobes que se pueden fabricar depende del procedimiento (artesanal o mecanizado) y la escala de fabricación (tabla 1).

Tabla 1 – Cantidad diaria de adobe fabricados estimada según tipo de producción

fabricación	producción a baja escala	producción semi-mecanizada y mecanizada
adobe de barro colado en molde	150 a 500 ^(1, 2) (escala familiar, grupo pequeño)	2500 a 20000 ⁽¹⁾
adobe de barro por extrusión	1500 ⁽¹⁾	2500 a 3000 ⁽¹⁾

(1) Guillaud, Houben (1989); (2) Rotondaro, Peralta, FPS (2009)

Tanto en la producción artesanal como en la mecanizada a gran escala conviene considerar que es un proceso que puede demorar entre 25 y 40 días entre fabricación, secado y acopio de los adobes.

6. Ensayos y pruebas de control de calidad

Se recomienda realizar controles de calidad en la selección de materiales y durante la fabricación de los adobes, así como también de la forma, la fisuración y la resistencia a flexión y compresión, y de la fisuración del mortero de barro (tabla 2).

Tabla 2 – Controles de calidad para el bloque de adobe y el mortero
(valores de resistencias: esfuerzos admisibles)

tierra	forma	retracción	resistencia a compresión ⁽¹⁾		resistencia al corte ⁽¹⁾
			unidad	albañilería	albañilería
ensayo de resistencia seca ⁽²⁾ (presencia de arcilla)	verificar que no haya vacíos en las esquinas la base no debe aumentar más del 5% ⁽³⁾ relación largo-ancho 2:1 ⁽⁴⁾	del bloque: verificar si hay fisuras de más de 5 cm de profundidad ⁽³⁾ de mortero: control de agrietamiento y de proporción suelo-arena gruesa (1:0 a 1:3) ⁽²⁾	≥ 1,2 MPa ensayo de 6 cubos (área: sec. transv.) ⁽⁴⁾ ensayo de pilas (mín. 5) ⁽⁵⁾	≥ 2 MPa ensayo de pilas (mín. 3) ⁽⁴⁾	≥ 0,25 MPa ensayo de compresión diagonal en pilas (mín. 3) ⁽³⁾

(1) 1 MPa = 10 kgf/cm²

(2) Vargas Neumann et al (1984) (3) Carazas Aedo (2002) (4) NTE-E 080 (2000) (5) Habiterra-CYTED (1995)

El valor de la resistencia a compresión simple mínima de la unidad (adobe) según diversos autores y reglamentaciones se estima en 12 kgf/cm² (aprox. 1,2 MPa).

Mediante una prueba empírica se puede estimar la resistencia a flexión de la unidad. Consiste en verificar que el adobe soporte el peso de una persona de 70 kg durante 2 minutos, parada al medio de una pieza apoyada 2 cm en cada esquina sobre tacos o ladrillos.

7. Dosificación y cantidades de materiales (insumos promedios)

La cantidad de tierra total necesaria depende de las características de los suelos a emplear, si son tamizados con tamiz de malla de 5 mm de lado, y si se realiza un desterronado previo.

Teniendo en cuenta la gran diversidad de opiniones según distintos autores, se pueden considerar los márgenes presentados en la tabla siguiente.

Tabla 3 – Cálculo de materiales para fabricar adobes con paja picada

consumo de tierra (sin tamizar)	relación fibra:tierra (en volumen)	consumo de agua
1,3 a 1,5 m ³ por m ³ de muro construido	1:6 ⁽¹⁾ 1:10 ⁽²⁾ 25% del barro ⁽³⁾	30% a 35% del volumen seco de la tierra

(1) Habiterra CYTED (1995); (2) Carazas Aedo (2002); (3) Proyecto Hornero (2007)

El peso volumétrico del adobe puede variar entre 1200 kg/m³ y 1700 kg/m³ (Habiterra-CYTED, 1995; www.terra.org).

Bibliografía y/o Cibergrafía

Barrios, G.; Alvarez, L.; Arcos, H.; Marchant, E.; Rossi, D. (1987). Comportamiento de los suelos para la confección de adobes. *Informes de la construcción* N° 377, vol. 37. Madrid: Instituto Eduardo Torroja.

Carazas Aedo, W. (2002). *Adobe. Guía de construcción parasísmica*. Grenoble, Francia. CRATerre-EAG-Misereor. Ed. CRATerre.

Fathy, H. (1970). *Construire avec le peuple*. Paris: Ed.Martineau.

González Claverán, J. (2002). Visión histórica de la tecnología de la construcción de tierra. *La tierra cruda en la construcción del hábitat*. Memoria del 1º Seminario – Exposición Consorcio Terra Cono Sur. Tucumán: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de Tucumán. p. 27-32.

Graham Mc Henry, P. (1996). *Adobe. Cómo construir fácilmente*. México: Ed.Trillas.

Guerrero Baca, L. F. (coord.) (2007). *Patrimonio construido con tierra*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

HABITERRA (1995). *Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos y bloques de suelo-cemento*. La Paz: Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED.

HB 195 (2002). *The Australian earth building handbook*. Sydney: Standards Australia and Walker.

Houben, H.; Guillaud, H. (1984). *Earth construction primer*. Brussels: CRATerre/UNCHS-PCD-CRA-AGCD.

Guillaud, H.; Houben, H. (1989). *Traité de construction en terre*. Marseille: Ed. Parenthèses.

Neves, C. (2004). *Proyecto 6 PROTERRA/CYTED. Seminario Internacional de Construcción con Tierra*. San Salvador: PROTERRA/HABYTED/CYTED.

NTE-E 080 (2000). Adobe. Norma Técnica de Edificación. Reglamento Nacional de Construcciones. Lima: SENCICO .

PNUD-UNESCO (1984). Adobe en América y alrededor del mundo. Historia, conservación y uso contemporáneo. *Exposición itinerante*. En colaboración con ICCROM, Earthscan, Ford Foundation. Lima, Perú: ICOMOS.

Proyecto Hornero. *Prototipo global de experimentación construcción con materiales naturales* (2007). Montevideo: Facultad de Arquitectura. Universidad de la República.

Rotondaro, R.; Canelada, A.A.; Peñaloza, C. *Estación Científica Pozuelos, ECIP: diseño y transferencia tecnológica con participación local* (1998) Revista Cuadernos 11:93-105. San Salvador de Jujuy, Argentina: Fac. Hum. y Cs. Sociales, Universidad Nacional de Jujuy.

Rotondaro, R. (2008). Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos. *Revista Apuntes* Vol. 20 Nº 2. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. p. 342-353.

Rotondaro, R.; Peralta, S.; FPS-Fundación Pilotos Solidarios (2009). *Sistema domiciliario parayacu*. Ciudad de Buenos Aires: Impr.Peroggi.

Steele, J. (1988). *Hassan Fathy*. London: Academy Editions.

Vargas Neumann, J. et al. (1984). *Resistencia sísmica de la mampostería de adobe*. Lima: USAID/PUCP, DI-84-01.

Vildoso, A.; Monzón, C; Hays, A.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1984). *Seguir construyendo con tierra*. Lima: CRATERRE.

Viñuales, G. M. (1987). Diseño, historia y tecnología de las arquitecturas de tierra cruda. *Summa Colección Temática*, Nº 19. Buenos Aires. p. 9-19.

Viñuales, G. (comp.); Martins Neves, C.; Flores, M. O.; Ríos, L. S. (1994). *Arquitecturas de tierra en Iberoamérica*. Buenos Aires: HABITERRA/CYTED.

<http://www.terra.org/html/s/rehabilitar/bioconstruccion/materiales/adobe.html> Consulta en: 20.11.09

http://www.rinconesdelatlantico.com/ num2/ la_arquitectura_de_tierra.html Tassin, O. Consulta en: 20.11.09

3. Bóveda de tierra

Ramón Aguirre

1. Introducción

La bóveda de tierra consiste en un sistema constructivo que recupera una técnica tradicional transmitida de generación en generación, desarrollada principalmente en el centro de la República Mexicana. Posee una gran ventaja sobre otros sistemas de construcción por ser un sistema de bajo costo, a base de bloques de tierra comprimida (BTC) o adobe, y no requiere de cimbra ni concreto armado.

La bóveda mexicana de tierra estabilizada con cal es una técnica constructiva vigente que representa una alternativa de cubierta económica, de bajo impacto ambiental y funcional para contextos tanto urbano como rural.

Se trata de una técnica que se origina espontáneamente, fruto del saber popular, en el centro de la república mexicana, por lo que también se les conoce comúnmente con el nombre de *bóvedas del bajío* (correspondiendo los estados de Querétaro, Guanajuato y Jalisco). Regionalmente se conocen también como *bóvedas de cuña*, ya que en general, se construyen con ladrillos de barro cocido de medidas 5 cm x 10 cm x 20 cm que se conocen como “cuñas”. Alfonso Ramírez Ponce (2001) las denomina *cubiertas de ladrillo recargado* por ser el “recargue” su principal característica.

En México se ha desarrollado esta técnica constructiva al ser sumamente eficiente, pero desafortunadamente no existen estudios precisos acerca de su origen y evolución. Básicamente se encuentra presente en edificios que datan de finales del siglo XIX aunque no queda claro si son estrictamente vernáculos, si provienen de una herencia virreinal o si se derivaron de la adaptación de conocimientos constructivos que estaban en boga en la Europa de aquella época (Aguirre; Guerrero, sd).

Lo que es indiscutible es que se deriva de la lógica constructiva de las *bóvedas nubias* o *núbicas* de adobe, que se utilizaron en Egipto desde hace siglos (Fathy, 1975: 22). También hay relación con las llamadas “bóvedas tabicadas” que se ejecutaban en Francia, Portugal, Cataluña y Extremadura por lo menos desde el siglo XVII (Marín, 2002: 457).

Gracias a su sencillo y repetitivo método de ejecución a partir de series de arcos que parten de las esquinas y que son sometidos a través del recargue a su propio peso, las bóvedas mexicanas son un sistema digno de difundir y que presenta múltiples ventajas, permitiendo importantes ahorros en tiempos de ejecución y en costos de producción, con el mínimo consumo de energía (Aguirre, Guerrero, sd).

Por su método estructural, no necesitan de un encofrado o cimbra, lo que claramente representa una alternativa real y una solución constructiva de la cual se desprende un proceso de oficio, cada vez más difícil de encontrar en la producción de cualquier arquitectura en la actualidad.

Su vigencia se debe, como en toda tradición, a que ha sido y es “adaptable a las necesidades locales, a las condiciones geográficas y a los recursos materiales disponibles” (Guerrero B., 1994: 12). Pero lo que “le otorga a la técnica y al ladrillo su vigencia, su actualidad y la razón de su deseada difusión” es su bajo costo. No olvidemos “estamos hablando de una invención popular(..) no reconocido por la academia y por lo tanto no enseñado en la mayoría de las escuelas” (Ramírez Ponce, 2004).

Una revisión histórica del sistema de bóvedas no sólo nos ayudará a comprender su potencial y posibilidad estructural; nos permite además, trazar la continuidad de una

“experiencia de varios siglos de evolución constructiva materializada en un sistema rico en posibilidades de aplicación presente y futuro” (Aguirre, Guerrero, sd).

El uso de tierra cruda para el sistema constructivo de las bóvedas mexicanas nos motiva para reinterpretarlas desde su origen y su evolución, integrando en las cubiertas a un material ecológico y natural, como es el barro.

Los materiales son elaborados artesanalmente, tanto el adobe estabilizado con cal como los ladrillos de barro cocido, reduciéndose al máximo el uso del acero, del cemento y de la madera.



Bóveda de adobe

Utilizar BTC para la construcción de bóvedas resulta una alternativa óptima pues constituye un considerable ahorro energético debido a que no requiere de materiales combustibles, y se adapta a dicho sistema constructivo auto portante.

Es indispensable considerar las bóvedas de BTC como respuesta a la necesidad de cubrir espacios en todo tipo de inmuebles, con cualidades térmicas favorables y a bajo costo.

Cuatro cualidades elementales para poder construir una bóveda de tierra son:

- 1 – Emplear de ladrillo ó BTC de dimensiones 5 cm x 10 cm x 20 cm.
- 2 – Las hiladas se soportan entre sí, una apoyada sobre otra.
- 3 – Formar siempre arcos.
- 4 – El BTC se pega en seco para una mejor adherencia.

2. Ventajas y desventajas de la técnica constructiva

Ventajas de las bóvedas mexicanas:

- Son fáciles de construir, porque se trata de una técnica simple y repetitiva, una vez que se conoce el sistema y su funcionamiento. La principal característica de esta

técnica recae en la formación de hiladas de ladrillo o BTC a manera de arcos auto portantes que reparten las cargas homogéneamente.

- Es más económica porque evita el uso de cimbra.
- Apoya a la conservación del medio ambiente, debido a que los materiales naturales como el BTC no implican un gasto energético y no emiten desechos contaminantes, como ocurre con los materiales comúnmente empleados para la construcción.

Desventaja de las bóvedas mexicanas

- Si se emplea como entrepiso, es necesario levantar muros laterales y rellenar con un material ligero hasta cubrir totalmente la bóveda.
- En lugares húmedos se tiene que utilizar un impermeabilizante especial.

3. Materiales y herramientas para la realización de la bóveda

BTC (Bloque de tierra comprimida) o ladrillo

Como el espesor de la bóveda es de 10 cm, las dimensiones del BTC deben ser de 5 cm x 10 cm x 20 cm, para que el ladrillo pueda ser cortado manualmente por el albañil.

Harnero o tamiz

Malla constituida por barras tejidas que dejan un espacio entre sí que permite el paso de granos de hasta 0.5 mm de diámetro del material a utilizar.

Cepillo de alambre

Ideal para eliminar la corrosión y la pintura de cualquier superficie. Se emplea para limpiar la bóveda durante el proceso de construcción.

Cuchara

Herramienta que utiliza el bovedero o albañil para tomar la mezcla que se le pondrá a la pieza de BTC o ladrillo.

Mezcla

Se prepara en proporciones de un $\frac{1}{4}$ bulto de cemento (50 kg), 2 bultos de cal (25 kg) y 8 botes de arena cernida de 19 litros. Su rendimiento es de 4 m², aunque la cantidad de cemento puede variar dependiendo de la calidad de la arena ya que la mezcla debe tener una consistencia viscosa y aguada.



Aspecto de la mezcla

Andamio

Estructura de madera que se coloca dentro del área a cubrir y sobre la que trabajará el albañil o bovedero. Su altura depende de la estatura del albañil con respecto al cierre de la bóveda, que es el punto más alto.



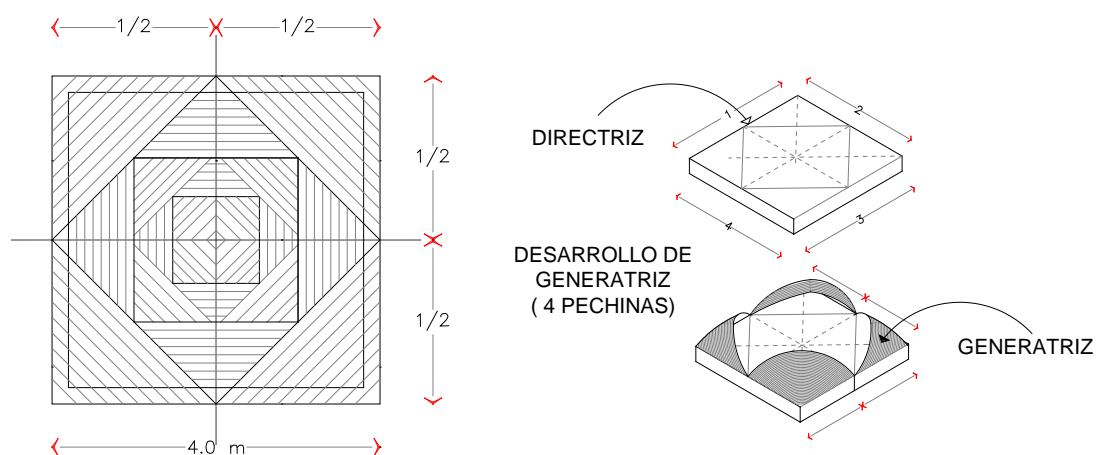
Andamio

4. Proceso constructivo de las bóvedas mexicanas

Antes de empezar con la descripción del proceso para la construcción de una bóveda, es importante mencionar que las directrices también conocidas como traveses, y las generatrices formadas por las hiladas de ladrillo ó BTC serán las que permitirán dar inicio a la bóveda. Dependiendo del diseño de las traveses, las hiladas subirán, bajarán o se mantendrán constantes.

Si tomamos como ejemplo una superficie cuadrada de 4 m x 4 m, donde las directrices serán traveses horizontales, los pasos para su construcción serán los siguientes:

- 1 – Para el trazo de la bóveda se saca la mitad del claro o área a cubrir.
- 2 – Se unen las intersecciones formando cuatro triángulos en forma de conos, también conocidos como pechinas.



Representación de la directriz y generatriz

- 3 – Para el arranque de la bóveda, se humedece el área donde se empezará a desplantar y se hace un chaflán utilizando la mezcla con la que se pegarán los ladrillos o BTC.

- 4 – La primera hilada se inicia colocando el ladrillo o BTC en una esquina del espacio a cubrir, cortando a la mitad la pieza y ochavando sus esquinas, es decir, cortando las esquinas de manera que esté horizontal a ambas traveses y con una inclinación de 45° para que se mantenga dentro de los esfuerzos de compresión.



Proceso de humedecer el área de contacto del BTC



Colocación del primer BTC

- 5 – En la segunda hilada se apoyan dos ladrillos o BTC sobre la primera hilada con la misma inclinación, semejando un arco.



Construcción de la primera hilada

- 6 – La tercera hilada se apoya, con la misma inclinación, sobre la segunda que está compuesta por 3 ladrillos o BTC, teniendo así el ajuste con la pieza del centro, semejando un arco. El área de contacto del ladrillo con la hilada anterior será de 10 cm, mostrando sus aristas de 5 cm x 20 cm en la parte inferior.



Colocación de la tercera hilada, ajustando a la pieza del centro

- 7 – De la cuarta hilada en adelante será variable la cantidad de ladrillos porque dependerá del tamaño de la pieza que esté apoyada en la trabe. Recordemos que esta pieza de

ladrillo está cortada en una esquina en forma horizontal y apoyada con la misma inclinación de la hilada anterior, ajustando siempre al centro.



Hiladas de BTC

- 8 – Lo anterior se repite en las siguientes hiladas hasta llegar a la mitad de la trabe, colocando los ladrillos a los extremos y teniendo el ajuste al centro del arco, hasta terminar la primera pechina. Esto se realiza en las cuatro esquinas.



Termino de pechinas y cuatraper de BTC para iniciar cerramiento de bóveda

- 9 – Durante el proceso de construcción, una vez que han fraguado las hiladas, se realiza la limpieza de la bóveda con un cepillo de alambre, dejando el ladrillo o BTC aparente del lado inferior, con el criterio que llamamos “construir terminado”.



Proceso de limpieza de las esquinas de la bóveda

- 10 – Terminadas las cuatro esquinas de la bóveda, se coloca una hilada en cada una, entrelazándola hasta tener una forma de espiral. Poco a poco se va a cerrar la bóveda.



Cierre en forma de espiral e interior de la bóveda terminada

- 11 – Terminada la bóveda se deja un acabado común. Cuando es entrepiso o cubierta se limpia la superficie perfectamente con una pala y se aplica una lechada de cal con arena fina cernida, para tapar los poros.





Bóveda con lechada de cal y arena

- 12 – Después de la lechada, se procede a la colocación de tela de gallinero o malla electro-soldada y se aplica una capa de compresión con cemento-cal-arena, dejando una superficie lisa para recibir el impermeabilizante.
- 13 – La impermeabilización se realiza con una mezcla de cal y mucílago de nopal. Para, posteriormente, aplicar una capa de impermeabilizante convencional.



Tratamiento del mucílago de nopal para proceder a impermeabilizar

Nota: Se recomienda que en temporadas de lluvia se refuercen las bóvedas, aplicando una lechada de mezcla de cemento-cal-arena para proteger la bóveda de BTC de la humedad y acelerar el proceso de secado durante su construcción.

5. Ejemplo de dosificación y cantidades que se utilizaron en un caso real

Para el proceso constructivo de una vivienda ubicada en la colonia Santo Domingo de la delegación Coyoacán, en la Ciudad de México, se utilizaron 4500 piezas de adobe de 5 cm x 10 cm x 20 cm, estabilizado con 8% de cal. Cada pieza midió 1000 cm³ y pesó 1,5 kg. Se requieren 90 piezas para construir un metro cuadrado (considerando un 2,5% de desperdicio). El mortero de liga fue hecho de la misma mezcla de tierra con cal con la que fueron realizadas las piezas, pero en un estado plástico, y es cernida con un tamiz de 5 mm. La junta entre cada adobe fue de 3 a 4 mm. Conforme la bóveda se construía, se limpiaba con un cepillo de alambre en el interior y se le agregó un sellador de mucílago de Nopal como acabado final. Al término ésta tuvo un peso de 270 kg para 1 m² de área construida.

Para cuantificar las piezas de adobe por metro cuadrado se tomó en cuenta la forma cóncava de la superficie y se incrementó en 30% al área a cubrir, de modo que 1 m² en planta equivale a 1,30 m², por lo que se requieren 90 piezas/m² aproximadamente.

Los adobes fueron evaluados en el Instituto Politécnico Nacional y presentaron resistencias aproximadas de 3,1 MPa (31 kgf/cm²) a la compresión y 2 kg al cortante. Estas características hacen manejables los adobes, por lo que conforme se avanza en su

colocación pueden ser cortados manualmente por el albañil, utilizando la cuchara. Durante el proceso de fabricación de los adobes se tuvo la cooperación del Ing. Salvador Lee Godínez, miembro de la Asociación Nacional de Fabricantes de Cal (ANFACAL), quien a partir de realizar unas muestras, con diferentes porcentajes de cal, logro conocer el porcentaje de cal óptimo los adobes y mezcla y así evitar desprendimiento alguno entre los adobes, ya que la cal ayuda a que se aglomeren los materiales.



Prueba de adherencia y muestras de diferentes tipos de bóvedas



Casa santo domingo terminada

Bibliografía

Aguire, Ramón (2010). Bóvedas mexicanas. Disponible en: www.arcillayarquitectura.com

Aquirre, Ramón; Guerrero, Luis (sd). Bóvedas en resistencia. In: Vitrubio: creatividad y ciencia, n.2. Tampico: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, (en prensa).

- Arenas de Pablo, Juan J. (1998). *Las grandes bóvedas hispanas*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Fathy, Hassan (1975). *Arquitectura para los pobres*. México: Textos Extemporáneos.
- Guerrero B., Luis (1994). *Arquitectura de tierra*, México: UAM-Azcapotzalco.
- Las grandes bóvedas hispanas (1998). Apuntes del curso: Las grandes bóvedas hispanas. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Lorenzo Gállido, Pedro (Coord.) (2005). *Un techo para vivir*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Marín P., Ana María (2002). Más con menos: elementos gráficos para un estudio de las variaciones de las bóvedas aligeradas de fábrica (tabicadas) S. XVIII-XX. IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Re-visión: Enfoques en docencia e investigación. Disponible en: <http://www.udc.es/dep/rta/WebEGA/PDFs/Grupo3/MAR12.pdf>
- Moya Blanco, Luis. (2000). *Bóvedas tabicadas*. Madrid: Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento.
- Ramírez Ponce, Alfonso (2001). *Habitar una quimera*. México: UNAM.
- Ramírez Ponce, Alfonso (2002). Bóvedas de suspiro y barro. Revista Bitácora. México: Facultad de Arquitectura de la UNAM, n. 7, mayo de 2002, pp. 48-51.
- Ramírez Ponce, Alfonso (2004). *Arquitectura propia. cubierta de ladrillo "recargado"*. Disponible en: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.047/593>
- Senosiain Aguilar, Javier (1998). *Bio Arquitectura. En busca de un espacio*. México: Editorial Limusa.
- Toca, Antonio (ed.) (1990). *Nueva arquitectura en América Latina: presente y futuro*. México: Editorial Gustavo Gili.
- Tonda, Juan Antonio (2000). *Candela Félix*. México: CONACULTA.
- Torroja Miret, Eduardo (1991). *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Csic Publicaciones.

4. Bloco de terra comprimida – BTC

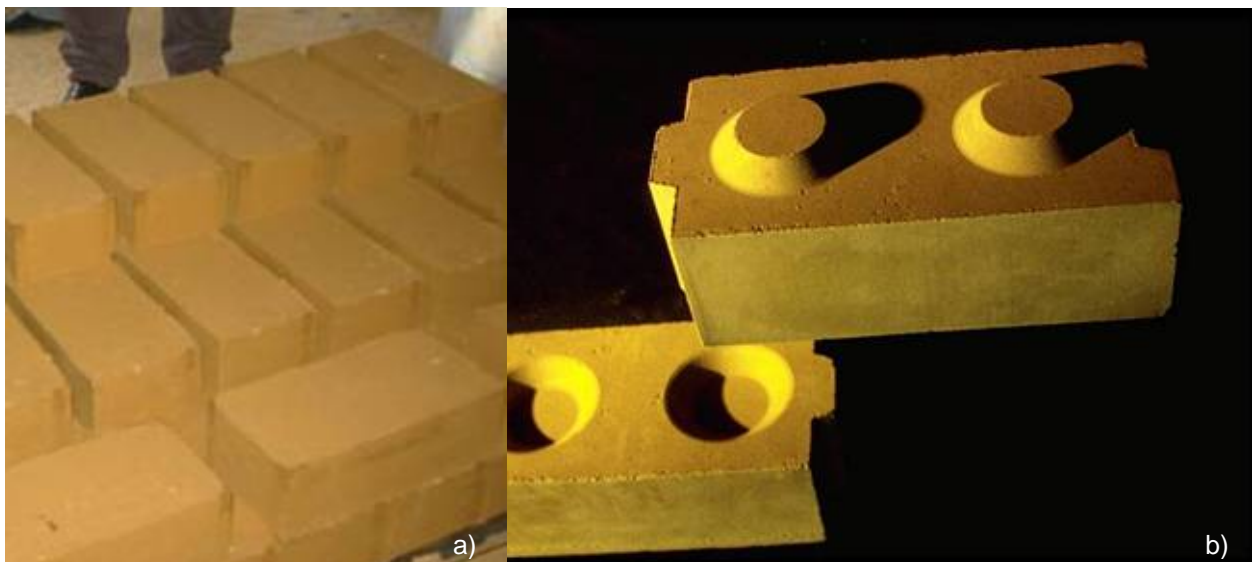
Célia Neves; Ana Milani

1. Introdução

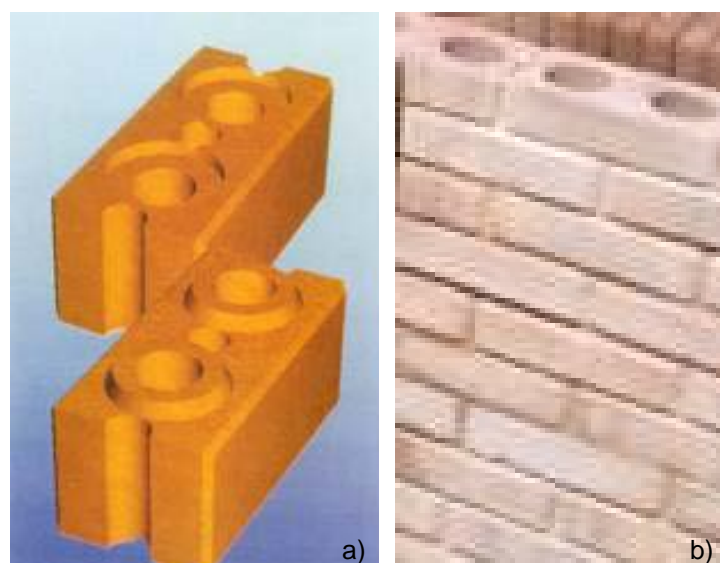
Bloco de terra comprimido, geralmente denominado BTC, trata do componente da alvenaria, fabricado com terra (solo) adensada em molde por compactação ou prensagem, seguido do desmolde imediato.

Para melhorar as características físico-mecânicas do BTC como resistência à compressão e à ação abrasiva de ventos, impermeabilização, durabilidade, pode-se utilizar o processo de estabilização granular, a qual consiste na mistura de proporções de diferentes terras; e/ou a estabilização química, a qual se adiciona um aditivo químico à terra, geralmente os aglomerantes cimento e/ou cal.

É possível fabricar BTC de diversos formatos e dimensões, sendo usuais o BTC maciço e o BTC com furos, ambos com e sem encaixes.



a) BTC maciço superfície lisa; b) BTC maciço com encaixes – Bloco Mattone (Mattone, 2007)



a) BTC com furos e encaixes – tijolito (Assis; Chaud, 2004); b) BTC com furos

O BTC pode ser usado em qualquer tipo de construção substituindo os blocos cerâmicos convencionais, seja em alvenaria simples de vedação, ou alvenaria estrutural, desde que atendam às resistências estabelecidas no projeto. As paredes tanto podem ser aparentes (quando protegidas da chuva), como revestidas, podendo receber revestimento em argamassa, diversos tipos de pintura, revestimento cerâmico, entre outros.

Vantagens do BTC

- fácil de fabricar;
- mantém a regularidade das dimensões;
- usa a terra da região;
- não há processo de queima;
- possibilidade de controle eficiente da resistência à compressão;
- proporciona conforto térmico.

2. Materiais

A bibliografia recomenda o uso de terra com porcentagem de areia superior a 50% para a fabricação de BTC. A areia é responsável pela estruturação (resistência) do bloco, enquanto que a argila responde pela aglutinação ou vinculação das partículas de terra. Entretanto a argila é também responsável pelo efeito de retração da terra durante a secagem e aparecimento de fissuras nos blocos. Assim, se necessário, deve-se buscar formas de adequar a terra disponível para a produção do BTC, ou, como se diz, de estabilizar a terra.

A primeira opção é realizar a estabilização granular da terra através da adição de proporções de outros tipos de solo ou mesmo areia para melhorar sua granulometria e plasticidade.

Para diminuir a sensibilidade à água, altas taxas de contração e expansão, e a baixa resistência à abrasão do BTC; deve-se realizar a estabilização química com adição de aglomerantes como cimento, cal, betume, entre outros. No entanto, a escolha de tal agente estabilizador irá depender do tipo de terra e das condições técnico-financeiras para adquirir o aditivo químico.

Para fabricação de BTC com adição de cimento, recomenda-se utilizar a terra caracterizada como solo arenoso, sendo ideais terras com as seguintes características:

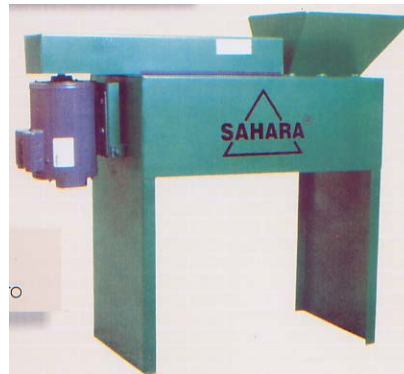
- 100% passando na peneira 4,8 mm (Uniformização, 1985);
- 50% a 95% de areia desuniforme (composição de areia grossa, média e fina), pois os grãos maiores são preenchidos por partículas menores do próprio solo;
- LL (limite de liquidez) \leq 45% e IP (índice de plasticidade) \leq 18% (Uniformização, 1985), pois solos com índices de plasticidade e limites de liquidez elevados são mais difíceis de serem estabilizados, contudo quando a fabricação do BTC uma pequena plasticidade faz-se necessário para transmitir as peças produzidas uma coesão suficiente para que possam ser manuseadas (ABCP, 1985).

3. Fabricação do BTC

Para exemplificar, relatam-se as etapas do processo de fabricação do BTC com cimento, que é semelhante ao processo de fabricação com adição de outros aglomerantes.

A) Preparo da terra

Consiste em destorroar e peneirar, se necessário, a terra seca. Recomenda-se usar peneira com abertura de malha da ordem de 5 mm, ou o destorroador mecânico



B) Preparo da mistura (com cimento)

Adiciona-se o cimento ao solo preparado, na proporção previamente estabelecida. Misturam-se os materiais secos até obter coloração uniforme; adiciona-se água aos poucos até que atinja a umidade adequada para sua prensagem



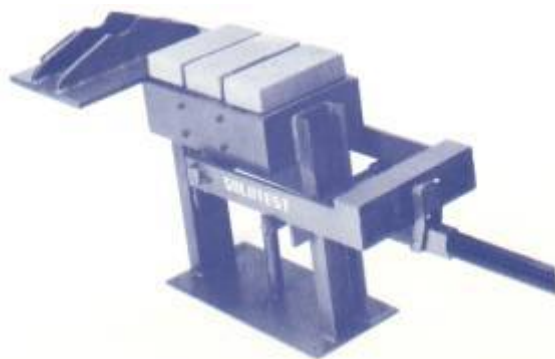
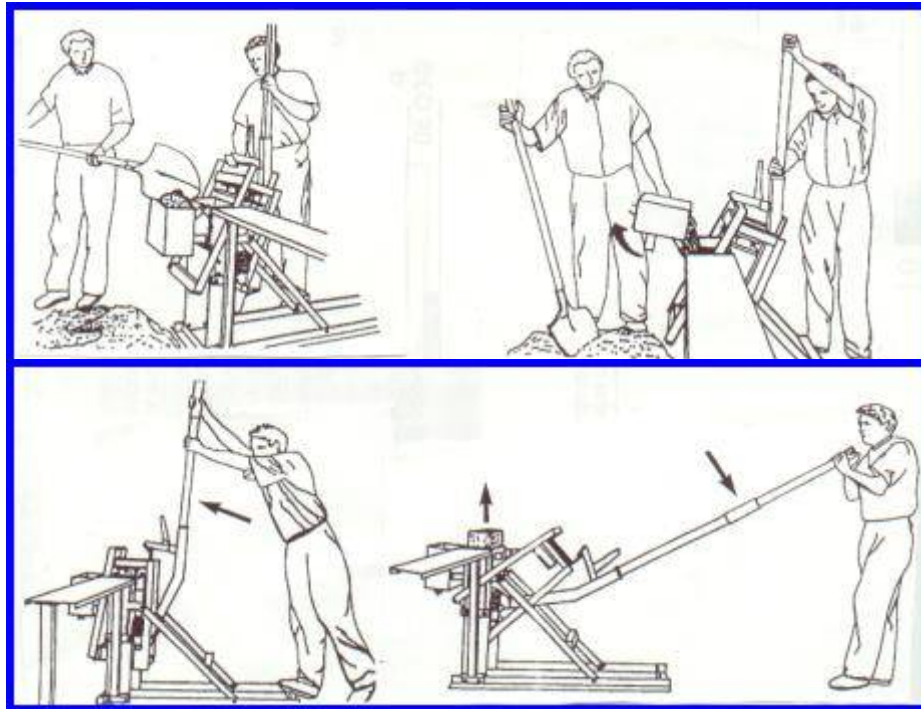
A umidade adequada é determinada com razoável precisão pelo seguinte processo (Neves et al, 2005):

- a) colocar uma porção da mistura na palma da mão e comprimi-la com os dedos;
- b) ao abrir a mão, o bolo formado deve guardar o sinal dos dedos;
- c) ao deixar cair o bolo da altura de 1,0 metro, ele deve se espatifar.

Caso não se consiga formar o bolo com a marca dos dedos na mão, a umidade é insuficiente; caso o bolo, ao cair, mantenha-se coeso, a umidade é excessiva.

C) Moldagem do BTC

Coloca-se a mistura no equipamento e procede-se à prensagem e à extração do BTC, acomodando-o em uma superfície plana e lisa, em área protegida do sol, do vento e da chuva



D) Cura e armazenamento

Após 6 horas de moldados e durante os 7 primeiros dias, os componentes devem ser mantidos úmidos por meio de molhagens sucessivas; os BTCs com cimento podem ser acomodados em pilhas de até 1,5 metro de altura e cobertos com lona plástica para manter a umidade.



4. Execução da alvenaria

O processo construtivo é semelhante ao da alvenaria convencional (bloco cerâmico ou bloco de cimento). A alvenaria é composta basicamente pelo componente (bloco) e o elemento de ligação (argamassa de assentamento) que formam as juntas horizontais e verticais.



Os procedimentos mais usuais para a execução da alvenaria de BTC são os seguintes:

- assentamento do BTC com argamassa constituída de cimento, areia, cal e terra – BTC maciço com superfície plana, BTC com furos;
- assentamento de BTC com argamassa constituída de cimento, areia e cal – BTC maciço com superfície plana, BTC com furos;
- assentamento do BTC com uma argamassa fluída de cimento e areia – bloco Mattone, BTC com furos; procede-se a limpeza da superfície da parede ao final do assentamento;
- assentamento do BTC com aplicação com bisnaga ao redor dos furos de filete de argamassa fluída de cimento e areia ou de cimento e terra ou mesmo cimento e cola PVA.

Na alvenaria de BTC com furos, a cada dois metros de comprimento da parede, se coloca uma barra de aço na vertical e enche o furo com argamassa de cimento e areia; os tubos para as instalações hidráulica e elétrica passam pelos próprios furos.



Alvenaria de BTC com furos e junta de argamassa



a) alvenaria de bloco Mattone com argamassa fluida; b) limpeza da superfície

A alvenaria de BTC pode receber qualquer tipo de revestimento tido como convencional: pintura, cerâmico, etc.

Independente do tipo de BTC e processo de execução da alvenaria, recomenda-se a execução da camada de concreto entre a fundação e a parede, para dificultar a subida de água por capilaridade.

5. Equipamentos para fabricação de BTC

O BTC, em geral, é moldado por prensagem em equipamentos com moldes cujo formato possibilita produzir componentes de formas e dimensões variadas. A maquinaria disponível para sua fabricação é diversa e pode atender às necessidades de produção para edificações de diferentes portes. Pode-se utilizar desde um simples equipamento de prensagem, até complexas unidades de produção industrial, que englobam pulverizador de solo, peneirador, misturador, dosador, prensa e outros acessórios. O dimensionamento da maquinaria está relacionado com a dimensão, produtividade e custo do empreendimento.

As prensas podem ser operadas manualmente ou com auxílio de motor, que aciona um mecanismo, mecânico ou hidráulico, de prensagem. A tabela 1 apresenta a produtividade e energia de compactação de algumas prensas.

Tabela 1 – Produtividade das prensas para componentes de solo estabilizado (Ferraz Jr., 1995)

Tipo de prensa		Energia de compactação (MPa)	Taxa de compactação do solo ¹	Produção (BTC/dia)
Manual	Mecânica	1,5 – 2,0	1,38	300 a 1200
	Hidráulica	2,0 – 10,0	1,65	2.000 a 2.800
Motorizada	Mecânica	4,0 – 24,0	> 1,65	1.600 a 12.000
	Hidráulica	>20,0	> 2,00	2.000 a 4.000

1- corresponde à relação entre os volumes da mistura em estado solto e em estado compactado, sendo proporcional à energia de compactação.

As prensas manuais geralmente requerem baixo capital para sua aquisição e manutenção, além de serem leves, pequenas, fáceis de usar e sem custos relativos ao consumo de energia. A baixa taxa de compactação, principalmente da prensa manual mecânica, exige que a seleção e o preparo da terra sejam muito bem cuidados, para que os BTCs apresentem pouca dispersão na resistência à compressão semelhante entre eles.

As prensas que possuem pistão compactador em apenas um sentido devem ser utilizadas basicamente para a produção de BTC com altura máxima da ordem de 7 cm. Acima deste valor e até a altura de 20 cm, são necessárias prensas com duplo sentido de compactação. Esta limitação não se deve à energia de compactação do equipamento, mas à propriedade de adensamento do solo.

6. Parâmetros de controle

Para qualificar o BTC com cimento, as normas brasileiras estabelecem a verificação das suas características em amostras de pelo menos treze amostras, retiradas aleatoriamente em lotes de 10000 a 25000 tijolos. Os critérios estabelecidos para o controle de qualidade do BTC de cimento são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Limites especificados para BTC com cimento

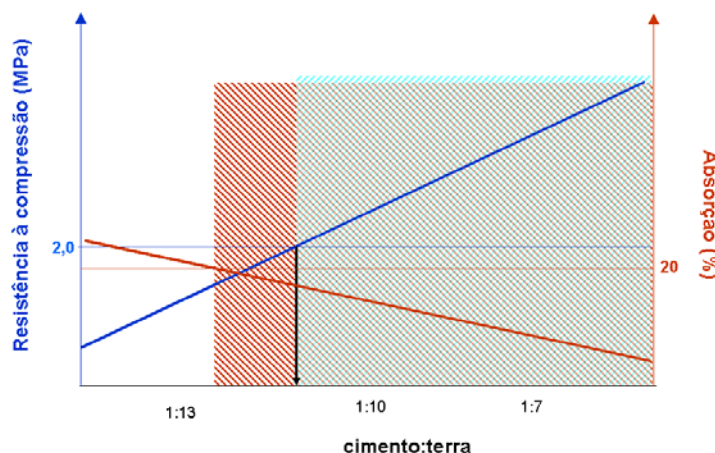
Característica	N ^o exemplares	Exigência NBR 8491	
Variação dimensional	-	± 3 mm	
Resistência à compressão	10	valor médio	≥ 2,0 MPa
		valor individual	≥ 1,7 MPa
Absorção de água	3	valor médio	≤ 20%
		valor individual	≤ 22%

Estes limites podem ser adotados como referências para avaliação de BTC com outros aglomerantes, independente do seu tipo.

7. Dosagem e consumo de materiais

Para determinar o teor adequado de cimento a ser adicionado à terra, deve-se realizar um estudo de dosagem. Recomenda-se fabricar, no mínimo, 20 BTCs com três diferentes composições de cimento e terra (em volume) que podem ter as proporções, por exemplo, de **1:7; 1:10; 1:13**.

Em laboratório, realizar o ensaio de resistência à compressão (10 unidades) e de absorção de água (3 unidades) e identificar a proporção que atende aos parâmetros de controle indicados na tabela 2, através da interpolação dos resultados.



Exemplo de interpolação de resultados para definir a dosagem do BTC

O teor de cimento a ser adotado deve atender aos critérios de resistência à compressão e de absorção de água.

A tabela 3 apresenta os dados para o cálculo de consumo de materiais pro m³ de solo-cimento prensado. Para quantificar o consumo de materiais por unidade do componente, considerar as dimensões e o formato do BTC.

Tabela 3 – Cálculo de material para fabricação de BTC com cimento

Consumo de material por m ³ de solo-cimento prensado	Proporção de material em volume			
	1:10	1:12	1:15	1:18
• cimento	230 kg	190	150	125
• terra	1,6 m ³	1,6 m ³	1,6 m ³	1,6 m ³
% de cimento em massa	11%	9,5%	7,5%	6,5%
% de cimento em volume	9%	7,5%	6%	5%

valores adotados: massa unitária do cimento: 1420 kg/m³;
empolamento de terra: 1,6;
densidade máxima da terra: 1800 kg/m³

Bibliografia

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland (1985). *Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais*. São Paulo: ABCP. 4p. Boletim Técnico

Assis, J. B. S. de; Chaud, E. (2004). Avaliação do comportamento estrutural de mini-paredes construídas com blocos de solo-cimento, isentas de argamassa entre fiadas – tijolito® sistema Andrade Gutierrez de construção industrializada. In: 3^{er} *Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra*. Memoria... San Miguel de Tucumán: PROTERRA; FAU/UNT. p. 149-159.

Ferraz Junior, F. de A. C. (1995). Equipamentos modernos para a produção de tijolos de terra prensada. In: *Workshop Arquitetura de Terra*, São Paulo. *Anais ...* São Paulo: NUTAU-FAUUSP. p.163-179.

Mattone, R. (2007). Investigación y formación para la evolución de las tradiciones. Los bloques perfilados para la autoconstrucción. *APUNTES*, v. 20, n.2, julio-diciembre 2007. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. p. 318-323.

Neves, C. M. M.; Faria, O. B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P. S.; Hoffmann, M. V. (2010). *Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – práticas de campo*. Disponível em: www.redproterra.org

Neves, C.; Coelho, A. M. V. (2009). Um passeio pelas normas de construção com terra nos países ibero-amnericanos. In: VIII° *Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra*. San Miguel de Tucumán: PROTERRA; FAU/UNT. p. 571-580. 1 CD-ROM

Uniformização das técnicas de aplicação do solo-cimento na construção habitacional (1985). Elaborado por BNH-DEPEA; ABCP; CEPED; IPT; TECMOR; COHAB-SP; SEAD-PR; CETEC; CEHAB-RJ. Rio de Janeiro: BNH-DEPEA.

ANEXO – Normas ibero-americanas de BTC

No Brasil, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, no período de 1986 a 1989, publicou as seguintes normas para BTC com adição de cimento¹, sendo duas delas revisadas em 1994:

- NBR 8491 – Tijolo maciço de solo-cimento. Especificação. 1984
- NBR 8492 – Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio. 1984
- NBR 10832 – Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Procedimento. 1989
- NBR 10833 – Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica. Procedimento. 1989
- NBR 10834 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Especificação. 1994
- NBR 10835 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Forma e dimensões. Padronização. 1989
- NBR 10836 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio. 1994

Na Colômbia, o ICONTEC – Instituto Colombiano de Normas Técnicas publicou, em 2005, em 2005, a norma *NTC 5324. Bloques de Suelo Cemento para Muros y Divisiones. Definiciones. Especificaciones. Métodos de Ensayo. Condiciones de Entrega*, que é uma declarada tradução da norma francesa AFNOR XP P 13-901:2001.

Ao final de 2008, a AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación publicou a norma UNE 41410 – Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.

Enquanto que as normas brasileiras e a colombiana tratam de BTC estabilizado com cimento, a norma espanhola admite outros aglomerantes, inclusive produtos de origem vegetal e animal tais como azeites naturais e gema de ovo, desde que a adição destes materiais como estabilizante químico seja previamente avaliada em laboratório.

Em todas as normas há critérios para qualificar as dimensões (tolerâncias) e o aspecto do BTC. A norma colombiana também trata das variações dimensionais entre estados convencionais extremos – contração e expansão.

Em relação à qualificação do produto, todas as normas contêm requisitos relativos à resistência à compressão e ao comportamento quanto à ação da água, apesar de parâmetros diferenciados. Além disso, as normas, colombiana e espanhola, estabelecem requisitos relativos à condição de abrasão e a norma espanhola, indica outros parâmetros em função da aplicação do BTC. A comparação entre os valores estabelecidos como limites de resistência à compressão nas normas não foi possível, pois os métodos de ensaio para sua determinação são bastante diferentes. Pela norma colombiana, o bloco é repartido ao meio e suas partes unidas; igualmente indica a norma brasileira, porém para blocos maciços com altura de 5 cm; para blocos com dimensões acima desta, usa-se o bloco inteiro, assim como indica a norma espanhola. Por outro lado, as normas brasileiras indicam o ensaio com o corpo-de-prova úmido, enquanto que a norma espanhola utiliza o corpo-de-prova seco, e a colombiana indica os ensaios em ambas as condições, mas sempre usa a condição seca como referência.

O quadro a seguir apresenta os principais requisitos e critérios estabelecidos nas normas brasileiras, colombiana e espanhola.

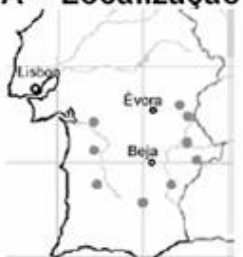
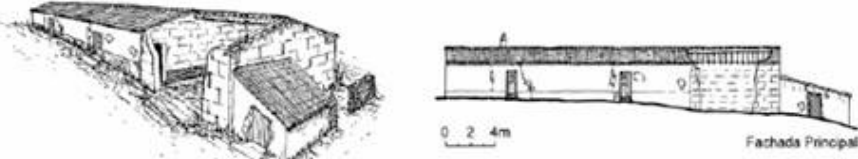
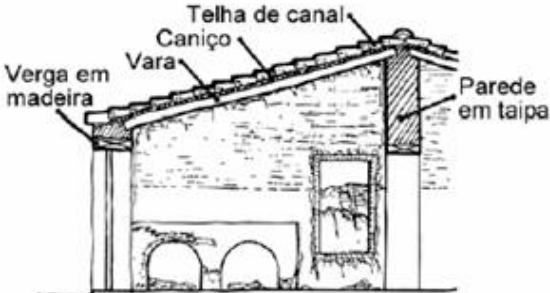
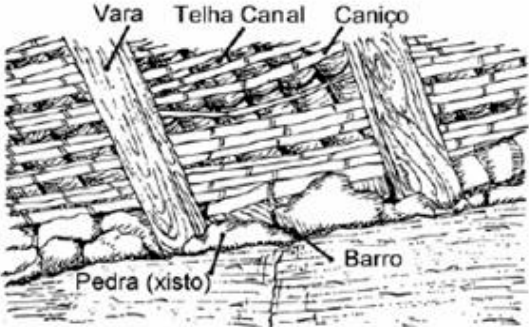
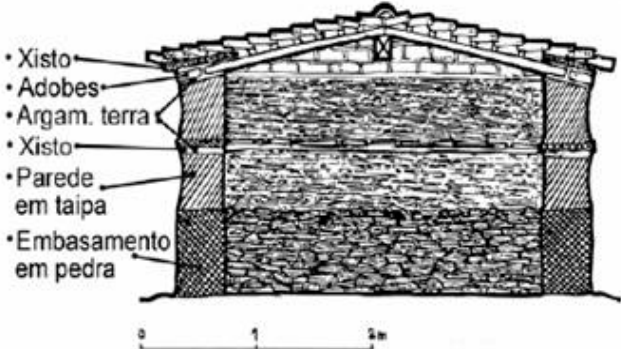
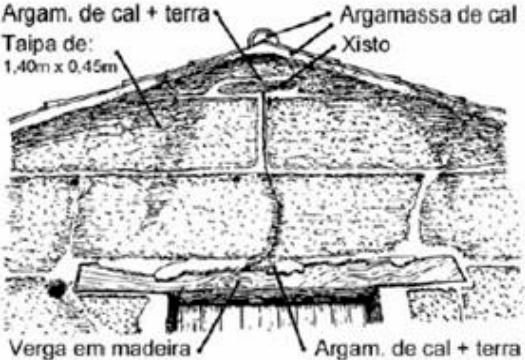
¹ As normas brasileiras fazem distinção do termo BTC em função principalmente de suas dimensões, mas precisamente de sua altura: até 7 cm, se chama tijolo e superior a este valor, se chama bloco.

Requisitos e critérios das normas brasileiras, colombiana e espanhola (Neves; Coelho, 2009)

Norma	brasileira		colombiana			espanhola				
	valor	condições	valor		condições	valor		condições		
dimensões (L x E x h) (cm)	20 x 9,5 x 5 23 x 11 x 5 (bloco maciço)	um sentido de compactação	29,5 x 14 x 9,5 22 x 22 x 9,5 (bloco maciço)			não informa sobre a compactação			fabricante informa	não informa sobre a compactação
	39 x 9 x 14 39 x 14 x 14 39 x 19 x 14 (bloco com furos)	sentido duplo de compactação								
terra	100% ≤ 5 mm 10% a 50% ≤ 0,075 mm LL ≤ 45% IP ≤ 18%		apresenta diagrama de granulometria e limites (LL e IP)			apresenta diagrama de granulometria e limites (LL e IP) argila ≥ 10% mat. org. ≤ 2% sais solúveis ≤ 2%				
estabilizante	cimento		cimento			cimento, cal, gesso e outros				
resistência à compressão mínima (MPa)	2,0	úmida	BSC20	BSC40	BSC60	seca	BTC1	BTC2	BTC3	seca
			2,0	4,0	6,0		1,3	3	5	
	h ≤ 7 cm – bloco recortado e unido h > 7 cm – bloco inteiro		bloco recortado e unido as partes			bloco inteiro				
resistência a abrasão mínima (cm ² /g)	não cita		2	5	7	exposto à abrasão	não cita			
capilaridad máx (g/cm ² xmin ^{1/2})	não cita		débil		pouco		parede externa	fabricante informa		parede externa
			20		40					
absorção de água máx (%)	20%	obrigatório	não cita			não cita				
molhagem e secagem	não cita		não cita			sem fissuras sem fragmentação		condições severas		
erosão	não cita		não cita			0 ≤ D ≤ 10				
gelo e degelo	não cita		não cita			fabricante informa				
esforço cortante	não cita		não cita			ensaio		uso estrutural		

5. Taipa de Pilão

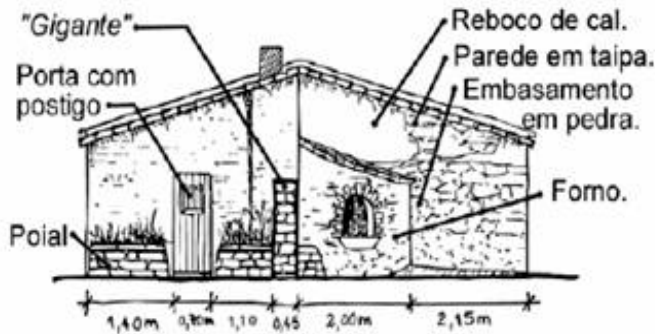
Mariana Correia; Márcio V. Hoffmann; André F. Heise

<p>TERRABRASIL 2006</p>	<p>Habitação Vernácula Rural no Alentejo, Sul de Portugal Sistema Construtivo: Taipa de Pilão</p>	<p>Autora: Mariana Correia Folha 1</p>
<p>A – Localização</p> 	<p>B – Conjunto</p> 	
<p>C – Elementos e Componentes:</p> <div data-bbox="288 824 496 869" style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <p>Coberturas</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="384 882 639 913"> <p><u>Corte - Cobertura</u></p>  </div> <div data-bbox="855 882 1401 913"> <p><u>Detalhe - Madeiramento da Cobertura</u></p>  </div> </div> <p style="margin-top: 10px;"><u>Cobertura</u> em telha canal (ou meia-cana ou canudo), telha Marselha e telha Lusa. Apoiava-se no caniço, que por sua vez se apoiava no varede.</p> <div data-bbox="288 1379 711 1424" style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> <p>Paredes e Revestimentos</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="357 1458 767 1489"> <p><u>Corte - Construção em taipa</u></p>  </div> <div data-bbox="1007 1458 1353 1489"> <p><u>Detalhe - Parede em taipa</u></p>  </div> </div> <p style="margin-top: 10px;"><u>Muros</u> de taipa, de diferentes tipologias: M1 – Taipais separados por argamassa e xisto; M2 – Pedra no topo das juntas verticais; etc. Por vezes, utilizam-se gigantes (contrafortes) e poiais a reenforçarem as paredes.</p> <p><u>Revestimento</u> a reboco de cal nas fachadas principais ou quando a taipa é fraca.</p>		

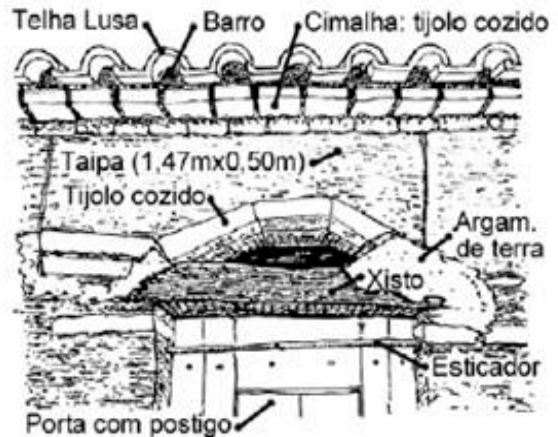
TERRABRASIL 2006	Habitação Vernácula Rural no Alentejo, Sul de Portugal Sistema Construtivo: Taipa de Pilão	Folha 2 Autora: Mariana Correia
---------------------	--	------------------------------------

Vãos

Alçado Lateral (ex.)



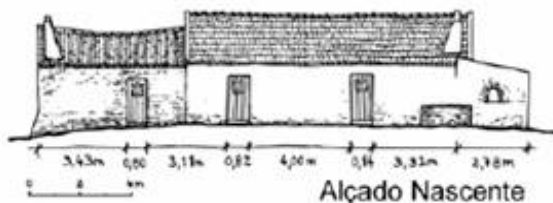
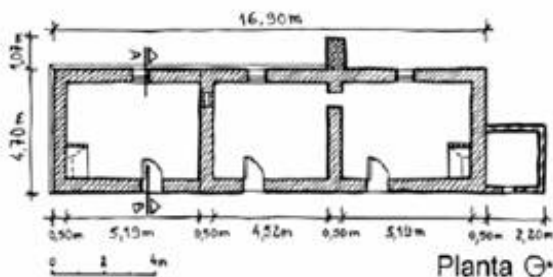
Detalhe - Beirado e Vão



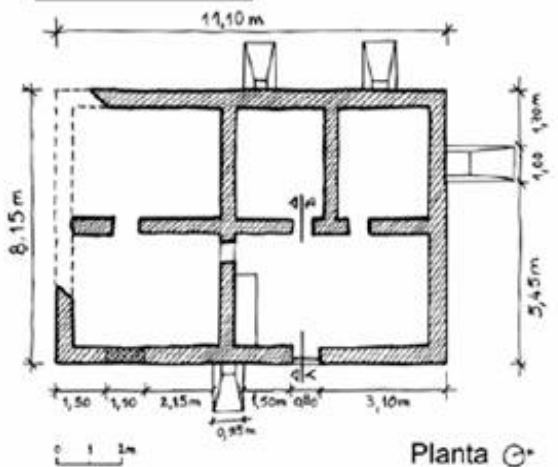
Vãos são poucos. Portas e janelas com padieira em xisto ou granito, ou verga em madeira. A porta apresenta postigo, que permite a entrada de luz.

D – Tipologias de Habitação (ex.):

Habitação 1



Habitação 2



Tipologia simples, um piso. T1 – Habitação composta por um só espaço, dividida por vezes, por tabiques de 7cm. Forno no exterior. T2 – Habitação composta por cozinha e duas alcovas. A ampliação do espaço é em geral, ao comprido.

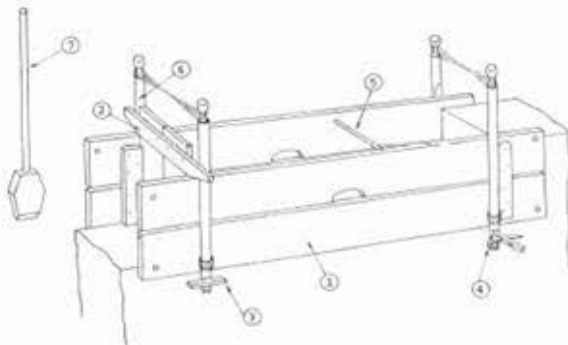
FONTES: CORREIA, Mariana; "Taipa Alentejana em Portugal"; DPEA-Terre, CRATerre - École d'Architecture de Grenoble, França, Set.2000 (Fichas 1 e 2).

TERRABRASIL
2006/2008

Sistema Construtivo: Taipa de Pilão - Equipamento
Autora: Mariana Correia

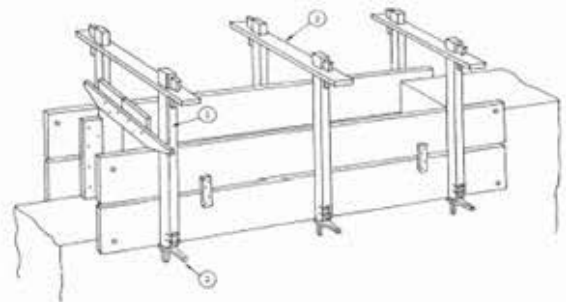
Folha 3

Figura 1



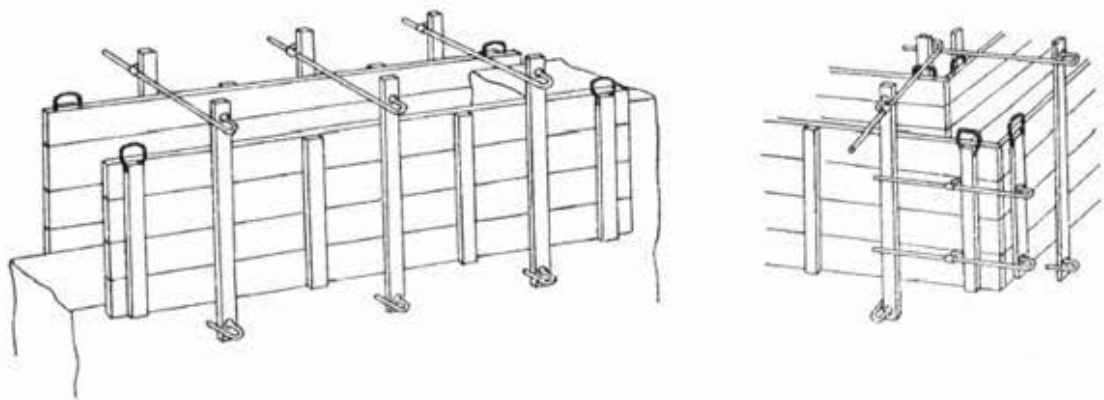
1 - Taipais laterais; 2 - Comporta; 3 - Agulhas; 4 - Pregos;
5 - Còvados; 6 - Costeiros; 7 - Maço ou Pillão

Figura 2



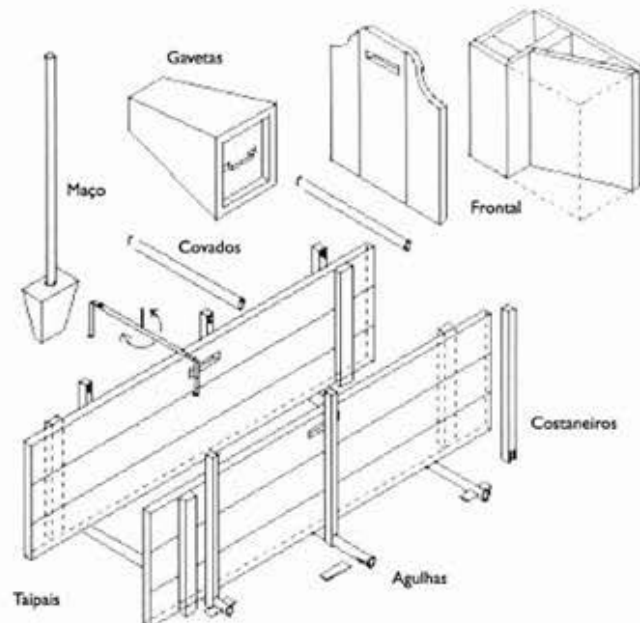
1 - Costeiros; 2 - Agulhas; 3 - Cangas

Figura 3



Esquema de montagem de moldes utilizado na região de Lyon na década de 50

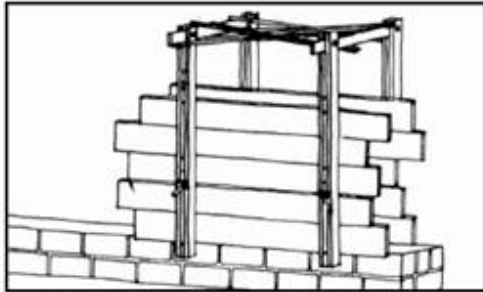
Figura 4



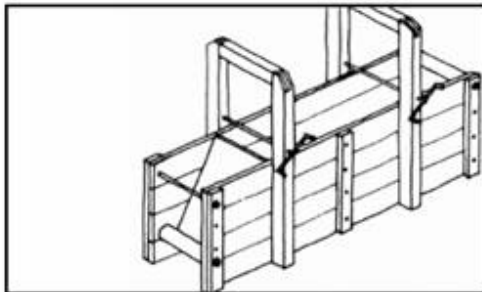
Equipamento para a construção de taipa de pilão

Fontes: Fig. 1, 2 e 3 - Ministério das Obras Públicas, Circular de Informação Técnica n° 9, Série D - 4 - Pág. 4,7 e 9 ;
Fig. 4 BEIRÃO, Teresa; BASTOS, Alexandre - New Earth Building in the southern Alentejo, Portugal. TERRA 2000, Pág. 218

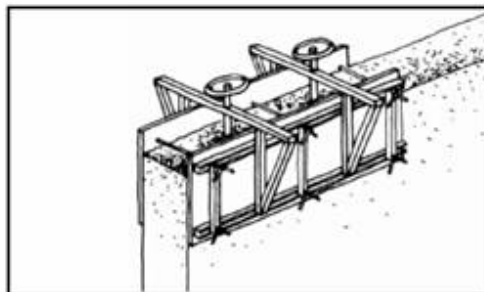
Taipais Móveis



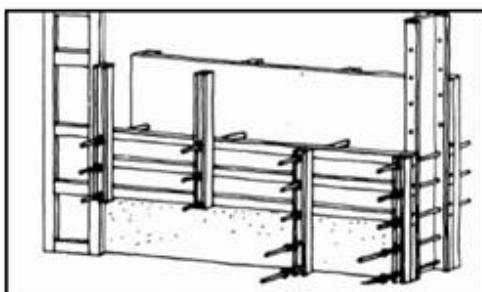
Taipais em andaime



Taipais rolantes

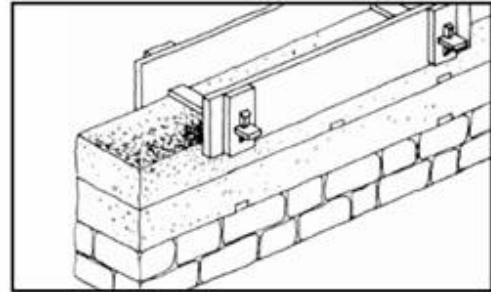


Taipais deslizantes

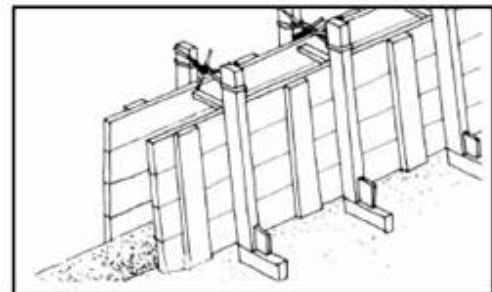


Taipais alternados

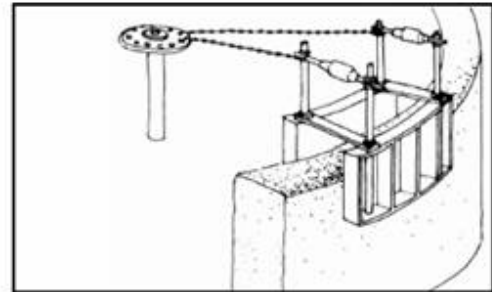
Tipos de Taipais



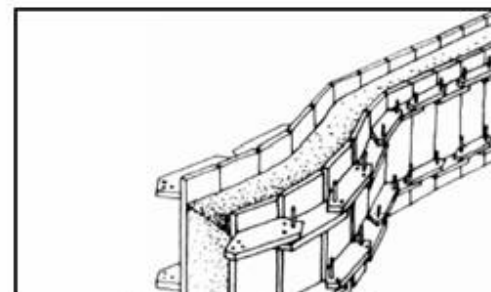
Superfície plana e perpendicular



Parede inclinada



Superfície curva



Forma irregular ou variada



Painéis em Taipa de Pilão contemporânea, São Paulo, Brasil

Sistema construtivo: Taipa de Pilão

Autor: Marcio V Hoffmann / André F Heise



Casa Pagano

A Taipa de Pilão contemporânea é aquela, que em relação à Taipa de Pilão tradicional, procura melhorar a resistência e a durabilidade, busca um processo de produção industrializado e acima de tudo almeja um desenho também contemporâneo para as novas arquiteturas e construções com terra.

MATERIAL:

Solo 40 a 50% de argila; 60% a 50 de areia.
4 a 6% de cal hidratada.
4 a 8% de cimento portland.

É importante conhecer as características físicas e químicas do solo. A caulinita é o melhor argilo-mineral para a Taipa de Pilão.



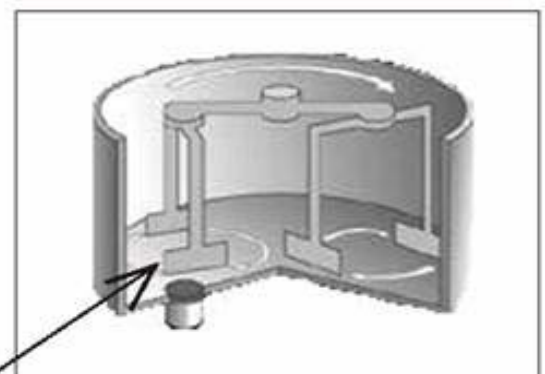
Traço: solo + cal + cimento.

EQUIPAMENTOS:



Destorroador

Depois de destorroadado e peneirado, o solo seco ao ar deve ser misturado com os aglomerantes. Para a compactação será adicionada água na quantidade ideal.



Pás rotativas

Misturador planetário
(Para mistura seca)



Compactador pneumático

Na compactação deve ser atingido a densidade ideal.

Compactador "Tipo agulha"



Soquete manual



Fôrma de madeira

A Fôrma é o equipamento mais importante da Taipa de Pilão. É preciso eficiência na montagem e desmontagem.



Fôrma metálica

ACABAMENTO:



A Taipa permite diversos tipos de acabamento. Para deixá-la "a vista", hoje é recomendado aplicar PVA dissolvido. Essa aplicação deve ser feita após as reações dos aglomerantes.



Fonte: Fato arquitetura Ltda - Rua Gomes Carneiro nº1108 - Piracicaba / SP - Brasil
 Fone/fax: 55-19-34024902 / 34331573 - www.fatoarquitetura.com.br
 Diagramação: Arq. Marilisa Marcussi

6. Técnicas mixtas

Lucía Esperanza Garzón

1. Introducción

Las técnicas mixtas dentro de la arquitectura con tierra son múltiples y en todo el mundo están realizadas con diversos recursos naturales y ahora industriales, pero es importante resaltar, que en esta área del conocimiento específico hay mucho por investigar en cada región pues ya que pertenecen a las técnicas con mayor diversidad, especialmente en América Latina.

Como lo dice su nombre, las técnicas mixtas son técnicas que incluyen varios materiales:

- el sistema estructural es realizado con múltiples materiales de origen vegetal o industrial que son el cuerpo o el esqueleto que lo sostiene;
- la tierra cumple en algunos de estos sistemas la función de relleno y de revestimiento, potenciando una de las principales propiedades: dar respuesta a condiciones ambientales en un comportamiento acústico y térmico. La tierra funciona como la piel pues regula la temperatura, la humedad y el sonido.

Como cualquiera de los sistemas constructivos, el que realice una obra con estos materiales debe adquirir diversos conocimientos y conocer las propiedades de los materiales a usar, tales como son las maderas o el bambú, las fibras vegetales y las características de las tierras. Adicionalmente debe pensarse en los detalles de ensamblaje, cimentación y detalles constructivos que deben de planearse previamente.

2 – Ventajas y desventajas de la técnica constructiva

Ventajas:

- Al recurrir a cadenas productivas donde se aproveche y use la madera y/o el bambú de forma racionalizada, las técnicas mixtas son las técnicas que responden con calidad, a diversas condiciones ambientales y pueden ser sistemas ecológicos y sostenibles.
- En zonas de alta sismicidad, son sistemas que brindan calidad estructural y flexibilidad a la sollicitación de diversos esfuerzos, pudiendo ser técnicas sismo resistentes.
- Por la diversidad de materiales que han sido usados son sistemas flexibles y adaptables en relación a los recursos que requiere.
- Las técnicas mixtas propician la colaboración de la comunidad y permiten la participación de los usuarios, promoviendo la mano de obra local. Y si se aplican con un desarrollo tecnológico, pueden ser de muy bajo costo y aportar a la construcción de comunidades.
- Todos los sistemas de las técnicas mixtas permiten realizar la estructura, construir cimientos, subir las estructuras verticales y cubrir, y así seguir trabajando bajo techo, permitiendo un proceso ágil y seguro, para proteger contra las inclemencias del clima. Son sistemas de muy rápida construcción.
- Dependiendo del sistema elegido y su adaptación a las condiciones ambientales estos sistemas responden con calidad al comportamiento acústico y térmico.
- La mayoría de ellos son sistemas livianos, y por ello facilita la construcción en cualquier tipo de suelo con una baja capacidad portante.

Desventajas:

- Debido a preconceptos por la facilidad y accesibilidad en la consecución de los materiales, por la mala manutención y por el sistema de mercado de la construcción, son considerados sistemas constructivos “para pobres”.
- Exige una calidad en la realización y construcción de la estructura, con sistemas de amarres, anclajes y ensambles que respondan al material y que sean duraderos, aunque todavía falta desarrollar tecnologías a partir de estas técnicas.
- Es débil en la intervención y presencia de hongos e insectos. Para ello, todo el material vegetal debe ser previamente tratado y preservado para evitarlos.
- Debe de evitarse colocarle cubiertas pesadas pues al ser estructuras livianas les causan efectos negativos al sistema y si se realiza, exige cimentaciones específicas y seguras. Hay que procurar mantener una estructura liviana, pero por la cultura constructiva se promueve llenarlos internamente, haciéndolos pesados y limitándoles una de sus principales propiedades.
- Los incendios pueden estar presentes si no se protege debidamente las estructuras de las fuentes de calor, por ello el revestimiento de la tierra (que es ignífuga), se recomienda en la mayor parte de su revestimiento.
- Creencia de que el mal de Chagas y la presencia del “pito” (*Triatoma infestans*) o de plagas es propiciado por el material. Por ello, se debe evitar que la construcción sirva de hábitat de insectos y se recomienda realizar el revestimiento liso, evitar orificios y especialmente realizar un mantenimiento permanente.

2 – Componentes de las técnicas mixtas

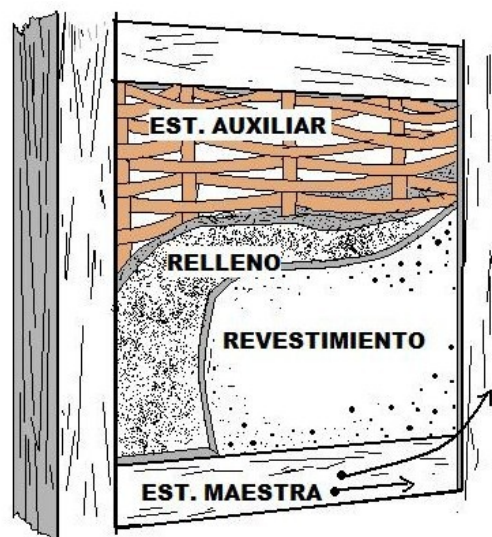


Figura 1 – Componentes de las técnicas mixtas

2.1 Estructura maestra

Estructura básica de la construcción, en la cual sus elementos juegan un papel fundamental de equilibrio y resistencia. La estructura maestra esta constituida por elementos principales y secundarios.

Elementos principales: piezas fundamentales de la estructura maestra que confieren a esta última sus características específicas tanto a nivel físico como arquitectónico.

Elementos secundarios: piezas de la estructura maestra que unidas a los elementos principales incrementan y/o modifican las características físicas y/o cambian la apariencia arquitectónica del edificio.

Las estructuras maestras se reagrupan de la siguiente forma:

- Sistemas constructivos en madera o bambú sin o con poca habilitación de sus piezas – como material dominante.
- Sistemas constructivos en madera habilitada como material dominante y que comprenden diversas técnicas desde las de madera maciza de gran sección y pesadas hasta las de secciones pequeñas para estructuras livianas.

A su vez, los sistemas constructivos se agrupan en cinco familias (Hays; Matuk, 2005):

Denominación	Características principales
Armazón	Uso de madera o bambú sin o con poca habilitación de sus piezas
Entramado pesado	Uso de madera habilitada que presenta una multiplicidad de elementos constructivos cuidadosamente unidos entre sí por ensambles específicos
Entramado liviano	Combinación de elementos sin habilitar con elementos habilitados
Poste y viga	Estructura en vigas y columnas formando pórticos espaciados entre sí y unidos horizontalmente por viguetas o tablones
Prefabricado	Fabricación previa en talleres o <i>in situ</i> de partes elementales o complejas de la estructura

2.2 Estructuras auxiliares

Estructura destinada a sostener y consolidar el relleno en el muro. Se puede emplear diversos materiales y determina la rigidez o flexibilidad, además de su influencia en la adherencia del relleno. Puede eventualmente jugar un papel en el aislamiento térmico del muro. La durabilidad de estos materiales una vez enlodados debe tenerse en cuenta.

Las formas de montarse las piezas de la estructura auxiliar (osamenta) son diversas y generalmente son determinadas por los materiales disponibles en el lugar.

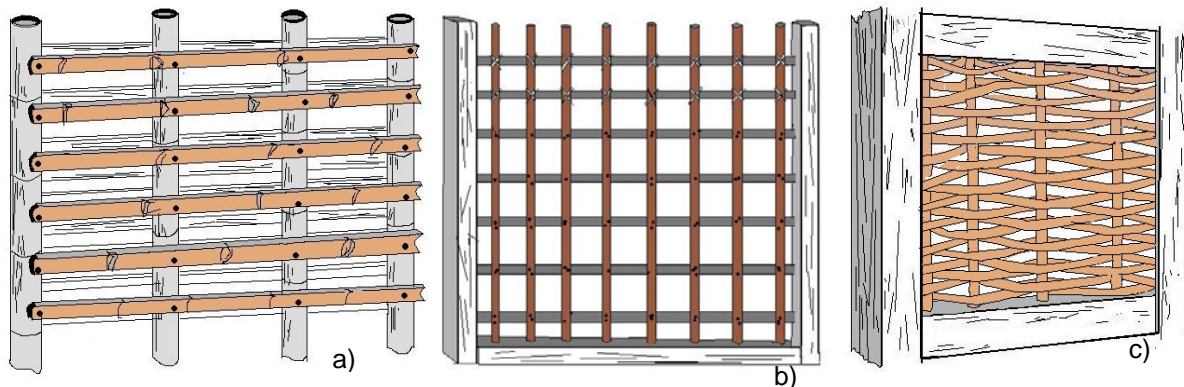


Figura 2 – Ejemplos de estructura auxiliar: a) enrejada en bambú, rala, doble y lateral; b) reticular, estrecha, simple y axial; c) tejida con trama de elementos largos, estrecha y axial

2.3 Relleno

El relleno se comporta como una “piel” y, como tal, brinda cierto grado de aislamiento térmico y regula los intercambios higrotérmicos entre el medio exterior y el ambiente interior de la construcción. Este relleno debe funcionar de forma estable con los cambios climáticos y debe ser compatible con la estructura vegetal. Hace parte importante de la apariencia y hace parte del factor estético.

El material de relleno es, generalmente, un compuesto de tierra y fibras y, eventualmente, aditivos. La asociación de estas materias primas permite lograr un material más liviano,

permeable al vapor de agua y con características elásticas necesarias para seguir los movimientos de la estructura.

3 – Materiales del relleno

3.1- Tipo de tierra

Debe seleccionarse el tipo de tierra que se usa para rellenar (embarrar o enlodar) las estructuras, pero, como este material en estos sistemas no tiene la función estructural al cumplir un papel de envoltura o “piel”, la mezcla exige menos selección de los suelos que en otras técnicas de construcción con tierra (adobe, tapia pisada, BTC, etc.), aunque debe de reconocerse y seleccionarse, para ello es necesario conocer las características de granulometría y plasticidad del suelo.

La composición granulométrica de las tierras adecuadas para el relleno de técnicas mixtas debe contener granos finos y un porcentaje de arcilla suficiente para que den cierta plasticidad a la mezcla, una buena adherencia con las fibras y el pegamiento con el entramado.

En términos generales se puede hacer algunas consideraciones sobre la composición granular de la tierra.

Arena: es un elemento importante porque es el suelo que mantiene estable la mezcla. De acuerdo a algunas investigaciones se recomienda un mínimo de 50% de arena; los estudios de Hays y Matuk (2005) sugieren que sean arena fina para brindar un acabado de mejor terminación estética.

Limo: es un elemento de transición entre arenas y arcillas, susceptible de variaciones de volumen en presencia de agua y no tienen mucha cohesión como las arcillas. Un muro con exceso de limo puede degradarse con la humedad. Se sugiere no supere un 30%.

Arcilla: es el principal elemento de cohesión del suelo y permite la adherencia de las fibras de la mezcla. Según la naturaleza geológica existen diversos tipos de arcilla, algunos de estos pueden absorber mucha agua, lo que provoca su hinchamiento e inestabilidad. Es natural que en el proceso de secado se presenten rajaduras, pero debe buscarse un equilibrio y por ello cuidar la elección de las arcillas de modo que no permitan la penetración de la humedad, tanto para los muros como para el interior de las estructuras (madera). Se recomienda el uso de tierras con arcilla poco plástica (o poco activas) y que estén presentes entre un 7% a un 20%.

Mucha arcilla resquebraja la envoltura cuando se seca; poca arcilla no permite adherirlo a la estructura; por ello debe buscarse óptimamente un suelo con 20% de arcillas. En su defecto se pueden buscar otros elementos que aumenten la cohesión y adherencia de la mezcla.

La plasticidad del suelo es, en general, definido por los límites de Atterberg que son el límite líquido y el límite de plasticidad, con los cuales se calcula el índice de plasticidad.

El límite líquido debe ser menor o igual a 50%. Esto se refiere en lenguaje coloquial, a la cantidad de humedad que debe contener la mezcla al ser elaborada y colocada para revestir las técnicas mixtas. Para poder colocar en las estructuras la mezcla de suelos durante el proceso de envoltura de esta piel, se requiere una humedad permanente y es necesario mantenerla durante algunos días mediante rociado cuando las condiciones climáticas lo ameriten (mucho calor o viento) dependiendo del caso.

Cada tipo de estructura puede exigir diferentes índices de plasticidad y algunas requieren diversos límites líquidos, además de algunos materiales que participen en la integración y transición entre la estructura y el revestimiento.

Hays y Matuk (2005) sugieren la selección de tierra con índice de plasticidad entre un 4% a un 11%.

Algunos autores sugieren la siguiente prueba para realizar una selección empírica para cuando se tiene tres o más tipos de tierra disponible:

- tomar una porción de la tierra seca;
- juntar agua y hacer una bola con diámetro aproximado de 3 cm ;
- dejar secar las bolas;
- la mejor tierra es la que la bola presenta menos rajadura.

Si la bola se pulveriza esto significa que la tierra es muy arenosa y no debe ser empleada para el relleno del muro con esta técnica mixta.

Si la bola toma forma y permite hacerla maleable y cuando se seca presenta pocas rajaduras conservando su forma puede ser una tierra apta para las técnicas mixtas.

3.2 – Aditivos

Existen muchos aditivos que pueden mejorar y ayudar a conseguir una envoltura que tenga mayor resistencia mecánica, durabilidad, impermeabilidad y un mejor acabado estético.

Cal viva: en una proporción de un 2% o 3% la cal viva en una tierra arcillosa provoca reducción de su plasticidad y el desmoronamiento de terrones. Evita la contracción del material al secarse y se facilita el trabajo.

Cal aérea apagada: es una práctica difundida, puede reaccionar con ciertas arcillas y provocar un efecto puzolánico que vuelve a las arcillas insensibles al agua. La dosificación varía entre el 6% y el 12% y la reacción depende del tipo de arcillas. En mayor porcentaje actúa como aglomerante mejorando tierras que tengan carencia de arcillas.

Para entramados livianos se puede usar mezclas sin tierra arcillosa, como estas recetas tradicionales que buscan un aditivo de mortero con cal:

arena + estiércol de vaca + cal aérea (1:1:1)

tierra arenosa + paja + estiércol de vaca + cal aérea (2:1:2:1)

3.3 Productos orgánicos

Los productos orgánicos vegetales o animales como grasas, jabones, clara de huevo, taninos, leche cuajada, colas animales, látex vegetales, etc. son utilizados tradicionalmente. En cada lugar hay recursos que pueden ser útiles y se debe evaluar su accesibilidad y costos. En zonas ganaderas abundan algunos, pero en otros lugares los mismos pueden tener costos muy altos, por ello es interesante averiguar tradicionalmente lo que se ha usado en cada lugar para realizar revoques para rellenos y evaluar su conveniencia después de conocer el suelo que se tiene.

La orina de caballo actúa como “dispersante” de la arcilla y favorece la homogeneidad de la mezcla, disminuyendo el riesgo de grietas por encogimiento en el secado y aportando resistencia a la erosión.

3.4 Fibras

Las fibras pueden desempeñar diversos papeles para el relleno. En general, se emplea fibras para mejorar la capacidad de adherencia de la tierra a la estructura auxiliar, y evitar el agrietamiento de las tierras muy arcillosas al secarse. Además, las fibras pueden mejorar las siguientes propiedades de relleno:

- **Ductilidad** – las fibras mejoran la capacidad de resistencia frente a deformaciones elásticas importantes. Las maderas de la estructura crean movimientos y variaciones en las dimensiones de los elementos y suelen crear grietas en los rellenos.
- **Mejoramiento térmico** – las fibras huecas en el barro producen vacíos que aligeran el material y mejoran sus características de aislante térmico.
- **Mejoramiento estructural** – un relleno liviano ayuda en eventualidades sísmicas.

Tipos de fibras

- **Heno** – por sus fibras largas, delgadas y resistentes, brinda una resistencia alta. Las fibras no son huecas y no ocasionan una disminución de densidad. Es adecuado para la técnica de trenzado y para entramados pesados.
- **Paja de trigo** – fibra hueca con un diámetro de cerca 5 mm y es bastante rígida, por ello no se puede mezclar fácil con el barro y es poco dúctil, por eso se usa poco. Es una buena alternativa para mezclas con tierras muy activas pues por su diámetro y por la elasticidad absorbe la expansividad natural de estas tierras sin crear hinchamiento. Se recomienda para entramados livianos unos 5 kg/m³, con fibras de 10 cm a 15 cm de largo.
- **Paja de cebada** – el tallo es menos rígido con resistencia inferior a la del trigo. Mezclada con el barro por la suavidad es fácil de aplicar.

4. Revestimiento

Consiste en un material poroso y sensible a la erosión de las lluvias y a las heladas, por el uso de fibras en la mezcla, la densidad relativamente baja y el tipo de tierra que lo componen. Son usados para la protección externa de los rellenos.

Por ello se usa el revoque (enlucido, repello, estucado, etc.) y el forro (que comprende todo tipo de revestimiento sólido). Los revoques se colocan en estado pastoso sobre el relleno y los forros se fijan a la estructura y son independientes del material de relleno.

Un buen revoque proporciona durabilidad, elasticidad y disminuye la permeabilidad.

Deben realizarse procedimientos para preparar los revoques y lograr que se adhieran a la superficie de contacto y logren un agarre mecánico. Además se deben tener en cuenta la técnica a aplicar y las condiciones ambientales.

Todos los revestimientos requieren algunos pasos previos como la limpieza, mojado, escarificado (textura o grabado), y en algunos casos se pueden usar mallas metálicas (porque dependiendo de las mezclas pueden presentar patologías al oxidar el metal la humedad que mantiene el revestimiento con materiales naturales o suelos).

El revoque a base de tierra cumple con los requisitos de elasticidad y permeabilidad, pero como estos son frágiles a los agentes de erosión, dicha debilidad puede superarse colocándole aglomerantes y aditivos dentro de los límites de compatibilidad entre materiales, tales como cal aérea, pequeñas proporciones de cemento o cal hidráulica, productos estabilizantes, etc. Y también se puede mejorar la granularidad añadiendo arena tanto fina como gruesa.

Receta de revoque tradicional

Arena gruesa	2%;	Arena fina	76%;
Limo	13%;	Arcilla	9%;
Fibras (en peso)	3%.		

5 – Equipamientos y herramientas

Equipos de carpintería: sierra, taladro con equipo completo, cepillo, caladora, formones o gubias, serrucho, segueta, alicate, martillo, billamarquín, destornilladores, escuadra, hachuela, machete, pinzas, para el bambú (guadua) segueta de corte especial.

Equipos de construcción y albañilería: carretillas, palas, cuchara de albañil o palustres, bateas, baldes, nivel, flexometro, manguera, cizalla, llanas, plomadas y demás.

6 – Proceso de producción

La ubicación y uso de la osamenta son determinantes para el proceso de producción y depende de varios criterios que lo propician:

- Según la ubicación de la estructura u osamenta respecto de la estructura maestra
- Según los sistemas constructivos
- Según criterios arquitectónicos
- Según el tipo de osamenta e influencia sobre la colocación de relleno.

6.1 Proceso de rellenos con materiales naturales con tierra

Dependiendo del sistema y de la técnica mixta a usar los rellenos varían. Desde los muy pesados, hasta simplemente otros más simples que son como pieles o coberturas, de un ancho máximo de una pulgada.

Pueden ser colocados de diversas maneras y aplicados como envoltura, llenado, trenzado, balas u horcajadas, embutido, empaste y por proyección mecánica.

Cuando se realizan por embutido (caso de los armazones de tipo lateral y dobles), en los armazones livianos, un relleno a base de tierra tiene el espesor del ancho de la estructura maestra que la recubre< es un relleno pesado y se sugiere que se aliviane. Con osamentas enrejadas al ser doble la reja (caso del *pau a pique* - Brasil) el relleno queda dentro del enrejado y es más estable, estando mejor armado, responde mejor a los esfuerzos dinámicos (sismos y vientos).

En el caso de estructuras maestras con entramados livianos, que son sistemas con elementos mas delgados, los rellenos que se traducen en masa permiten el uso de muy poco material, siendo este relleno un empaste que se sostiene por los entramados vegetales que lo mantienen en su lugar y se adhieren en las caras; por ello el relleno y revestimiento requiere ser elaborado con fibras que le den cuerpo, aunque sea una capa delgada ya que puede fragilizarse y caer por los esfuerzos dinámicos.

La mayoría de las mezclas para relleno están compuestas por tierra, agua y fibras, material que cuando se prepara, en su inicio es mas pesado, mientras de evapora el liquido. La mezcla con fibras colabora en la adherencia y sostén de los rellenos. Estos deben de prepararse previamente y algunas mezclas exigen dejarlas reposar o popularmente dejarlos “durmiendo” con el barro o las arcilla, para que el barro o arcilla se expanda y las fibras se flexibilicen, sean maleables y se integren después integralmente a la estructura.

Pueden ser fibras como el tamo de trigo, o diversos pastos, que se cortan entre 5 cm y 10 cm. En el caso de sistemas como la osamenta rellena con “lulos” o rollos, que tiene fibras mucho más largas, el trabajo exige una preparación previa del pegamento, que son las mismas arcillas casi en estado líquido; pero en general, para los rellenos tienen fibras cortas.

6.2 Proceso de revestimientos

La preparación y proceso técnico para la colocación de los revestimientos, exige controlar y regular las condiciones ambientales. Como los revestimientos tienen como mínimo un índice de humedad del 50%, previamente todos los componentes a los que se adhiere la mezcla (madera, guadua, esterilla o relleno) deben ser humedecidos durante todo el proceso, para facilitar la adherencia y evitar contracciones y problemas en su consolidación. Dependiendo el tipo de revestimiento se sugiere colocar varias protecciones o pieles, preferiblemente colocar entre una a tres capas, cada capa con diferente composición y espesor.

La primera dependiendo del sistema puede ser entre 2,0 cm y una pulgada. La segunda no debe sobrepasar 1,0 cm y la última que debe ser casi líquida como una lechada, tapa las fisuras y microfisuras, brindando el acabado final y en ella puede colocarse un impermeabilizante natural y el color (mineral si se desea) como acabado. Para la preparación de la última capa o revestimiento, se usa estiércol de caballo y de vaca, el cual por sus componentes y su tamaño aporta una textura fina y de calidad, que además al contener fibras (pastos procesados), mantiene la humedad en el proceso de secado y disminuye la retracción, por lo cual las fisuras disminuyen, aunque es normal que aparezcan contracciones que forman microfisuras durante el proceso hecho que puede demorar varios días.

En el caso de la primera capa, la mezcla puede contener más fibras y ellas deben ser de mayor tamaño para que se sujete en las estructuras auxiliar u osamenta. Este suelo debe contener un porcentaje de partículas arcillosas ($\geq 50\%$), previamente disueltas y una cantidad de partículas finas como la arena y limos que permitan la estabilidad. En caso de carencia de arcillas, existen estabilizantes que pueden sustituir su ausencia, pero es necesario realizar previamente el ensayo de granulometría del suelo local.

7 – Actividades especiales y temas vulnerables en las técnicas mixtas

7.1 La cimentación y sobre cimentación

Esta actividad constructiva dependiendo del sistema a usar, exige planificación y estudio previo de acuerdo a las condiciones y uso del material. Las estructuras maestras y portantes no deben exponerse de forma directa a la humedad y para ellos el diseño debe tomar las precauciones para que estas técnicas mixtas estén protegidas y transmitan las cargas a su cimentación.

Existen varias formas de construir técnicamente entre las alternativas.

Sistemas hincados, colocados y apisonados. Esto significa que la construcción debe distanciarse del suelo a través de pilotes, bases, cimientos ciclópeos que sobresalgan del terreno o con algún sistema que distancie la construcción del suelo original y especialmente de la humedad directa.

Sistemas de cimientos que permiten insertar la estructura dentro de un elemento auxiliar estructural más resistentes como es el caso de entubar las maderas colocadas dentro de vasos de otros materiales impermeables que la protejan la humedad y escurran el agua, pero que no concentren la condensación.

Otra forma es colocar las estructuras en el sobrecimiento, con una distancia suficiente del piso original a través de sistemas con apoyos para cada estructura de la técnica mixta que llegue hasta el piso. Estos apoyos o bases pueden ser en concreto o piedra que permitan fijar ya sean platinas, tubos, tipo zapata con anclajes, o elementos que pueden ser prefabricados o contruidos in situ. Se debe estudiar la mejor forma de fijar estos elementos a las estructuras maestras y/o paneles (pensando en la unidad estructural).

Al realizar la excavación, es necesario drenar las aguas que pudiesen afectar de forma directa el piso de la construcción y sobre una base firme o resistente se colocan los elementos de protección e impermeables. Se debe prever para el futuro el dirigir las aguas fuera de la influencia o que afecten la construcción.

7.2 Compatibilidad de los materiales

Otro tema importante es la compatibilidad de materiales, al igual que los empates entre materiales. Es muy importante estudiar y conocer el comportamiento entre los elementos a aparear o unir, se debe realizar la debida protección y recubrimiento a la madera. Por sus características vegetales, al ser un elemento vivo y natural, estas estructuras siempre estarán presentando cambios con las condiciones ambientales del lugar, por lo cual es recomendable prever la unión entre la madera, el bambú y la mezcla de tierra, y para ello se sugiere siempre recubrir la madera o guadua con elementos que ayuden en esta transición tal como mallas metálicas tipo gallinero, clavos o puntillas, papel, alambres o tapas de bebidas y en este modo el metal u otro material sirve de agarre y no expulsa la tierra o el revestimiento, esto debe realizarse en cualquier lugar que este recubriéndose las estructuras de madera o bambú.

7.3 Preservación de los materiales vegetales

La madera, la guadua o bambú, y las cañas son recursos renovables y se pueden renovar indefinidamente, y son materiales capaces de resistir por igual a la tracción y compresión paralela de las fibras.

Al ser materiales naturales y vegetales, son elementos que se mantienen vivos en el tiempo y por lo tanto son vulnerables.

Para el buen uso y la durabilidad debe realizarse un proceso de secado natural o artificial, cuyo objetivo es eliminar el agua y dejarla entre un 14 a 20%. Estos materiales pueden ser atacados biológicamente por los insectos, hongos y perforadores marinos y no biológicos como el fuego, el desgaste mecánico, la acción de la intemperie y los productos químicos. Todos ellos afectan y le disminuyen su calidad.

Para preservar la madera se usan compuestos químicos por tratamientos a presión y con brocha, pulverización, inmersión y baños calientes y fríos.

Las maderas se clasifican por la resistencia y densidad y las hay de mayor a menor (Junta, 1980); el uso se ejecuta de acuerdo a sus propiedades y a las características ambientales de cada lugar.

Para el uso de gramíneas como son los bambúes y las cañas, existen diversos mecanismos de tratamiento, pero uno de los más importantes es producirla y cortarla técnicamente, usarlas en su etapa madura y realizar tratamientos de bajo impacto ambiental. (Caso de inmunización con Bórax y Sulfato de cobre)

Referencias bibliográficas

AIS – Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2001). Comportamiento sísmico del bahareque de guadua y madera. *Boletín Técnico No 56*. Bogotá: AIS.

AIS – Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (1998). NSR 98 – Diseño y construcción sismo resistente. Título E. *Construcciones de vivienda de uno y dos pisos de bahareque encementado de madera y guadua*. Bogotá: AIS

AIS – Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (s.d). *Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado*. Bogotá: AIS. Disponible en:

www.col.ops-oms.org/desastres/docs/bahareque/MANUAL%20BAHAREQUE.pdf

Angel Ospina, C.; Sanchez Gama, C. (1990). El bahareque en la región del Caribe. Módulos 1 a 9. Bogota: FIC; SENA.

Hays, A.; Matuk, S. (2005). Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación con técnicas mixtas de construcción con tierra. *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. Salvador: PROTERRA/HABYTED/CYTED. p. 121-350.

Hays, A.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1986). *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. Lima: Craterre América Latina.

Junta del acuerdo de Cartagena: Cartilla de construcción con madera, 1980; Manual de diseño para maderas, 1984, Manual del grupo andino para la preservación de la madera, 1988. Lima: Proyecto PADT- REFORT. JUNAC.

Marussi Castellán, F. (1989). *Antecedentes históricos de la quincha*. Documento técnico Lima: ININVI – Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda.

ICONTEC – Instituto Colombiano de Normas Técnicas sobre guadua (2006, 2007):

Nº 5300: Cosecha y poscosecha de guadua *Angustifolia* Kunth

Nº 5301: Preservación y secado de la guadua *Angustifolia* Kunth

Nº 5405: Propagación vegetativa de guadua *Angustifolia* Kunth

Nº 5407: Uniones estructurales con guadua *Angustifolia* Kunth

Nº 5525: Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua *Angustifolia* Kunth

NTC. Producción, uso y aplicación de la guadua *Angustifolia* Kunth como material de construcción. Bogota: ICONTEC.

PROTERRA (2003). *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. Salvador: PROTERRA/HABYTED/CYTED.

SENCICO – Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (1987). *Quincha prefabricada, fabricación y construcción. Manual técnico*. Lima: ININVI- SENCICO.

Currículos dos autores

Célia Neves, engenheira civil, mestre em Engenharia Ambiental Urbana, coordenadora da Rede TerraBrasil, membro do Projeto de Investigação PROTERRA/HABYTED/CYTED y da Rede Ibero-americana PROTERRA, pesquisadora do CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento; Universidade do Estado da Bahia; Al. Praia de São Vicente, 40 Vilas do Atlântico 42700-000 Lauro de Freitas-BA – Brasil Tel: (55 71) 3379 3506 Fax: (55 71) 3632 2095 cneves@superig.com.br

Obede Borges Faria, engenheiro civil; mestre em Arquitetura, doutor em Ciências da Engenharia Ambiental, membro do Projeto de Investigação PROTERRA/HABYTED/CYTED e da Rede Ibero-americana PROTERRA, professor da Faculdade de Engenharia de Bauru/UNESP; Av. Eng. Luiz E. C. Coube, 14-01; 17033-360 Bauru-SP – Brasil Tel: (55 14) 9792 5525 obedede@feb.unesp.br e obedede.faria@gmail.com

Ana Paula Milani, engenheira civil, mestre e doutora em Engenharia Agrícola com ênfase em construções e ambiência, membro da Rede Ibero-americana PROTERRA e da Rede TerraBrasil, professora do Departamento de Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Cidade Universitária 79070-900 Campo Grande-MS Brasil. Tel: (55 67) 3345 7478 anamilani@dec.ufms.br; zanapaula@hotmail.com

André Falleiros Heise, arquiteto, mestre em Engenharia Civil pela Unicamp, associado do ABCTerra, professor de projeto da UNIBAN, proprietário da HEISE arquitetura. Tel: (55 19) 8144 2911 andre@abcterra.com.br

Marcio V. Hoffmann, arquiteto e urbanista, mestre em Preservação e Restauração de Patrimônios Históricos pela FAUFBa, membro da Rede Iberoamericana PROTERRA e da Rede TerraBrasil, sócio da FATO arquitetura Ltda. Piracicaba, SP, Brasil. Tel: (55 19) 3433 1573 www.fatoarquitetura.com.br, marcio@fatoarquitetura.com.br

Ramón Aguirre, arquitecto, especialista em abóbadas e coberturas leves de baixo custo, diretor técnico de Arcilla y Arquitectura, membro da Rede Ibero-americana PROTERRA. Instrutor de oficinas em México, Cuba, Argentina, Espanha Guatemala, Uruguay e Colômbia. Atua há mais de 18 anos em pesquisa e construção de abóbadas mexicanas. aguirre30@msn.com

Rodolfo Rotondaro, arquitecto, miembro del Proyecto de Investigación PROTERRA/HABYTED/CYTED y de la Red Iberoamericana PROTERRA, investigador y consultor en tecnología y arquitectura de tierra, profesor de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo/UBA. Pabellón III, 4to piso, Ciudad Universitaria C1428EHA, Buenos Aires, Argentina. Tel: (54 11) 4574 0398 rotondarq@telecentro.com.ar; rodolforotondaro@gmail.com

Projeto Cores da Terra

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Projeto Cores da Terra

Universidade Federal de Viçosa _ Centro de Ciências Agrárias _ Departamento de solos



TERRABRASIL 2008 – São Luís – MA – Brasil

VII Seminário Ibero-americano de Construção com Terra

II Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil

EQUIPE

Prof. Anôr Fiorini de Carvalho: Coordenador

Fernando de Paula Cardoso: Graduando em Arquitetura e Urbanismo

Frederico Acipreste Ferreira: Graduando em Engenharia Civil

Willian Brunoro Fim: Graduando em Engenharia Civil

TEXTO

Fernando de Paula Cardoso

Geanini Hackbardt

FOTOS EM PASTA ANEXA

Arquivo Cores da Terra

A CARTILHA

Esta é a versão provisória da nossa terceira cartilha, que orienta passo a passo a produção de tintas à base de terra, adesivos e água. O processo, apesar de simples, segue uma ordem gradual de complexidade e está dividido em três fases: **A terra ou o solo?/ A tinta/ A pintura**. Para facilitar a compreensão, leia atentamente, planeje seu trabalho e entre em contato para tirar dúvidas e relatar suas experiências. Lembre-se: esta é uma tecnologia social², portanto, de todos!

ÍNDICE

1. Introdução
 2. O que é tinta?
 3. A terra
 4. A tinta de terra
 5. Para a produção da tinta
 6. A produção de quantidades maiores
 7. Por que pintar?
 8. A preparação da superfície
 9. A aplicação da tinta
 10. Dúvidas?
 11. Imagens
- Referências bibliográficas

² Conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida.

1. INTRODUÇÃO

O projeto Cores da Terra

A idéia de utilizar a terra como fonte de pigmentos para a fabricação de tintas surgiu em 1999, das iniciativas de um pintor e um artista plástico viçosenses. As primeiras tentativas resultaram na pintura de algumas paredes e telas. Dado o contato entre tais profissionais e o Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), foi vislumbrada a possibilidade de se resgatar os conhecimentos tradicionais relativos ao barreado, prática comum no meio rural mineiro, que consiste no revestimento ou pintura de paredes com argila pura, geralmente de cor branca, diluída em água e aplicada com pano úmido ou brocha. Para tanto, foi encaminhada em 2005 a proposta de consolidar um projeto via Programa Institucional de Bolsas de Extensão (PIBEX). Aprovado, o projeto “Cores da Terra: Auto-estima, você é quem pinta” constituiu uma equipe composta por docentes e estudantes dos cursos de Agronomia, Arquitetura e Urbanismo, Economia Doméstica e Geografia para dar-se início às primeiras pesquisas e à interação com comunidades tradicionais.

A partir do resgate de conhecimentos, o primeiro passo foi aperfeiçoar a técnica, em função dos fatores que levaram ao seu desuso. A dificuldade de aderência das argilas às superfícies, por exemplo, foi reduzida com a sugestão de se utilizar o grude ou cola de amido, de produção doméstica. E, à medida que os profissionais pintores e membros das comunidades fizeram uso da técnica, surgiram dúvidas e novas propostas relativas à natureza dos materiais utilizados. O PVA, por exemplo, passou a ser utilizado como adesivo — apesar de aumentar os custos econômicos e ambientais do processo — e possibilitou a fabricação de tintas com maior poder de adesão.

Com tais aperfeiçoamentos a técnica passou a ser difundida com a realização de oficinas em comunidades, assentamentos rurais, escolas e eventos em âmbito nacional. A publicação de reportagens garantiu o reconhecimento de “existência” da técnica pela população a partir da veiculação de informações e confecção de cartilhas utilizadas em oficinas e também disponibilizadas em meio digital.

2. O QUE É TINTA?

Os nossos ancestrais perceberam que certos produtos, como por exemplo, o sangue, uma vez espalhados nas rochas deixavam marcas que não desapareciam. Logo estes materiais começaram a ser utilizados para transmitir informações. Com a necessidade de aumentar a durabilidade das pinturas e diversificar as cores, as chamadas pinturas rupestres passaram a utilizar óxidos naturais, abundantes junto à superfície do solo naquele tempo, como os ocre e vermelhos. Para que fosse possível “pintar” era necessário um ligante que pudesse fixar os pigmentos à superfície conferindo alguma durabilidade. A solução foi misturá-los com sebo ou seiva vegetal.

Com o aprimoramento da competência artesanal, começaram a surgir as primeiras ferramentas e equipamentos auxiliares para executar as pinturas, bem como para manufaturar as matérias-primas utilizadas na preparação das tintas. Depois disso, durante milhares de anos, pouco se acrescentou às descobertas iniciais.

Tinta é uma mistura de pigmentos, líquidos e adesivos ou colas. Os pigmentos dão cor, enquanto os líquidos e adesivos servem para dar a fluidez e a viscosidade necessárias para transportar e fixá-las às superfícies. Há vários tipos de pigmentos, líquidos e adesivos que podem ser utilizados na produção de tintas. Os pigmentos e adesivos podem ser de origem mineral, animal, vegetal ou sintética, enquanto os líquidos podem ser água, óleos ou solventes. Vamos aprender a produzir tintas que utilizarão os solos como pigmento, a água como líquido e o grude³ ou PVA⁴ como adesivos.

3. A TERRA OU O SOLO

A terra é o planeta que habitamos, é o meio ambiente total, natural e cultural. A característica principal do planeta terra é seu conjunto de condições únicas e extraordinárias que favorecem a existência e a estabilidade de muitas formas de vida.

³ Cola a base de amidos.

⁴ Poly Vinil Acetate ou cola branca.

O solo

Não é fácil definir solo, pelo fato de ser um material complexo, cujo conceito varia em função da sua utilização. Assim, para o agrônomo ou para o agricultor, ele é o meio necessário para o desenvolvimento das plantas, enquanto para o engenheiro é o material que serve para base ou fundação de obras civis; para o geólogo, é visto como o produto da alteração das rochas na superfície, enquanto para o arqueólogo é o material fundamental para as suas pesquisas, por servir de registro de civilizações do passado; já para o hidrólogo, é simplesmente o meio poroso que abriga reservatórios de águas subterrâneas. Dessa forma, cada uma das especialidades possui uma definição que atende a seus objetivos. Entretanto, existe uma definição simples que se adapta perfeitamente aos propósitos das Ciências da Terra, que considera o solo como o produto do intemperismo, do remanejamento e da organização das camadas superiores da crosta terrestre, sob ação da atmosfera, da hidrosfera, da biosfera e das trocas de energia envolvidas. Mas, para nós, os solos serão tratados como fonte de pigmentos base para a produção de tintas.

A formação do solo

A formação do solo também pode ser chamada de pedogênese e a pedologia é o ramo das Ciências da Terra que o estuda. Como falamos, não é fácil defini-lo, e nem como ele se forma, mas vamos tentar: Se o olharmos muito de perto, com o microscópio, perceberemos milhares de pedacinhos de algumas coisas. Mas, que coisas? Também é difícil definir, mas, tais coisas podem ser minerais, rochas e matéria orgânica. Minerais, rochas e matéria orgânica se transformaram em solo e ainda se transformam. Vamos entender o processo: os minerais são elementos ou compostos químicos cristalizados e formados naturalmente por meio de processos geológicos. Já as rochas são produtos consolidados, resultantes da união natural de minerais. Os minerais formaram as rochas, o que dependeu de milhares de anos, e também foi o tempo um dos fatores que transformaram as rochas em solos. “Água mole e pedra dura, tanto bate até que fura...”, é mais ou menos isso. Mas, não é só isso: há uma série de processos, tais como perda, adição, translocação (mistura) e transformação de matéria. E a matéria orgânica? Pois é, ela também participa desses processos, ajudando a decompor as rochas e transformando tudo isso naqueles pedacinhos que vimos no microscópio.

4. A TINTA DE TERRA

Como falamos, o uso de pigmentos naturais para produção de tintas data da pré-história, com as pinturas rupestres. Naquela época, os pigmentos de origem mineral, como os solos, já eram utilizados. Com o passar do tempo, as técnicas foram aperfeiçoadas e, mesmo assim, os pigmentos minerais permaneceram. Os edifícios históricos, como os de Ouro Preto — MG, foram pintados com tintas à base de silicatos e cal misturados com pigmentos minerais. O que caracterizava as primeiras tintas era a produção artesanal, sustentada por inúmeras técnicas. No interior de Minas Gerais era comum fazer o barreado. A caiçã, por exemplo, também é outra técnica simples, que consiste em aplicar a cal hidratada pura ou misturada com pigmentos sintéticos nas paredes. Muitas das tintas vendidas atualmente ainda utilizam minerais para obter as cores. No entanto, o modo de produzir é que mudou muito. Passaram a utilizar componentes sintéticos, aditivos, etc., com o intuito de melhorar a qualidade do produto, pois, muitas das técnicas tradicionais demandavam manutenção frequente, em função da curta durabilidade. Mas, tais mudanças tornaram as tintas mais caras e dificultaram o acesso à pintura. Portanto, o projeto Cores da Terra resgata e aperfeiçoa as técnicas antigas, de modo a obter tintas baratas, de boa qualidade e que possam ser produzidas com o auxílio dessa cartilha.

5. PRODUÇÃO DA TINTA DE TERRA

Depois de saber um pouco sobre a formação do solo, vamos conhecê-lo. Já sabemos que ele serve a muitas finalidades, sendo uma delas a produção de tintas. Portanto, mãos a obra!

A extração do solo

Primeiro, vamos extrair pequenas amostras, de 1 kg. de solo, aproximadamente. Podemos encontrar boas amostras em barrancos ou cavando buracos e, para isso, vamos precisar de um enxadão, enxada, cavadeira ou pá, e baldes ou sacos. Também é necessário alguns cuidados: para extrair solo em barrancos, faça de modo que não sejam causados desmoronamentos e erosão. Para isso, cave uniformemente, sem fazer buracos na base do barranco. Assim, o barranco continuará firme. Se for cavar o chão, lembre-se de preencher os buracos com outros solos, pedras, etc., pois, isso evitará erosão e acidentes. Lembre-se de coletar amostras em vários pontos, de modo a encontrar uma variedade maior de cores.

A preparação do solo

A preparação consiste em destorroar e peneirar, algo que podemos fazer com a ajuda de um martelo e uma peneira de trama fina, de 2 milímetros, preferencialmente. É importante descartar pedras, raízes e outros materiais, para obter um pó fino e uniforme. Caso o solo esteja molhado, deixe-o secar ao sol.

Os testes de pequenas amostras de solos

Vamos entender os três elementos principais que constituem o solo: a areia, o silte e a argila. Eles são compostos por fragmentos de rochas e minerais e variam entre si em tamanho e forma, sendo a areia a maior partícula, o silte a intermediária e a argila a menor partícula.

Para produzir boas tintas, é ideal obter o máximo de partículas pequenas, no caso silte e argila. No entanto, a quantidade desses elementos varia de solo para solo e é preciso fazer um **teste de sedimentação** para saber quais são as melhores amostras.

Para o **teste de sedimentação**, vamos precisar recipientes de vidro transparentes e com tampa, sal de cozinha, água e as pequenas amostras de solo coletadas.

Primeiro, vamos encher 2/3 do recipiente de vidro com terra e completar com 2 colheres de sal de cozinha e água. Misture durante um tempo e espere, para observar a separação dos elementos da terra. Caso a separação não seja muito evidente, misture outra vez. Caso a separação seja evidente, verifique a proporção de argila, silte e areia. A areia é a primeira camada, que se forma no fundo. O silte é a camada logo acima da areia, e a argila é a última camada a ser formada. Pois bem, para as melhores tintas, as melhores amostras de solo serão aquelas que têm mais argila.

É possível fazer tintas com solos arenosos, porém, a qualidade pode ser comprometida. Vamos lembrar da definição de tinta: “A tinta é uma mistura de partículas de **pigmento finamente divididas...**” Quanto mais finas as partículas, maior o poder pigmentante, ou seja, maior a capacidade de dar cor e aderir às superfícies.

CURIOSIDADE...

De onde vêm as cores que encontramos nos solos? Em geral, encontramos três tonalidades básicas nos solos, que podem ser amarelados, avermelhados ou esbranquiçados. O que dá a cor amarela é a goethita, um oxidróxido de ferro. A cor vermelha vem da hematita, que é um óxido de ferro. E a branca é a caulinita, um argilomineral constituído por silicatos, basicamente.

Agora, faremos **testes com pequenas amostras com água e terra**. Com as pequenas amostras de solo preparadas, vamos avaliar o poder de cobertura e a cor. Para isso, precisaremos de copos descartáveis, pincéis e amostras de solo. Preencha os copos com solo até a metade, complete com água e misture até uniformizar. Depois, aplique sobre a superfície a ser pintada, organizando uma paleta de cores, como nas fotos em anexo. Perceba que quanto mais argiloso, maior o poder de cobertura do solo, ou seja, mais uniforme será a pintura. Já os solos arenosos precisam de mais demãos para cobrir a superfície. Quanto à cor, vai depender das preferências pessoais e é bom lembrar que o que fizemos são testes com os solos e não tintas.

CURIOSIDADE...

Por que a argila se fixa às superfícies mais facilmente que a areia? Devido a sua forma. Veja as fotos da estrutura da argila e da areia em anexo: perceba que a área de contato entre as partículas da argila é muito maior que a da areia, o que faz com que seja mais difícil separá-las.

6. A PRODUÇÃO DE QUANTIDADES MAIORES

Selecionadas as melhores amostras de solo, é hora de voltar a campo e coletar quantidades suficientes para a pintura da superfície escolhida. Para isso, precisamos fazer alguns cálculos: Uma porção de 18 litros de tinta de terra rende de 70 a 90m² por demão, ou seja, uma porção de 18 litros pode cobrir até 90m² de superfície. No entanto, precisamos aplicar 3 demãos, em

média, para obter um bom resultado. Logo, necessitaremos de 54 litros de tinta para cobrir totalmente uma parede de 90m². Veja os cálculos na tabela:

Quantidade de tinta	Área a ser pintada	Número de demãos
18 litros	90m ²	1
54 litros	90m ²	3

Suponhamos que nossa superfície tenha 30m². Logo, sabe-se que uma porção de 18 litros é o suficiente para 3 demãos. Veja o cálculo:

Quantidade de tinta	Área a ser pintada
18 litros	90m ²
? Litros por demão	30m ²

$$18 \times 30 = ? \times 90$$

$$? = \frac{18 \times 30}{90} \quad ? = 6$$

Agora, julgue que nossa parede tenha 60m² e faça o:

Quantidade de tinta	Área a ser pintada
18 litros	90m ²
? Litros por demão	60m ²

$$18 \times 60 = ? \times 90$$

$$? = \frac{18 \times 60}{90} \quad ? = 12$$

Por fim, calcule para a sua parede:

Quantidade de tinta	Área a ser pintada
18 litros	90m ²
? Litros por demão	?m ²

Vamos voltar à coleta das quantidades maiores dos solos selecionados. Supondo que vamos pintar uma superfície de 90m², vamos precisar de 8 kg. de solo preparado para cada 18 litros de tinta. Para isso, use uma balança. Como vamos dar 3 demãos, precisaremos de 24 kg. de solo. Mas, lembre-se: Durante a preparação do solo, uma parte é descartada. Portanto, colete mais que a quantidade calculada, prepare e reserve.

O grude

O grude é uma cola tradicional à base de amido, muito utilizada para colar papel. No entanto, também pode ser utilizada como substância adesiva nas tintas de solos. O amido é formado por duas substâncias chamadas amilose e amilopectina. Estas substâncias encontram-se unidas por interações muito fortes e por isso, a água na temperatura ambiente não consegue romper essa união, pois, o amido é pouco solúvel em água. No entanto, o calor ou a soda cáustica conseguem enfraquecer as interações entre a amilose e a amilopectina, permitindo que a água não somente dissolva o grânulo de amido, mas também se ligue a ele formando uma pasta que conhecemos por grude ou cola de amido.

A produção do grude

Para uma porção de 18 litros de tinta, vamos produzir 10 litros de grude. Precisaremos de 2 baldes com capacidade de 20 litros, 10 litros de água, 600 gramas de polvilho azedo peneirado, 100 gramas de soda cáustica com 98% de pureza, 1 copo de medidas, 1 colher de pau, 1 balança, luvas, óculos e máscaras de proteção.

Divida os 10 litros de água em duas porções, sendo uma de 6 e outra de 4 litros, e distribua nos baldes. No balde com 6 litros, adicione os 600 gramas de polvilho azedo peneirado e misture até uniformizar. No balde com 4 litros, adicione os 100 gramas de soda cáustica, mas, antes, coloque as luvas, os óculos e a máscara de proteção, pois, a soda cáustica é tóxica. Misture com a colher de pau até diluir. Depois, adicione a soda diluída lentamente a mistura de água e polvilho. Misture vigorosamente enquanto a soda é adicionada e em pouco tempo o resultado será o grude ou cola de amido, de aspecto transparente.

CURIOSIDADE

É possível produzir grude sem soda cáustica? Sim, basta levar a mistura com as mesmas proporções (10 litros de água e 600 gramas de polvilho azedo) ao fogo e mexer vigorosamente sem deixar que sejam formados grumos, que podem comprometer a qualidade da tinta.

A produção de tinta com terra e grude

Para produzir uma porção de 18 litros de tinta com solo e grude, basta misturar 10 litros de grude com 8 kg de solo até obter uma substância uniforme.

O PVA ou cola branca

O PVA (Poly Vinil Acetate) é um polímero sintético, substância que possui moléculas de grandes dimensões, resultado da união de uma série de pequenas unidades chamadas monômeros. No caso do PVA, esse polímero fica disperso numa solução aquosa viscosa que chamamos de cola. Há vários tipos de cola à base de PVA, classificadas de acordo com o uso. Muitas das tintas industrializadas que conhecemos utilizam o PVA como adesivo, assim como se utiliza o PVA para colar madeira, papel, etc. Para o caso das tintas, o PVA mais indicado é aquele utilizado para colar madeira, pois, pode garantir maior qualidade para a tinta e durabilidade para a pintura.

A produção de tinta com terra, água e cola branca

Para produzir uma porção de 18 litros de tinta com solo, PVA e água, precisaremos de 1 balde com capacidade de 20 litros, 1 balança tipo dinamômetro, 1 colher de pau, 4kg de PVA (cola branca), 8 litros de água e 8kg de solo. Separe em um balde 4 litros de água e adicione 4kg de solo. Misture bem e adicione mais 2 litros de água e o restante do solo. Continue a misturar. Quando obtiver uniformidade, adicione os 4 kg de PVA, lave o recipiente de cola com o restante da água e a adicione a mistura, mexendo até uniformizar.

7. POR QUE PINTAR?

As tintas imobiliárias, objeto dessa cartilha, são utilizadas no revestimento de edificações conferindo-lhes simultaneamente proteção contra as intempéries, embelezamento, boa distribuição da luz e higiene. Para o caso da alvenaria, a pintura evita o esfarelamento, a absorção de água da chuva e da sujeira, o desenvolvimento do mofo e de algas, etc., além de ser importante na decoração de ambientes, pois, permite acabamentos com uma ampla variedade de cores, de textura e brilho.

Preparação da superfície e pintura

A preparação da superfície tem que ser bem feita, para proporcionar limpeza completa com remoção de materiais estranhos ou contaminantes e criar condições adequadas para que a pintura tenha qualidade e durabilidade. A superfície deve estar firme, coesa, limpa, seca, sem poeira, gordura, graxa, sabão ou mofo. E a pintura tem que ser planejada de modo a evitar desperdício e respeitar o tempo de secagem das demãos.

8. A PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

A seguir, descreveremos os exemplos mais comuns de tratamento de superfícies, com sugestões gerais e adequadas para a aplicação de pinturas convencionais em alvenaria.

- Reboco novo: aguardar a secagem e cura (28 dias no mínimo);
- Manchas de gordura ou graxa devem ser eliminadas com água e sabão;
- Partes mofadas devem ser eliminadas, lavando-se com uma mistura de 1 medida de água sanitária por 2 medidas de água pura. Espere 4 horas, enxágüe e aguarde a secagem. Esta operação deve ser repetida até a eliminação total do mofo;
- Imperfeições profundas do reboco/cimentado devem ser corrigidas com argamassa de cimento;
- Concreto novo: aguardar a secagem e cura (28 dias no mínimo). Aplicar uma demão de selador;

- Superfícies caídas e superfícies com partículas soltas ou mal aderidas: raspar com espátula e/ou escovar com escova de aço a superfície eliminando as partes soltas e aplicar o selador;
- As imperfeições rasas da superfície devem ser corrigidas com massa corrida;

O selador

O fundo do revestimento, ou selador, é fundamental para maximizar a adesão de novos revestimentos e garantir o brilho e o bom acabamento. Como regra geral, deve ser aplicado em qualquer superfície que não tenha sido previamente pintada, principalmente naquelas muito porosas ou cuja porosidade seja desigual. Mas, é preciso comprar? Não, com as próprias tintas que produzimos podemos preparar o fundo para a pintura. Para isso, vamos precisar diluir a tinta na proporção de 1 medida de tinta para 1 medida de água, misturar bem e aplicar com rolo de lã alta.

A aplicação do selador

O primeiro passo para a boa pintura de paredes é a preparação da superfície, assim como mostramos. Aplique uma demão de água pura com o rolo na parede. Isso é importante porque a parede seca absorve muito rapidamente a água presente no selador e faz com que ele perca sua função. Aplicando água pura, o selador será absorvido uniformemente e não teremos problemas. O ideal é aguardar 3 horas para a pintura.

9. A APLICAÇÃO DA TINTA

Agora, faremos outra diluição na proporção de 2 medidas de tinta para 1 de água. Misture bem, despeje numa bandeja baixa ou lata retangular. Forre o piso com jornais ou lona para protegê-lo de respingos e vamos à pintura! Encharque o rolo de lã alta, deixe escorrer o excesso e pinte sempre de baixo para cima, para evitar desperdício. Com o pincel, pinte aqueles pontos que o rolo não alcança, como cantos e frestas. Aguarde mais 3 horas para a segunda demão.

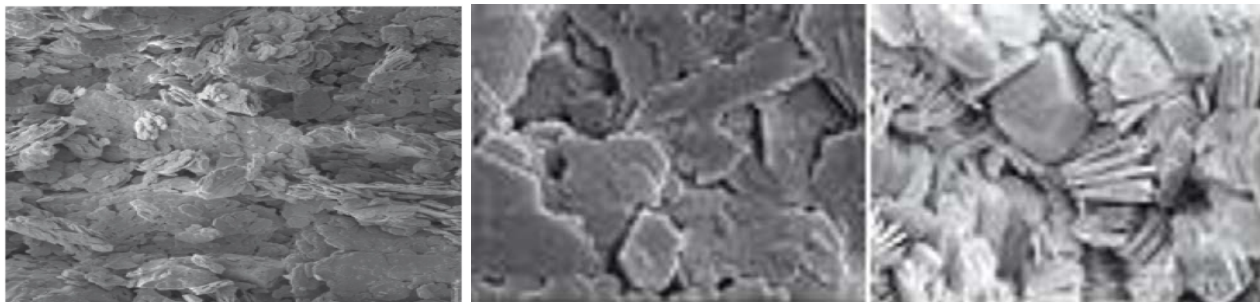
Aplique a segunda demão assim como a primeira, espere mais 3 horas e aplique a terceira demão. Geralmente, três demãos são suficientes, mas, caso perceba manchas ou a necessidade de aplicar mais tinta até obter o resultado desejado. A última demão é aquela em que fazemos o acabamento da pintura, portanto faça-a com mais cuidado.

10. DÚVIDAS?

O Centro de Ensino a Distância (CEAD/UFV) oferece um curso on-line para os interessados em aprender passo a passo e com explicações mais detalhadas o processo de produção de tintas de terra. Basta acessar <https://www2.cead.ufv.br/espacoProdutor/scripts/inicio.php> e acompanhar cada módulo do curso. E, para tirar dúvidas e/ou relatar suas experiências, entre em contato via e-mail coresdaterra@ufv.br ; afiorini@ufv.br ou fernando.cardoso@ufv.br, ou pelo telefone (031) 3899 1049.

11. IMAGENS

11.1 A formação do solo



Aspecto das argilas

11.2 Amostras de solos



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, Fernando P; CARVALHO, Anôr F. **Projeto Cores da Terra: Resgate, Aperfeiçoamento e difusão da técnica do barreado.** Viçosa, UFV, 2008.

CURI, Nilton. **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas, SP. Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1993.

FAZENDA, Jorge M. R. **Tintas imobiliárias de qualidade: o livro de rótulos da ABRAFATI.** São Paulo. Editora Blucher, 2008.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento.** Rio de Janeiro, 2004.

GATTI, Thérèse H; OLIVEIRA, Daniela; CASTRO, Rosana. **Materiais em artes: manual para manufatura e prática.** Brasília: Secretaria de Estado de Cultura do DF: Fundo de Arte e Cultura — FAC, 2007.

LENGEN, Johan van. **Manual do arquiteto descalço.** Porto Alegre: Livraria do Arquiteto; Rio de Janeiro: TIBÁ, 2004.

MEYER, Ralph. **Manual do artista de técnicas e materiais.** São Paulo. Martins Fontes, 1999.

MUGGLER, Cristine C; CARDOSO, Irene. M; RESENDE, Mauro; FONTES, Maurício P. F; ABRAHÃO, Walter A. P; CARVALHO, Anôr F. **Conteúdos básicos de geologia e pedologia.** Viçosa, UFV, 2005.

TEIXEIRA, Wilson; TOLEDO, M. Cristina; FAIRCHILD, Thomas; TAIOLI, Fábio. **Decifrando a terra.** São Paulo. Oficina de Textos, 2000. Reimpressão, 2001.

TerraBrasil 2010 teve como tema principal **educação, capacitação e transferência da tecnologia de terra**, objetivando a discussão de programas de formação técnica, sensibilização, treinamento e disseminação da construção com terra, com vistas à melhoria na qualidade de vida, tanto por abordar os aspectos de economia, higiene e saúde, mas também por capacitar para atividades ligadas a gestão, produção, comercialização, qualidade, planejamento e organização comunitária ou associativismo/empreendedorismo/ cooperativismo.

Foram apresentados 49 trabalhos, distribuídos pelos seguintes temas:

- 1) *Materiais e técnicas de construção;*
- 2) *História, conservação e patrimônio;*
- 3) *Arquitetura contemporânea;*
- 4) *Ensino, formação e capacitação; e,*
- 5) *Sustentabilidade da construção com terra.*