



Argus Caruso Saturnino

Pesquisa do objeto nos domínios situacional e cultural:

**Uma viagem por construções
de terra crua e fibras naturais**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design.

Orientador: Prof. José Luiz Mendes Ripper

Rio de Janeiro

Abril de 2013



Argus Caruso Saturnino

Pesquisa do objeto nos domínios situacional e cultural:

**Uma viagem por construções
de terra crua e fibras naturais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. José Luiz Mendes Ripper

Orientador

Departamento de Artes & Design - PUC-Rio

Profa. Luiza Novaes

Departamento de Artes & Design - PUC-Rio

Prof. Carlos Francisco Theodoro Machado Ribeiro Lessa

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Profa. Denise Berruezo Portinari

Coordenadora Setorial do Centro de Teologia
e Ciências Humanas – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 15 de Abril de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade, do autor e do orientador.

Argus Caruso Saturnino

Arquiteto e Urbanista, graduado em 2001 pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Ficha Catalográfica

Saturnino, Argus Caruso

Pesquisa do objeto nos domínios situacional e cultural : uma viagem por construções de terra crua e fibras naturais / Argus Caruso Saturnino ; orientador: José Luiz Mendes Ripper. – 2013.

179 f. : il.(color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes e Design, 2013.

Inclui bibliografia

1. Artes e design – Teses. 2. Arquitetura. 3. Bioconstrução. 4. Sustentabilidade. 5. Terra crua. 6. Fibras naturais Design. 7. Fibrobarro. I. Ripper, José Luiz Mendes. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Artes e Design. III. Título.

CDD:700

Agradecimentos

Ao meu orientador, professor José Luiz Mendes Ripper, pelo estímulo e pela dedicação para a realização deste trabalho.

Ao CNPq e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos meus colegas do LILD, pelo companheirismo e apoio - Arísio Rabin, Daniel Malaguti, João Rivera, Júlia Teles, Marcelo Fonseca, Márcio Lazaroni, Mariana Malaguti, Patrick Stoffel, Pedro Leonardo de Melo, Reny Horokoski, Roberto Takao, Tiago Souza, Vicente Jesus, Vitor Menezes e Walter Teixeira - em especial aos colegas Lucas Ripper e João Victor de Melo, pelo empenho em ler e criticar esta Dissertação.

Ao Mariano, ao Antônio Messias da Silva, ao Giuliano Balsani e ao Cid Antunes, funcionários dos laboratórios, que muito me ajudaram e ensinaram.

À professora Rita Couto, aos arquitetos Ricardo Piva, Habib Ghattas e Thiago Ferreira, pelas críticas no texto.

Ao professor Alberto Cipiniuk, pelo conhecimento.

À Marlene Gomide e Rosely, pelo empenho em revisar o texto.

Ao Marcelo Bueno, do Instituto de Permacultura da Mata Atlântica, ao Johan Van Lengen, do TIBÁ, ao Canrobert, da Ecofazenda João de Barro e a todos de Terra Una, pelo aprendizado que recebi em seus cursos.

Ao Pedro Freitas, da Embrapa Solos, pelos testes.

À minha família, por tudo.

Resumo

Saturnino, Argus Caruso; Ripper, José Luiz Mendes. **Pesquisa do objeto nos domínios situacional e cultural: Uma viagem por construções de terra crua e fibras naturais.** Rio de Janeiro, 2013. 179p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A dissertação consiste em um estudo sobre tecnologias de baixo impacto, utilizando materiais como terra crua, fibras e resinas vegetais. Insere-se na linha de pesquisa do Laboratório de Investigação em Livre Desenho (LILD), do Departamento de Artes & Design da PUC-Rio. O objetivo do estudo é o desenvolvimento de objetos adotando metodologia do LILD, e sua experimentação em dois domínios: o de laboratório, que chamamos *situacional*, e o físico e social, destinado à observação do objeto em uso, que chamamos *cultural*. Na passagem de um domínio para o outro, o objeto fica sujeito a uma diversidade de interações. No domínio *situacional*, os conhecimentos existentes sobre a permeabilidade ao ar e a transferência de calor são aprofundados. Formas com estruturas internas alveolares de barro, para funcionar como unidades de vedações arquitetônicas, são estudadas e diferentes acabamentos são experimentados. No domínio *cultural*, envolvendo locais como Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, são observados os aspectos de atividades conviviais (termo de Ivan Illich, 1976), em que, nas ações de construção, está embutido o aprendizado. Diversas experiências são relatadas, todas envolvendo o uso de materiais como terra crua, fibras naturais e resinas naturais, no desenvolvimento de atividades de construção de uma cobertura e de um forno de barro; restauração de uma capela com estrutura geodésica; construção de um minhocário com estrutura treliçada; construção de um túnel em fibrobarro e reforma de um apartamento. Um levantamento fotográfico, sobre técnicas construtivas vinculadas a estes materiais no mundo, se encontra no apêndice. As habitações são vistas não somente sob o enfoque antropológico e construtivo, mas também sob a observação *in loco* do autor, em sua volta ao mundo de bicicleta.

Palavras-chave

Arquitetura; bioconstrução; sustentabilidade; terra crua; fibras naturais design; fibrobarro.

Abstract

Saturnino, Argus Caruso; Ripper, José Luiz Mendes (Advisor). **Study of the object under situational and cultural domains: A journey across raw earth and natural fiber constructions.** Rio de Janeiro, 2013. 179p. MSc. Dissertation - Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This dissertation consists in one study on low-impact technologies that use materials such as raw earth, fibers, and vegetal resins. It is part of the research line from PUC-Rio's Department of Arts & Design's Laboratory for Investigation in Living Design (LILD). The purpose of this study is the development of objects adopting the LILD's methodology, in which objects are analyzed under two domains: the laboratory, called *situational*, and the physical-social, encompassing the use of the object, called *cultural*. When passing from one domain to the other, the object stays under a diversity of its interactions. The analysis of the situational domain furthers the existing knowledge on air permeability and heat transfer through in-lab analyses of honeycomb-shaped clay structures serving as architectonic sealing units as well as experiments with various finishing options to the clay-fiber surface. On the other hand, the aspects of conviviality activities – term by Ivan Illich, 1976, in which learning is enclosed in construction endeavors – are explored in *cultural* domains located in Rio de Janeiro, Minas Gerais, and Sao Paulo. Several experiences are reported, all of them involving the use of materials like raw earth, and natural fibers and resins, for the development of activities such as the construction of a shelter, a clay oven, and a clay-fiber tunnel, the restoration of a geodesic-structured chapel, the construction of a lattice-structured worm farm, and the renovation of an apartment. The appendix includes a photographic study of construction techniques associated with these materials across the world. Dwellings are seen not only under an anthropologic and construction perspective, but also through the author's point of view on site during his bicycle tour around the world.

Keywords

Architecture; construction; sustainability; earth; bamboo; fibers; design; clay-fiber.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
1.1. Sobre o percurso	15
1.2. Domínio situacional e domínio cultural	16
1.3. Contextualização	17
A construção com terra crua no mundo	17
A construção com terra crua no Brasil	22
1.4. Objeto de estudo	25
1.5. Metodologia	26
1.6. Questões	27
1.7. Hipótese	27
1.8. Objetivo geral	27
1.9. Justificativa	28
2 EXPERIMENTOS NO DOMÍNIO SITUACIONAL	29
2.1. Objetivo específico	29
2.2. Relatório: Permeabilidade ao ar e transferência de calor em cascas de vedação	29
Antecedentes	30
Construção da fôrma de gesso	32
Elaboração das cascas de vedação	34
Coleta de dados - transferência de calor	38
Coleta de dados - permeabilidade ao ar	42
2.3. Relatório: Formas com estruturas internas alveolares	46
Antecedentes	46
Construção da fôrma de gesso	49
Elaboração da casca estrutural em fibrobarro e resina	50
2.4. Relatório: Fibrobarro - Acabamentos de superfície	53
Antecedentes	54
Construção das fôrmas de gesso	56
Elaboração dos potes em fibrobarro	59
Testes de diferentes acabamentos	62
3 USO DO OBJETO NO DOMÍNIO CULTURAL	65
3.1. Objetivo específico	65

3.2. Relatório: Estrutura tensionada de cobertura (Formoso, São José do Barreiro, SP)	65
3.3. Relatório: Forno imediato em fibrobarro (Formoso, São José do Barreiro, SP)	74
3.4. Relatório: Capela com estrutura geodésica (Andrelândia, MG)	79
3.5. Relatório: Túnel em fibrobarro utilizado para exposição na PUC-Rio	86
3.6. Relatório: Minhocário na horta comunitária Jardim Anil (Rio de Janeiro, RJ)	94
3.7. Relatório: Reforma do interior de um apartamento em Botafogo (Rio de Janeiro, RJ)	101
Sobre o apartamento	102
Objetivos específicos	104
Paredes	105
Pisos	121
Reflexões	126
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
O tempo da construção	128
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
6 APÊNDICE	135
Levantamento fotográfico de edificações pelo mundo	135

Lista de figuras

Figura 1	Partes da muralha da China foram feitas com terra crua. Foto: Gwydion Williams	18
Figura 2	Cidade de Shibam, Iémen. Foto: Jaysegul Tastaban	18
Figura 3	Mesquita de Djenné, República do Mali. Foto: Andy Gilham	19
Figura 4	Casa em taipa de pilão em Medellin, Colômbia © A. Jesus Antonio Moreno, Fundacion Tierra Viva / Mauricio Patino. (Rousseaux, 2009)	20
Figura 5	Muro de taipa de pilão - Nk'mip Desert Cultural Centre - Canadá © DR (Rousseaux, 2009)	20
Figura 6	Muro curvo em taipa de pilão, hospital de Feldkirch - Áustria © Martin Rauch / Andreas Krewet (Rousseaux, 2009)	21
Figura 7	Escola em Rudrapur, Bangladesh, construída em mutirão. Anna Heringer, Eike Roswag (anna-heringer.com)	21
Figura 8	Detalhe do alvéolo escolar (anna-heringer.com)	21
Figura 9	Entrada do LILD, em 2012. Foto do autor	24
Figura 10	Reunião no LILD, em 2012. Foto do autor	24
Figura 11	Dispositivos do experimento. Foto do autor	30
Figura 12	Elaboração de diversas esferas em fibrobarro para experimentar o material. Foto do autor	31
Figura 13	Testes de moldagem em fôrmas de gesso e vidro. Foto do autor	32
Figura 14	Resultados insatisfatórios com os testes em fôrma de vidro. Foto do autor	32
Figura 15	Etapas da elaboração da fôrma de gesso. Foto do autor	32
Figura 16	Misturando o sisal e a terra crua diretamente na fôrma. Foto: Equipe LILD (2011/12/13)	35
Figura 17	Moldando o fibrobarro na fôrma de gesso. Foto: Equipe LILD (2011/12/13)	36
Figura 18	Lixando a superfície do fibrobarro. Foto do autor	36

Figura 19	Resinando a casca de fibrobarro. Foto: Equipe LILD (2011/12/13)	37
Figura 20	Colando com resina de mamona os bicos de câmara de ar nas cascas. Foto do autor	37
Figura 21	Execução das medições de temperatura. Foto do autor	38
Figura 22	Compressor elétrico e pressurização da esfera de gesso com a bomba manual. Foto do autor	42
Figura 23	Vista microscópica dos grãos de areia unidos pela argila e água. (Fontaine & Anger, 2009)	46
Figura 24	Técnicas de construção com terra (Exposição Ma terre première, 2010). Foto do autor	47
Figura 25	Modelos experimentais, em escala reduzida, feitos com plastilina. Foto do autor	47
Figura 26	Estudo de formas estruturais biomiméticas com fibrobarro. Foto do autor	48
Figura 27	Fôrma de gesso. Foto do autor	49
Figura 28	Fibrobarro ainda molhado na fôrma de gesso. Foto do autor	51
Figura 29	Primeira metade do objeto logo após ser desenformado. Foto do autor	51
Figura 30	Casca em fibrobarro antes e depois de passar a resina. Foto do autor	52
Figura 31	Prototipagem em 3D utilizando impressora por processo de adição. Foto do autor	53
Figura 32	Acabamentos em superfícies de fibrobarro Foto do autor	54
Figura 33	Testes de acabamentos realizados em objetos referentes aos capítulos anteriores. Foto do autor	55
Figura 34	Testes de acabamentos realizados em objetos referentes aos capítulos anteriores. Foto do autor	55
Figura 35	Testes de acabamentos realizados em objetos referentes aos capítulos anteriores. Foto do autor	56
Figura 36	Uso de detergente na superfície, para servir de desmoldante. Foto: Vera Azevedo	57
Figura 37	Aplicação do coat, primeira camada de gesso. Foto do autor	58

Figura 38	Fôrmas de gesso. Foto do autor	58
Figura 39	Terra crua, já em formato de tijolo, antes de entrar no forno. Foto do autor	59
Figura 40	Dissolvendo a terra crua. Foto: Equipe LILD	60
Figura 41	Potes de fibrobarro ainda sem acabamento. Foto do autor	61
Figura 42	Resultados dos diferentes testes de acabamentos de superfície Foto do autor	63
Figura 43	Local da montagem da cobertura. Foto do autor	66
Figura 44	Gestual na limpeza e corte do bambu. Foto do autor	67
Figura 45	Detalhe do gestual no corte do bambu. Foto do autor	67
Figura 46	Primeiras tentativas de fazer os nós, para o transporte dos bambus. Foto do autor	68
Figura 47	Utilização de alça e torniquete para fazer o nó e transportar os bambus. Foto do autor	68
Figura 48	Detalhe do nó, utilizando alça e torniquete. Foto do autor	69
Figura 49	Método de transporte dos bambus. Foto do autor	69
Figura 50	Armazenamento dos bambus. Foto do autor	70
Figura 51	Convívio na casa onde a equipe pernoitava. Foto do autor	71
Figura 52	Ambiente de trabalho. Foto do autor	71
Figura 53	Modelo do telhado em escala reduzida feito por Patrick Stoffel. (Stoffel, Correia de Melo & Ripper, 2013) Foto do autor	72
Figura 54	Detalhe da proteção da extremidade dos feixes de bambu. Foto do autor	72
Figura 55	Detalhes do acabamento dos feixes estruturais de bambu. Foto do autor	74
Figura 56	Terra misturada com fibras, pronta para ser utilizada no forno. Foto: Equipe LILD (2011/12/13)	75
Figura 57	Fogão sendo utilizado com a terra ainda úmida. Foto do autor	75
Figura 58	Forno feito ao lado do fogão. Foto do autor	77
Figura 59	Fogão sendo observado pelo professor Ripper. Foto do autor	78

Figura 60	Paulinho e o professor Ripper. Foto do autor	79
Figura 61	Coleta dos bambus perto da capela. Foto do autor	80
Figura 62	Corte dos bambus e preparo dos cabos para as amarrações. Foto do autor	81
Figura 63	Preparo das peças antes de iniciar a montagem na geodésica. Foto do autor	81
Figura 64	Equipe, no domínio cultural, ao analisar o modelo em escala reduzida da capela. Foto do autor	82
Figura 65	Trabalho de amarração dos bambus. Foto do autor	83
Figura 66	Amarração, utilizando o giro no domo geodésico. Foto do autor	83
Figura 67	Detalhe da amarração, utilizando alça e torniquete. Foto do autor	84
Figura 68	Equipe em análise da estrutura. Foto do autor	84
Figura 69	Vista geral da estrutura da capela. Foto do autor	85
Figura 70	Capela finalizada. Foto: Equipe LILD	85
Figura 71	Estudo, em escala reduzida, da forma catenária que determinou a forma do túnel. Foto do autor	87
Figura 72	Modelo em escala reduzida de um módulo do túnel. Foto do autor	88
Figura 73	Equipes divididas entre os trabalhos de amarrações das tramas e o fibrobarro. Foto do autor	88
Figura 74	Soltando as fibras dos feixes de sisal. Foto do autor	89
Figura 75	Preparo das placas de fibrobarro. Foto do autor	89
Figura 76	Preparo das placas de fibrobarro. Foto do autor	90
Figura 77	Vários bambus foram utilizados temporariamente, para manter a curva do túnel até a secagem completa do fibrobarro. Foto do autor	90
Figura 78	Execução do túnel, faltando o módulo central. Foto do autor	91
Figura 79	Túnel finalizado. Foto do autor	91
Figura 80	Túnel no dia da inauguração da exposição. Foto do autor	92
Figura 81	Desmontagem do túnel. Foto do autor	92
Figura 82	Na desmontagem, as placas de fibrobarro foram enroladas para ser reutilizadas em outra exposição. Foto do autor	93

Figura 83	Professor Ripper e dona Dirce, líder da comunidade, trocando informações. Foto do autor	96
Figura 84	Membros da comunidade, estudantes e professores, trabalhando em conjunto. Foto do autor	98
Figura 85	Detalhe da execução das mantas de fibrobarro. Foto do autor	98
Figura 86	Modelo em escala reduzida, feito em domínio situacional de laboratório (Yamaki, 2012), com a opção inicial de duas cúpulas catenárias. Foto do autor	99
Figura 87	Membros do Anil em visita ao túnel (descrito anteriormente), na PUC-Rio. Foto do autor	100
Figura 88	Minhocário, agosto de 2012. (Correia de Melo, Yamaki & Ripper, 2012)	100
Figura 89	Início da obra no apartamento. Foto do autor	103
Figura 90	Equipamentos. Foto do autor	104
Figura 91	Paredes do apartamento sem reboco. Foto do autor	105
Figura 92	Primeiros testes de reboco. Foto do autor	106
Figura 93	Teste de chapisco com terra e areia. Foto do autor	107
Figura 94	Teste de reboco com PVA. Foto do autor	108
Figura 95	Massa de terra crua descansando. Foto do autor	109
Figura 96	Assentando eletrodutos. Foto do autor	110
Figura 97	Assentando quadro de disjuntores. Foto do autor	111
Figura 98	Eletrodutos assentados com terra e sisal. Foto do autor	112
Figura 99	Problemas com a fixação das caixas. Foto do autor	113
Figura 100	Sisal e cola para melhorar a fixação das caixas elétricas. Foto do autor	114
Figura 101	Terra nos rejuntas. Foto do autor	115
Figura 102	Divisão das terras peneiradas. Foto do autor	116
Figura 103	Fissuras no reboco. Foto do autor	116
Figura 104	Reboco de terra. Foto do autor	117
Figura 105	Testes de reboco fino com areia, terra e cal. Foto do autor	119
Figura 106	Teste de pintura com argila. Foto do autor	120
Figura 107	Pintura com cal. Foto do autor	121
Figura 108	Misturando a massa do piso. Foto do autor	124

Figura 109	Problema no piso causado pela roda de silicone. Foto do autor	125
Figura 110	Piso acabado ainda sem cera. Foto do autor	125

Lista de ilustrações

Ilustração 1	Corte indicando a locação dos fios termopar dentro da casca.	39
Ilustração 2	Croquis da sugestão do experimento com a vela.	43
Ilustração 3	Croquis da sugestão do experimento para medição de permeabilidade ao ar.	45

Lista de gráficos

Gráfico 1	Medidas da superfície das cascas, no dia 22/11/2012.	39
Gráfico 2	Medidas do interior das cascas, no dia 22/11/2012.	40
Gráfico 3	Medidas da superfície das cascas, no dia 17/12/2012.	41
Gráfico 4	Medidas do interior das cascas, no dia 17/12/2012.	41

1 INTRODUÇÃO

1.1. Sobre o percurso

Onde me graduei, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), até o momento da minha formatura, em 2000, não existia nenhuma matéria no curso que tratasse da terra crua como material construtivo. Foi ensinado como utilizar o concreto armado, o ferro e a madeira.

Entre 2001 e 2005, realizei uma volta ao mundo de bicicleta e tive contato com diversas casas construídas com materiais naturais. Nesse percurso, foi plantada a semente para um aprendizado que se aprofundou com diversos cursos feitos, quando voltei para o Brasil - Instituto de Permacultura da Mata Atlântica, Tibá, Educação Gaia, dentre outros.

Em 2006, mudei-me para o Rio de Janeiro, para trabalhar com construção e arquitetura, usando materiais e técnicas convencionais.

Algumas pessoas comentaram sobre um professor que havia feito uma bicicleta de bambu, na PUC-Rio. Fui procurá-lo. Quando conheci o Laboratório de Investigação em Livre Desenho (LILD), do Departamento de Artes & Design da PUC-Rio, vi, pela primeira vez, uma parede de terra crua construída dentro de uma universidade. Conheci o professor Ripper e, a partir daquele dia, comecei a fazer visitas esporádicas ao LILD. Fiquei interessado nos temas ali estudados e, principalmente, na metodologia experimental aplicada. O interesse cresceu e culminou com meu ingresso no curso de Mestrado.

Ao iniciar o Mestrado, em 2011, imaginei escrever sobre as diversas técnicas de construção com terra crua existentes - pau-a-pique; adobe; taipa de pilão; barro telado; cob etc. - e sobre as qualidades que possuem as casas feitas com estas técnicas - ventilação, controle de umidade etc. Mas logo percebi a infinidade de trabalhos científicos (Dethier, 1983. Doat et all, 1979. Easton, 2007. Fathy, 1982. Fontaine & Anger, 2009. Houben & Guillaud, 2005. May, 2010. Minke, 2006. Pignal, 2005. Rauch & Kapfinger, 2002. Rijven, 2008. Steele, 1997. Vélez, 2000. Weismann & Bryce, 2010), que já demonstraram que, além de mais

saudáveis, as casas construídas dessa forma também colaboram, significativamente, para diminuir o impacto ambiental que a construção civil convencional provoca. Enfim, o que pensava inicialmente escrever, já está escrito, basta ler os livros existentes.

Mas exatamente por causa da existência de toda essa bibliografia, algumas dúvidas ficaram ainda mais pertinentes. Se tantos pesquisadores escreveram sobre as qualidades de uma construção com terra crua, por que esta é tão pouco utilizada na construção civil atual? Como se dá esta lacuna entre a técnica e o uso do objeto? Eu trabalhava há mais de dez anos na construção civil convencional - usando concreto armado, cimento, aço, pinturas sintéticas etc. - e percebia no dia a dia a dificuldade de implantar qualquer técnica ou material não convencional nessas obras. Como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ainda não possui normas para a aplicação da terra crua na construção civil, assumir a responsabilidade sobre a aplicação de qualquer material ou técnica, sem possuir essas normas, acaba sendo um grande complicador. Apesar dos meus estudos e da minha paixão pelas técnicas descritas nesta dissertação, foram raríssimas as oportunidades que tive de fazer trabalhos com terra crua, no mercado onde atuo. O grande desafio é conseguir que essas técnicas e esses materiais sejam realmente colocados em prática.

O LILD forneceu-me ferramentas preciosas para esse desafio. Da própria vivência com os experimentos surgiu o tema abordado nesta dissertação - pesquisa do objeto nos domínios *situacional* e *cultural* - onde busquei entender melhor as interações do objeto, quando inserido em seu local de uso, nos ambientes físico e social.

1.2. Domínio situacional e domínio cultural

Um experimento realizado dentro de um laboratório está sujeito a um ambiente controlado e a uma análise limitada do ponto de vista de seus pesquisadores - não se podem reconstituir as ações humanas de uma determinada cultura, e não se podem prever todas as ações da natureza. Ali se estuda a técnica. Para facilitar a categorização dos experimentos, ficou definido, pelo grupo do LILD, que este ambiente do laboratório será chamado *situacional*.

Quando este objeto é colocado em seus ambientes físico e social, está-se sujeitando-o a situações muitas vezes imprevisíveis. O objeto está em seu uso real e uma rica gama de informações pode ser observada nesse momento. O que acontece com o experimento? Qual a interferência da natureza sobre os materiais e as técnicas utilizadas? Como é a reação dos usuários? Como são as reações de uso do objeto? Este domínio de uso do objeto será chamado *cultural*.

Na passagem de um domínio para o outro, o objeto muda de categoria na razão da diversidade de suas interações com um ou outro domínio. O aprendizado e a avaliação do potencial da capacidade técnica e valor cultural do objeto dependem da observação desses dois tipos de interação.

Esta dissertação é resultado da observação e da análise de vários objetos práticos, realizadas nos dois domínios.

1.3. Contextualização

1.3.1. A construção com terra crua no mundo

Técnicas de construção com terra crua são conhecidas há mais de 9000 anos. Casas de adobe de 8000 a 6000 a.C. foram descobertas na região 'Turquistão Russo' (Pumpelly, 1908, *apud* Minke, 2006). Fundações de taipa de pilão datadas de 5000 a.C. foram encontradas na Assíria. A terra foi usada como material construtivo em todas as culturas ancestrais, não apenas como casas, mas também como edificações religiosas. (Minke, 2006)



Figura 1 Partes da muralha da China foram feitas com terra crua. Foto: Gwydion Williams



Figura 2 Cidade de Shibam¹, Iémen. Foto: Jaysegul Tastaban

¹ As impressionantes torres com mais de sete andares deram a Shibam o apelido de "Manhattam do deserto". Esta cidade murada do século 16 é um exemplo pioneiro de planejamento urbano com base na construção vertical. (Unesco, 2013, p.75).



Figura 3 Mesquita de Djenné², República do Mali. Foto: Andy Gilham

A arquitetura de terra está presente em todos os continentes habitáveis. Da população mundial, 50% vivem em uma construção de terra crua. Mais de 15% das obras arquitetônicas inscritas na lista do patrimônio mundial da Unesco são construídas em terra." (Departamento de Energia dos Estados Unidos³)

No início dos anos 70, a comunidade internacional, pela primeira vez, realizou um encontro em Yazd, Irã, e expressou a necessidade de proteger e valorizar o patrimônio arquitetônico construído com terra crua (Bendakir, 2009, p. 13-14). Desde então, se viu nascer um espetacular movimento de promoção de arquitetura com terra crua, que está encontrando, pela primeira vez, espaço em uma geração (Pignal, 2005).

² Segundo May (2010 p.27), a mesquita de Djenné é a maior construção de adobe do mundo. Os troncos de madeira expostos na fachada ajudam a reduzir rachaduras e também servem como andaimes para os reparos anuais que são realizados por toda comunidade durante o festival de primavera.

³ Frase citada em um painel da Exposição *Ma terre première* (2010)



Figura 4 Casa em taipa de pilão em Medellín, Colômbia © A. Jesus Antonio Moreno, Fundacion Tierra Viva / Mauricio Patino. (Rousseaux, 2009)



Figura 5 Muro de taipa de pilão - Nk'mip Desert Cultural Centre - Canadá © DR (Rousseaux, 2009)



Figura 6 Muro curvo em taipa de pilão, hospital de Feldkirch - Áustria © Martin Rauch / Andreas Krewet (Rousseaux, 2009)



Figura 7 Escola em Rudrapur, Bangladesh, construída em mutirão. Anna Heringer, Eike Roswag (anna-heringer.com)



Figura 8 Detalhe do alvéolo escolar (anna-heringer.com)

Em janeiro de 2010, as revistas *EcologiK* e *Architectures à vivre* associaram-se à Escola Nacional Superior de Arquitetura de Grenoble (CRAterre) e à Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), para lançar um manifesto com o intuito de defender o direito de construir com terra crua. O manifesto reivindica o valor universal das construções com terra, tanto como patrimônio mundial, quanto solução contemporânea essencial para um futuro ecologicamente responsável (EcologiK, 2010).

1.3.2. A construção com terra crua no Brasil

Durante a colonização, os portugueses trouxeram ao Brasil várias técnicas de construção com terra (Easton, 2007), que se uniram às já utilizadas pelos povos indígenas (Vasconcellos, 1958). Muitas das edificações coloniais ainda existem e fazem parte do patrimônio arquitetônico brasileiro. Os centros históricos de cidades coloniais, como Olinda, Salvador, Diamantina dentre outras, construídos com essas técnicas, são tombados pela Unesco como Patrimônio Mundial Arquitetônico.

Apesar de o estudo da construção com terra ter grande relevância em países como Alemanha, Áustria, França, Austrália e Estados Unidos e ser tema frequente em seminários e congressos em todo o mundo, no Brasil esse assunto ainda é pouco estudado e, infelizmente, sequer faz parte do programa do curso de Arquitetura das principais universidades nacionais.

Por séculos, as pessoas sabiamente e serenamente usaram o material de construção óbvio, enquanto nós, com nossas ideias aprendidas na escola moderna, nunca sonhamos em usar uma substância tão caricata como o barro para uma criação tão séria como uma casa
(Fathy, 1982)

Aqueles que tivessem interesse em aprender não deviam ser obrigados a submeter-se a um plano fixo e rígido. Também não deviam ser vítimas da discriminação que provém de uma absoluta confiança nas qualificações escolares. Também não se deveria obrigar o público a manter, mediante um sistema de impostos [...] um aparato gigantesco de profissões, de educadores e de edifícios que, na realidade, não fazem mais do que limitar as oportunidades de aprender os serviços que um professorado instalado julga conveniente levar ao mercado.
(Illich, 1977)

Entre 2009 e 2010, proferi palestras nas escolas de arquitetura da Universidade Federal Fluminense, Centro Universitário Plínio Leite (Unipli), Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal do Pará e Universidade Federal do Amapá sobre o assunto semelhante ao proposto nesta dissertação. Em todas, ficou evidente o interesse dos estudantes pelo tema, mas também ficou evidente a falta de conhecimento desses estudantes. Na UFMG, até o momento da minha formatura, em 2000, não existia nenhuma matéria no curso de Arquitetura que tratasse a terra crua como material de construção. Ou seja, ainda existe um longo caminho acadêmico a ser trilhado, para que o estudo da construção com terra crua, bambu, fibras e resinas naturais seja aprofundado dentro das próprias universidades de Arquitetura.



Este estudo insere-se na linha de pesquisa "Objeto, meio ambiente e sociedade" mantida há cerca de vinte anos pelo Laboratório de Investigação em Livre Desenho (LILD), em um regime participativo, em que colaboram professores e alunos provenientes de várias áreas de conhecimento da PUC-Rio.

No Laboratório, estão em constante desenvolvimento pesquisas de técnicas de construção elaboradas para o uso dos colmos de bambu, das terras cruas, das resinas e das fibras naturais. Estas técnicas e materiais estão amplamente descritas no relatório "Jogo das formas: A ontogênese do objeto" do professor Moreira (2008).



Figura 9 Entrada do LILD, em 2012. Foto do autor



Figura 10 Reunião no LILD, em 2012. Foto do autor

A proposta do LILD é ser um espaço dinâmico, onde todos os pesquisadores tenham acesso e participem das pesquisas de forma integrada. Sem divisórias, o espaço propicia a integração desses pesquisadores e os modelos físicos estimulam a troca de informações. O espaço físico do LILD, feito de barras treliçadas, é coerente com as estruturas estudadas no laboratório, e cada objeto ou ação ali dentro resulta ou é resultado da própria linha de pesquisa.

A ideologia de trabalho, que busca o mínimo de impacto, reflete-se no dia a dia do Laboratório que evita o uso de materiais químicos e de ferramentas elétricas e/ou barulhentas.

1.4. Objeto de estudo

O objeto de estudo são as tecnologias de baixo impacto.

No domínio *situacional*, de laboratório, foram aprofundados os conhecimentos existentes, incluindo os desenvolvidos no LILD, sobre a permeabilidade ao ar e transferência de calor em cascas de vedação com fibrobarro⁴ (*fibred raw earth*). Ainda em laboratório, aproveitando a tecnologia do laboratório de prototipagem 3D da PUC-Rio, foram estudadas formas com estruturas internas alveolares de barro altamente resistentes, para funcionar como unidades de vedações arquitetônicas.

No domínio *cultural*, físico e social, feito geralmente em mutirões compartilhados, são citados e mostrados vários aspectos da reconstrução de uma capela com estrutura geodésica (Andrelândia, MG), do desenvolvimento do forno imediato em fibrobarro, da montagem da estrutura tensionada de cobertura (Formoso, São José do Barreiro, SP), das atividades artesanais necessárias à construção de um minhocário com estrutura treliçada (Anil, Jacarepaguá, Rio de Janeiro, RJ) e da execução de um túnel em fibrobarro, utilizado para exposição na PUC-Rio. Detalhes sobre o desenvolvimento de técnicas e o uso do piso e reboco de um apartamento reformado (do próprio autor), utilizando terra crua, cal e cola PVA - acetato de polivinila - (Botafogo, Rio de Janeiro, RJ), também foram relatados.

⁴ O termo fibrobarro ou fibrosolo (Leme, 2003) consiste em misturar o barro (terra crua + água) com alguma fibra natural.

No apêndice, foi traçado, com um levantamento fotográfico, um apanhado global sobre as técnicas construtivas vinculadas aos materiais terra crua, bambu, fibras e resinas vegetais. As habitações são vistas sob o enfoque antropológico e construtivo, pela observação *in loco* do autor, em sua volta ao mundo de bicicleta. O potencial desta pesquisa assistemática pode ser avaliado no levantamento fotográfico que consta neste trabalho.

1.5. Metodologia

No domínio *situacional* - observação laboratorial sistemática, participante e em equipe - foram relatados experimentos práticos, com manipulação direta da matéria pelos pesquisadores. Para cada objeto pesquisado, foram detalhados os experimentos e os conhecimentos antecedentes, os dispositivos e os acessórios necessários para sua construção/análise e seus procedimentos. Ao final de cada experimento, foram dadas sugestões para continuidade da pesquisa.

Por meio dos objetos, foram examinadas várias características da terra crua, do bambu e suas interações com diferentes fibras e materiais que possam ser encontrados nos locais das obras, tendo sempre a construção arquitetônica como principal foco de utilização.

No domínio *cultural* - observação sistemática, participante e em equipe, nos ambientes físico e social, - foram analisados experimentos por meio da participação direta na construção e/ou observação do objeto e suas interações com os meios físico e social.

Em ambos os domínios foi utilizada a fotografia como principal ilustração dos experimentos, partindo-se do princípio que, muitas vezes, uma imagem pode ser mais explicativa do que vários textos.

1.6. Questões

Como se dá a interação dos objetos nos ambientes físico e social destinados ao seu uso?

Quais as características de formas alveolares de alta resistência, utilizando o fibrobarro como unidade de vedação arquitetônica?

Existe diferença na permeabilidade ao ar e transferência de calor em cascas de vedação feitas com gesso, fibrobarro e fibrobarro com resina de mamona?

Quais as possibilidades de utilização da terra crua em conjunto com outros materiais já existentes em um apartamento, situado em uma área urbana, sem as facilidades de acesso a materiais naturais proporcionadas pela área rural?

1.7. Hipótese

Os objetos, quando submetidos ao domínio *cultural*, destinados a seu uso, possuem comportamento diferente de quando analisados em domínio *situacional*, no ambiente de laboratório.

É possível desenvolver unidades de vedação arquitetônicas, utilizando formas alveolares de alta resistência, com o fibrobarro.

É possível construir, utilizando terra crua, em ambiente urbano. A construção com terra crua em domínio *cultural* é viável, econômica e diminui o impacto ambiental, quando comparada às técnicas convencionais.

1.8. Objetivo geral

Realizar experimentos na área da construção arquitetônica, com técnicas adequadas ao emprego de materiais básicos como colmos de bambu, terra crua, fibras e resinas que têm, como base, os óleos originados de vegetais, utilizados em seu estado natural ou com mínimo beneficiamento.

1.9. Justificativa

“Ter uma habitação é direito primordial de todo ser humano. Com apenas barro, palha e alguns materiais de elétrica e hidráulica, constrói-se uma casa de qualidade.” (Dethier, 1983)

Se com materiais tão básicos é possível construir uma casa, por que pessoas vivem sem teto? A resposta já existe e não está diretamente relacionada com a técnica, mas sim com um sistema que induz à compra de materiais industrializados e deixa no limbo as diversas técnicas e materiais que são encontrados sem custos na natureza.

Materiais que buscam um baixo impacto ambiental são aqueles que, na sua produção, execução, manutenção e descarte utilizam pouca energia e emitem pouco gás carbônico (CO₂) na atmosfera. Esses materiais acabam sendo naturais das redondezas ou do próprio local da construção, que dispensam o transporte e utilizam mão de obra com técnicas construtivas desenvolvidas pela própria comunidade. Esses materiais podem ser a terra crua, a pedra, a areia, a madeira, o bambu, as fibras naturais, as resinas vegetais etc.

A construção civil utiliza, aproximadamente, 40% dos recursos naturais do planeta (Exposição *Ma terre première*, 2010), e é fundamental pensar em técnicas e materiais para diminuir essa porcentagem.

Esta pesquisa é uma das formas de contribuir para aprofundar, informar, esclarecer, divulgar e romper paradigmas sobre as técnicas construtivas que buscam o baixo impacto ambiental e que possam contribuir para a diminuição do déficit habitacional.

2 EXPERIMENTOS NO DOMÍNIO *SITUACIONAL*

2.1. Objetivo específico

Dar continuidade aos estudos sobre tecnologias de baixo impacto, em laboratório, onde são realizados experimentos na área da construção arquitetônica, com técnicas adequadas ao emprego de materiais básicos utilizados em seu estado natural ou com mínimo beneficiamento. Os materiais adotados são, principalmente, os colmos de bambu, a terra crua, as fibras e as resinas que têm como base os óleos originados de vegetais.

Os objetivos específicos dos experimentos em domínio *situacional* são: testar e comparar a permeabilidade ao ar e transferência de calor do fibrobarro; experimentar diferentes formas estruturais com fibrobarro, que possam ser utilizadas em mobiliários e estruturas arquitetônicas; incorporar o princípio da desmaterialização do objeto, buscando formas com altos índices de resistência pela conjugação forma/material; experimentar diferentes acabamentos na superfície do fibrobarro.

2.2. Relatório: Permeabilidade ao ar e transferência de calor em cascas de vedação

Foram aprofundados os conhecimentos existentes, incluindo os desenvolvidos pelo LILD, sobre a permeabilidade ao ar e transferência de calor em cascas de vedação com fibrobarro. Para isso, foram desenvolvidos experimentos com cascas de vedação em formato de semiesferas.



Figura 11 Dispositivos do experimento. Foto do autor

2.2.1. Antecedentes

. Vários estudos científicos, observados na revisão bibliográfica realizada para este trabalho, comprovam a permeabilidade ao ar nas paredes de fibrobarro. Dentre esses estudos, há aqueles realizados no próprio LILD, como o do professor Leme (2008).

O estudo da permeabilidade do solo cru, em suas combinações com fibras, que chamamos de fibroso, aponta para um conceito de construção que propicia um espaço agradável à ocupação e moradia [...] que atuam de forma a equilibrar a temperatura e umidade, filtrando, respirando e protegendo o ambiente interno (Leme, 2008)

. Diversas técnicas construtivas aprendidas em cursos realizados no Instituto de Permacultura da Mata Atlântica, no Tibá, na Ecofazenda João de Barro e na Rede Educação Gaia Brasil.

. Diversas esferas em barro e fibrobarro elaboradas, experimentando o material e suas técnicas.



Figura 12 Elaboração de diversas esferas em fibrobarro para experimentar o material. Foto do autor

. Experimentos realizados de moldagem de fibrobarro em fôrmas de gesso e vidro. Neste trabalho foi constatado que, entre o vidro e o gesso, o melhor material para fazer fôrmas para a execução de dispositivos de fibrobarro é o gesso. A desmoldagem no vidro, mesmo com diferentes desmoldantes (óleo de mamona, sabão, cera pastosa, detergente etc.), apresentou muita dificuldade para descolar o fibrobarro da fôrma.



Figura 13 Testes de moldagem em fôrmas de gesso e vidro. Foto do autor



Figura 14 Resultados insatisfatórios com os testes em fôrma de vidro. Foto do autor

2.2.2.

Construção da fôrma de gesso



Figura 15 Etapas da elaboração da fôrma de gesso. Foto do autor

Dispositivos e acessórios

Gesso, sisal, fôrmas de madeira, bola de pilates, água, vasilha para misturar gesso na água, faca, espátula, pedaço de bambu, lata, pincel, peneira de arroz, água, terra crua, pano, vasilhas de plástico, painéis de aglomerado de 1 cm de espessura, serra elétrica tico-tico, máscara de poeira, pregos, martelo e tinta asfáltica.

Procedimentos para produção

- Corte do painel de aglomerado, na serra clássica, no formato circular, com diâmetro de 65 cm, para se ajustar ao diâmetro da bola de pilates.
- Pintura do painel, com pincel e tinta asfáltica, para facilitar a desmoldagem.
- Armação da bola e do painel com auxílio de quatro vasilhas de plástico, para o painel não escorregar da bola (motivo que fez a primeira fôrma quebrar).
- Mistura do gesso com água, utilizando os procedimentos habituais de preparação deste material.
- Colocação de uma primeira camada de gesso, ainda molhado, sobre a bola, para fazer a superfície bem lisa.
- Colocação de outras quatro camadas de gesso com sisal, nos dias seguintes.
- Feitura de outra fôrma de aglomerado pintado, com tinta asfáltica, para a base da semiesfera.
- Derramamento das camadas de gesso, utilizando sisal e pedaços de bambu para fortalecer a estrutura da base.
- Moldagem com a terra crua, peneirada com peneira de arroz, ainda molhada, da espessura da fôrma.
- Desmoldagem das fôrmas da base e da semiesfera, utilizando um martelo para gerar a vibração necessária para o descolamento do gesso.

Reflexões

O processo mostra-se de fácil execução, embora dependa de um bom manuseio dos materiais para conseguir o resultado final adequado. A fôrma fica bem lisa, quando o *coat*⁵ é bem-feito. Com essa fôrma foi possível fazer as três semiesferas com os diferentes materiais.

⁵ *gel-coat* é a camada de resina superficial de toda a peça de fibra de vidro feita por processo de moldagem. Esta camada gera a superfície lisa e acabada. Utilizando a mesma técnica, o *coat* aqui descrito foi feito com uma camada fina de gesso bem molhado.

Sugestões para a próxima experiência

Deve-se ter atenção ao fazer a fôrma com a bola de pilates. As primeiras demãos de gesso foram perdidas, porque a madeira não estava bem fixada à bola e, com o peso do gesso molhado, o dispositivo desmoronou.

Apesar do cuidado para fazer o *coat* da fôrma, algumas falhas ocorreram por causa do gesso utilizado, que estava um pouco empedrado. É possível melhorar a qualidade da superfície do *coat*, utilizando um gesso bem líquido.

2.2.3. Elaboração das cascas de vedação

Dispositivos e acessórios

Gesso, terra crua, sisal, resina de mamona monocomponente (Imperveg Poliuretano vegetal), luva de borracha, água, vasilha para misturar gesso na água, faca, espátula, lata, pincel, pano, vasilhas de plástico, sabão em pó, enxada, balde, peneira de arroz, peneira metálica, fios termopar, câmeras de pneu de bicicleta, tesoura, MDF e pregos.

Procedimentos para produção

- Calçamento da fôrma de gesso da semiesfera com vasilhas de plástico, para ficar fixa e estável.
- Retirada de terra do barranco próximo ao LILD.
- Peneiramento da terra.
- Peneiramento de uma parte da terra, com uma peneira de arroz, e mistura dela com água, para fazer a primeira camada, o *coat*, da semiesfera.
- Desfiamento manual dos maços de sisal.
- Preparação do fibrobarro com terra crua e sisal e aplicação em toda a fôrma com uma espessura aproximada de 1 cm.
- Retirada da semiesfera da fôrma, depois de três dias de secagem.
- Calafetagem das fissuras com terra.
- Raspagem de toda a superfície, depois de secas as fissuras calafetadas, utilizando o fundo da peneira metálica, para retirar as partes mais rugosas.
- Aplicação do mesmo procedimento para a base da semiesfera.
- Feitura de um furo, do tamanho do bico de ar da câmara de pneu de bicicleta, na semiesfera.

- Colocação de um bico nesse furo e preparação de uma massa feita de terra peneirada fina, misturada com resina de mamona, para fixar o bico no fibrobarro.

- Feitura de outros dois furos, para passar os fios termopar. A extremidade de um dos fios foi fixada com terra na superfície interna da semiesfera. A extremidade do outro fio ficou solta no meio da semiesfera. Ambos os furos foram fechados com terra.

- Colocação da semiesfera sobre a base de fibrobarro e calafetagem com terra para ficar totalmente lacrada.

- Utilização de uma placa de MDF para servir de base para a semiesfera lacrada.

- Fixação de quatro pregos no MDF, para evitar que a semiesfera deslize na base durante o transporte.

- Aplicação do mesmo procedimento com a segunda semiesfera.

- Utilização de uma demão de sabão em pó dissolvido, para servir de desmoldante na fôrma, para fazer a semiesfera de gesso.

- Aplicação de três demãos de gesso.

- Soldagem de maços de sisal internamente para desmoldar a semiesfera de gesso. Isso foi feito para ter uma pega suficientemente forte, para puxar a semiesfera. Um pedaço do gesso quebrou e para melhor fixação e também para reforçar toda a estrutura, uma última demão de gesso com sisal foi feita.

- Reforço da base de gesso com sisal.



Figura 16 Misturando o sisal e a terra crua diretamente na fôrma. Foto: Equipe LILD (2011/12/13)



Figura 17 Moldando o fibrobarro na fôrma de gesso. Foto: Equipe LILD (2011/12/13)



Figura 18 Lixando a superfície do fibrobarro. Foto do autor



Figura 19 Resinando a casca de fibrobarro. Foto: Equipe LILD (2011/12/13)



Figura 20 Colando com resina de mamona os bicos de câmara de ar nas cascas. Foto do autor

Reflexões

As cascas saíram como esperado, ou seja, foram desmoldadas sem gerar nenhum problema estrutural e o resultado final apresentou resistência mecânica suficiente para a elaboração do experimento.

Sugestões para a próxima experiência

Talvez não seja necessário o encaixe entre a semiesfera e a base. Isto foi feito para facilitar a junção das peças, mas, na hora do encaixe, também funcionaria se a base fosse reta e a semiesfera terminasse sem a dobra. A terra e o gesso utilizados para soldar as duas peças já são suficientes para lacrar a junta.

Não utilizar base em MDF, pois, um mês mais tarde, o MDF já apresentava sinais de mofo.

2.2.4. Coleta de dados - transferência de calor



Figura 21 Execução das medições de temperatura. Foto do autor

Dispositivos e acessórios

Dispositivos e acessórios utilizados nas etapas descritas anteriormente, multímetro digital com medidor de temperatura (Hikari HM-2030), câmera fotográfica e notebook.

Procedimentos para produção

- Medição de temperatura das semiesferas dentro do laboratório, utilizando o multímetro. Para cada medida, foi tirada uma foto que registrava automaticamente a hora do clique.
- Retirada das três cascas de vedação do interior do laboratório e colocação destas em exposição direta ao sol.
- Medições tomadas durante um período de, aproximadamente, uma hora e meia.
- Volta das três cascas de vedação para o interior do laboratório, sem a incidência direta do sol. Continuação das medições para acompanhar a velocidade de dissipação do calor de cada casca.

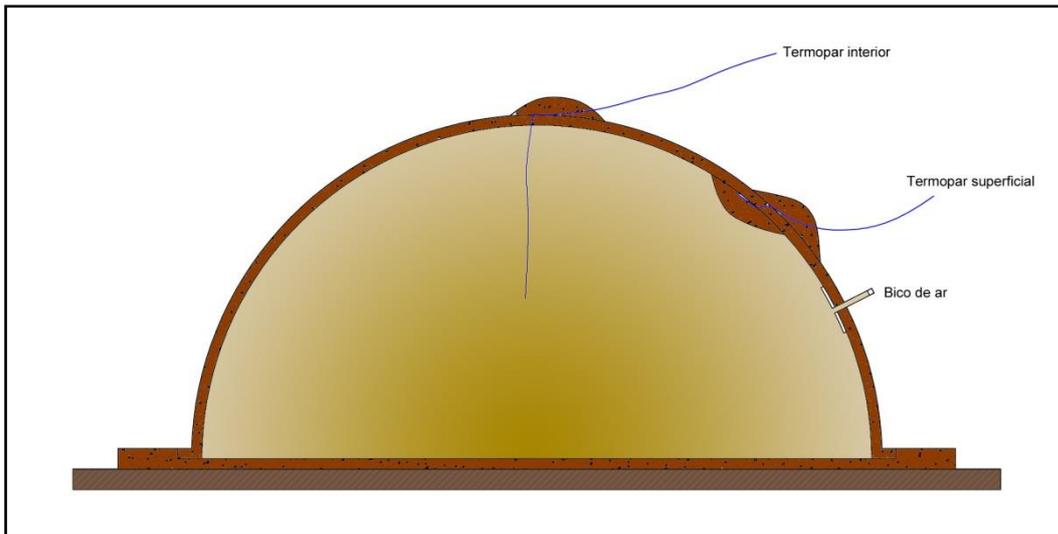


Ilustração 1 Corte indicando a locação dos fios termopar dentro da casca.

Reflexões

Antes da passagem de resina em uma das cascas de fibrobarro, foram feitas medições nas duas cascas de fibrobarro, que, até então, eram similares.

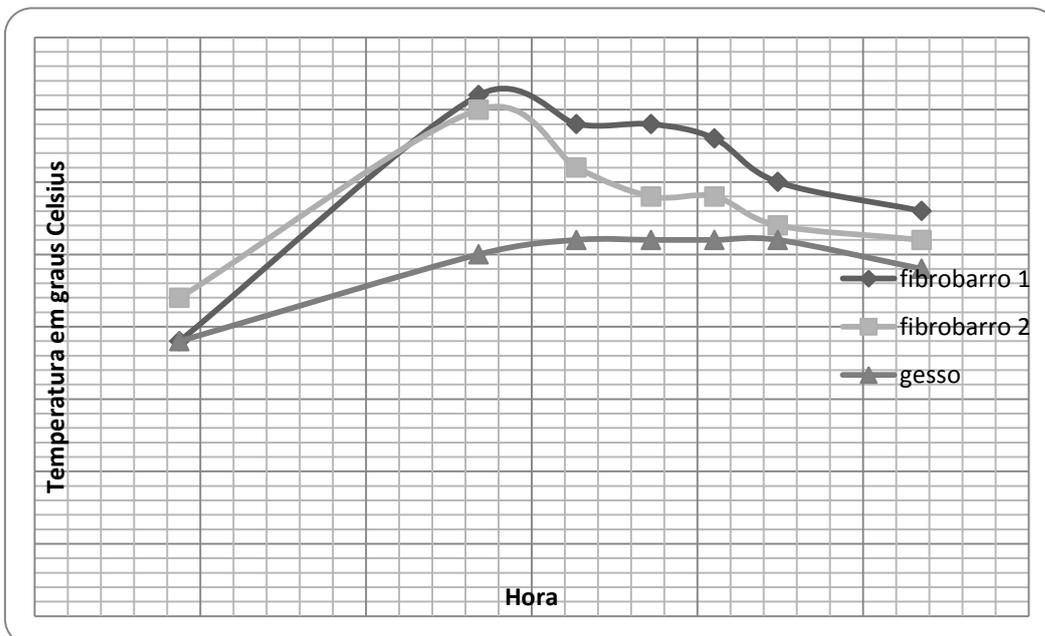


Gráfico 1 Medidas da superfície das cascas, no dia 22/11/2012.

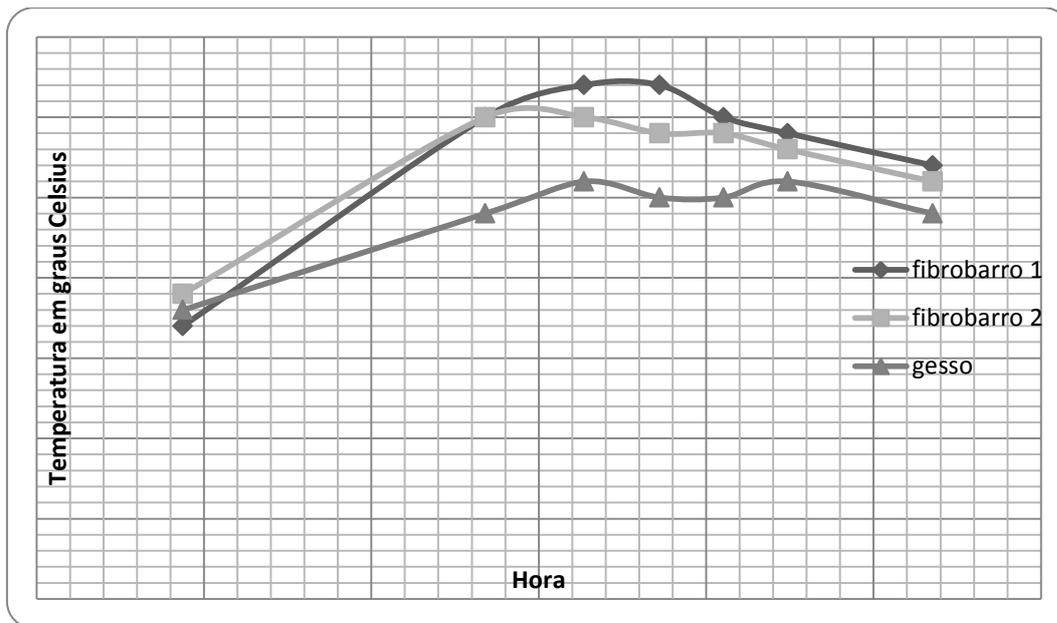


Gráfico 2 Medidas do interior das cascas, no dia 22/11/2012.

Depois dessas medições, uma das cascas com fibrobarro foi resinada e foram feitas as medições a seguir:

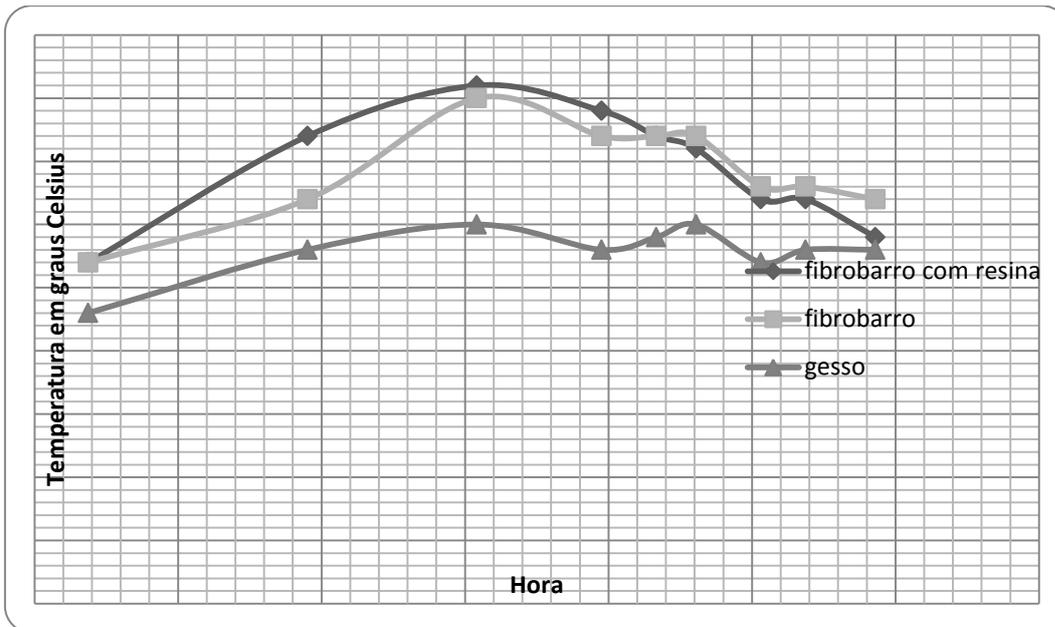


Gráfico 3 Medidas da superfície das cascas, no dia 17/12/2012.

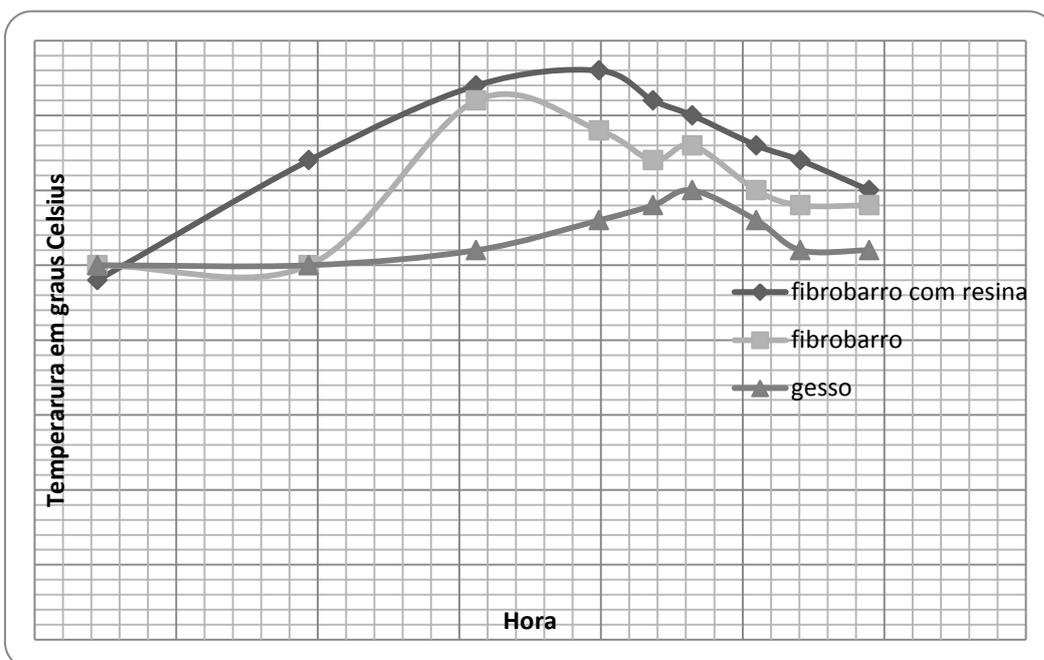


Gráfico 4 Medidas do interior das cascas, no dia 17/12/2012.

Nos resultados relativos à transferência de calor, é preciso levar em consideração a diferença de cores dos materiais testados. A cor mais clara do gesso, seguramente, influenciou na diferença de temperatura em relação aos outros dois materiais.

A diferença de temperatura entre as duas cascas semelhantes, ambas de fibrobarro sem resina, medidas no dia 22/11/2012, chegou a

mais de 4 °C. Isso demonstra uma falta de precisão do experimento. E não foi possível chegar a uma conclusão comparativa precisa.

Sugestões para a próxima experiência

Fazer as semiesferas com mais precisão na espessura e na quantidade de material. Medir as quantidades de terra e de fibra utilizadas na primeira semiesfera, e utilizar exatamente as mesmas quantidades na outra.

Pintar o fibrobarro com cal, para ficar com uma cor similar à do gesso.

Ter mais multímetros, para facilitar as medições.

2.2.5. Coleta de dados - permeabilidade ao ar

Dispositivos e acessórios

Dispositivos e acessórios utilizados nas etapas descritas anteriormente, bomba de ar manual com medidor de pressão, compressor elétrico, balde, água, fôrma de vidro, gesso, água, resina de mamona, velas, acendedor cricket, pote de vidro e silicone.



Figura 22 Compressor elétrico e pressurização da esfera de gesso com a bomba manual. Foto do autor

Procedimentos para produção

- Acoplamento da bomba de ar manual na casca de fibrobarro.
- Pressurização com a bomba manual por três minutos ininterruptos. - o medidor não apresentou nenhuma pressão dentro da casca.

- Repetição do procedimento, utilizando o compressor elétrico. Antes, por receio de danificar as cascas, foi feito um teste com uma pequena esfera, com 17cm de diâmetro, de gesso com sisal e mamona, elaborada com a mesma técnica das semiesferas.
- Conexão da esfera de gesso à bomba de ar e imersão dentro de um balde para verificar por onde estava vazando o ar. Foi possível observar diversos pontos de vazamento espalhados por toda a esfera.
- Conexão da mesma esfera ao compressor e, aos poucos, foi feita a pressurização. A esfera resistiu ao máximo de pressão (100 PSI) e não sofreu nenhum dano estrutural visível. O ar sai da esfera com tanta velocidade que não chega a apresentar pressão no medidor.
- A realização do teste com a esfera de gesso foi suficiente para demonstrar que o teste com pressão não daria resultado nas semiesferas. Seria necessária a medição de alguma pressão, para se ter um valor comparativo.
- Estudo de um dispositivo para ser acoplado nas cascas, por meio do bico de ar sem a válvula, para medir a transferência de gases.
- Colocação de uma vela, para obter a troca de gases, dentro de um pote de vidro com uma tampa furada e um bico de ar sem válvula colado com silicone.

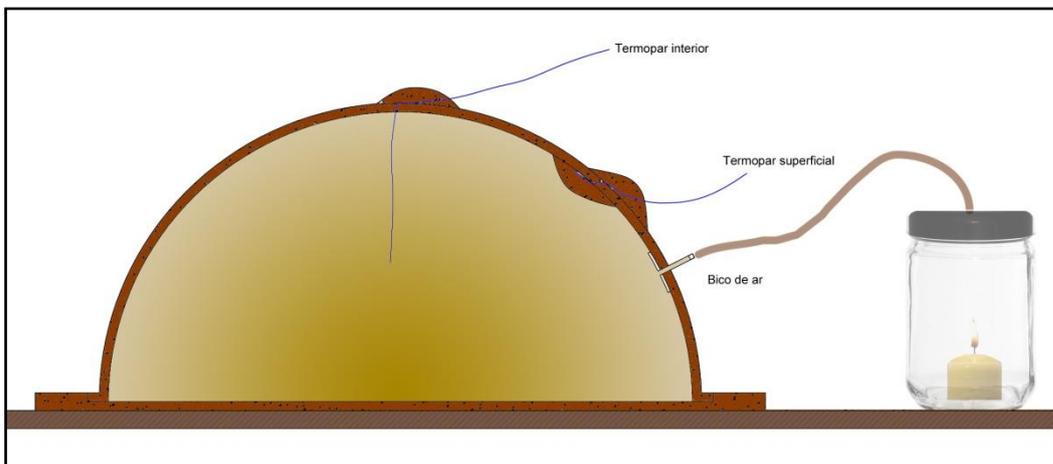


Ilustração 2 Croquis da sugestão do experimento com a vela.

- Teste sem conectar a casca ao pote com a vela, antes de partir para o teste com a casca. Pelo furo do pote de vidro, havia entrada do ar ambiente.

- A vela foi acesa e a tampa com o furo foi colocada. A vela apagou-se rapidamente (aproximadamente 30 segundos), em cinco tentativas, ou seja, o furo do tamanho do bico era muito pequeno a troca dos gases e para manter a vela acesa.

Conclusão do experimento com a vela: Com o furo do tamanho do bico nas semiesferas, o teste com a vela não funcionou.

Reflexões

Ao utilizar pressão, os testes mostraram que as três cascas são permeáveis ao ar.

No entanto, quando se trata do domínio *cultural* de uma residência, geralmente não existe uma pressão e sim uma troca de gases feita pela respiração das pessoas, ou seja, troca do oxigênio pelo gás carbônico similar à troca gasosa que o fogo realiza. Por isso, partiu-se para a tentativa com testes utilizando a vela, onde, possivelmente, teriam dados comparativos entre as três cascas.

Sugestões para a próxima experiência

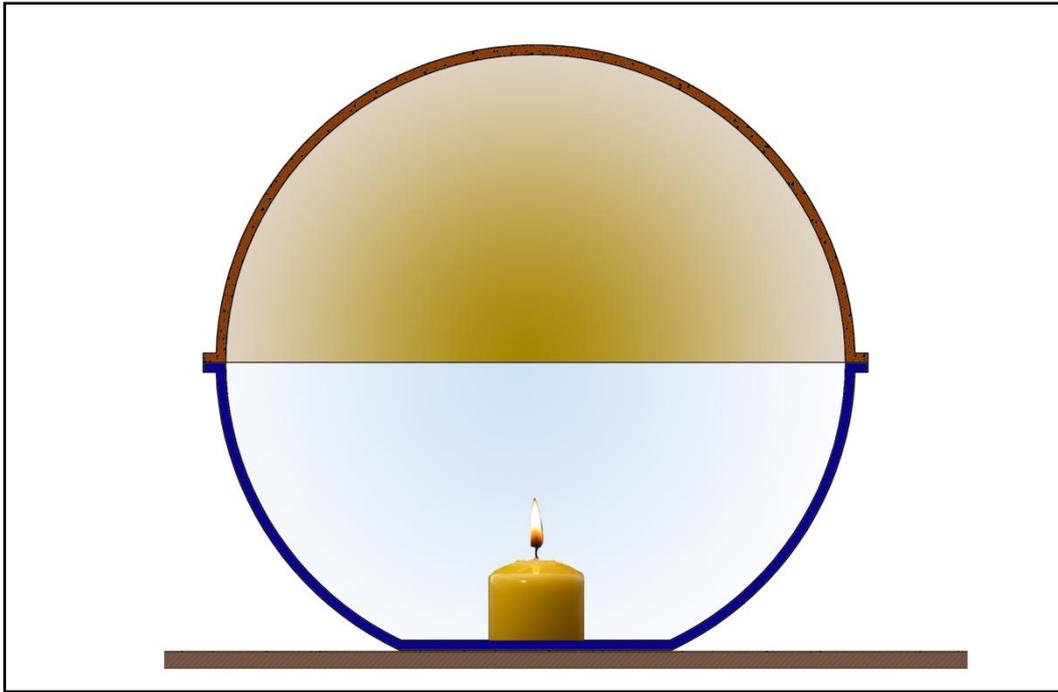


Ilustração 3 Croquis da sugestão do experimento para medição de permeabilidade ao ar.

Fazer um teste utilizando uma vasilha de vidro e uma casca moldada no mesmo tamanho (o molde de gesso pode ser feito com a própria vasilha de vidro). Colocar a vela dentro da vasilha de vidro aberta, acender a vela, colocar e lacrar a casca sobre a vasilha. Comparar o tempo que a vela se mantém acesa, utilizando as cascas com os diferentes materiais - gesso; terra crua e terra crua com resina de mamona.

2.3.

Relatório: Formas com estruturas internas alveolares

Aproveitando a tecnologia do laboratório de prototipagem 3D da PUC-Rio, foram estudadas formas com estruturas internas alveolares de barro altamente resistentes, para funcionar como unidades de vedações arquitetônicas.

2.3.1.

Antecedentes

. Experiências relatadas no livro *Bâtir en Terre* pelos pesquisadores Fontaine & Anger (2009).

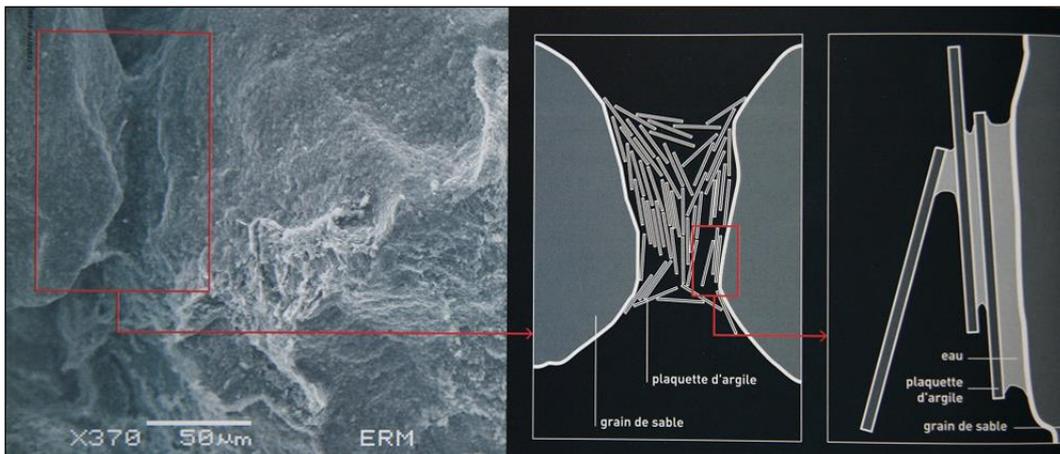


Figura 23 Vista microscópica dos grãos de areia unidos pela argila e água. (Fontaine & Anger, 2009)

. Técnicas de construção com terra, vistas na exposição *Ma terre première* (2010), com detalhes das diferentes características comportamentais de suas estruturas.



Figura 24 Técnicas de construção com terra (Exposição *Ma terre première*, 2010). Foto do autor

. Modelos em plastilina em escala reduzida realizados no LILD.



Figura 25 Modelos experimentais, em escala reduzida, feitos com plastilina. Foto do autor

. Experimentos biomiméticos alveolares em fibrobarro realizados no LILD.



Figura 26 Estudo de formas estruturais biomiméticas com fibrobarro. Foto do autor

2.3.2. Construção da fôrma de gesso



Figura 27 Fôrma de gesso. Foto do autor

Dispositivos e acessórios

Gesso, sisal, cadeira de plástico modelo "tamborete tam-tam", para servir de base para a fôrma, água, vasilha para misturar gesso na água, faca, espátula, lata, pincel, peneira de arroz, água, sabão de coco e vasilhas de plástico.

Procedimentos para produção

- Utilização da cadeira de plástico, formada por duas partes iguais encaixadas, como base para a feitura das fôrmas. Passou-se sabão na superfície de uma das partes para servir de desmoldante.
- Aplicação de uma primeira camada de gesso, ainda molhado, sobre o molde plástico, para deixar a superfície bem lisa.
- Aplicação de outras três camadas de gesso nos dias seguintes, sendo que, na última delas, fez-se um reforço com sisal em todo o diâmetro do molde.

Reflexões

O processo foi de fácil execução, mas depende de bom manuseio dos materiais para conseguir um resultado final adequado. A fôrma fica bem lisa, quando o *coat* é bem feito.

2.3.3. Elaboração da casca estrutural em fibrobarro e resina

Dispositivos e acessórios

Terra crua, sacos de juta, tesoura, resina de mamona monocomponente (Imperveg Poliuretano vegetal), água, balde, faca, luva de borracha, espátula, peneira de arroz, papel e lápis.

Procedimentos para produção

- Peneiramento de terra com peneira de arroz.
- Feitura de moldes em papel, para dividir o objeto em três partes, com o intuito de conseguir gerar a forma tridimensional, por meio de superfícies de tecido de juta intercaladas.
 - Corte de nove superfícies provenientes dos sacos de juta.
 - Mistura da terra com água numa proporção que varia de acordo com a umidade da terra. O resultado deve ser um barro com o mínimo de umidade, mas com plasticidade suficiente para permear o tecido de juta.
 - Barreamento de três superfícies com o cuidado de usar o mínimo de barro possível, para criar uma casca fina de fibrobarro.
 - Colocação das superfícies na fôrma, sobrepondo, aproximadamente, 2cm de cada uma.
 - Feitura de mais duas camadas com o mesmo procedimento, ou seja, ao final, a superfície de fibrobarro terá três camadas de tecido de juta.
 - Retirada da fôrma, depois de dois dias de secagem.
 - Feitura do mesmo procedimento, para a outra metade do objeto.
 - Soldagem das duas metades, utilizando um pano de juta com barro.
 - Aplicação de duas camadas de resina de mamona, utilizando luvas de borracha e os restos dos sacos de juta como pincel.



Figura 28 Fibrobarro ainda molhado na fôrma de gesso. Foto do autor



Figura 29 Primeira metade do objeto logo após ser desenformado. Foto do autor



Figura 30 Casca em fibrobarro antes e depois de passar a resina. Foto do autor

Reflexões

O fibrobarro demonstrou boa resistência, quando moldado em formas estruturais compatíveis. Com cascas de espessura bastante reduzida (aproximadamente 0,5 cm) foi possível fazer o banco de fibrobarro e resina.

O manuseio e o estudo do fibrobarro modificaram um conceito simples, mas essencial para a continuidade das pesquisas. Antes, entendia-se que a fibra funcionava como um elemento dentro do barro para evitar trincas. Imaginava-se a estrutura formada por "barro com fibras". Depois, entendeu-se que o fibrobarro ganha mais leveza e resistência, quando tratado como "fibras com barro", onde o barro existe, estruturalmente, apenas na quantidade suficiente para fazer liga entre as fibras, e, biologicamente, como uma película que protege as fibras da deterioração natural. De modo simplista e generalizado, é possível dizer que, quanto mais fibras, mais leve e resistente será o fibrobarro.

O estudo conduziu a novas pesquisas que valorizem mais a forma estrutural do que o material em si, explorando a capacidade estrutural, usando o mínimo de espessura nas camadas de fibrobarro. Seguindo a mesma linha de pesquisa de formas estruturais, iniciou-se a prototipagem 3D de túneis em formato de catenárias, que se efetivaram em escala real em experimentos que serão apresentados ao longo da dissertação.

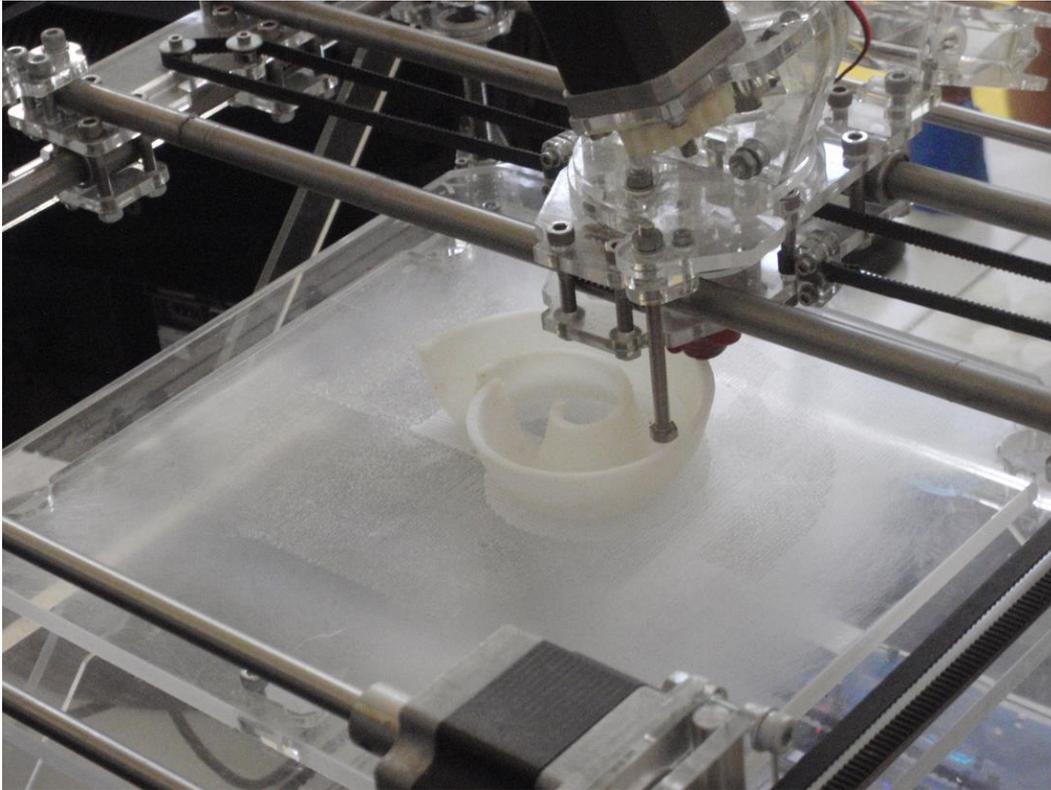


Figura 31 Prototipagem em 3D utilizando impressora por processo de adição. Foto do autor

Sugestões para a próxima experiência

Utilizar objetos ou materiais leves e biodegradáveis que possam ficar dentro da terra, substituindo o ar do alvéolo ou materiais que evaporem ou possam ser retirados após a secagem da terra.

Experimentar a construção de placas alveolares, que possam ser utilizadas como vedação na construção arquitetônica.

Desenvolver experimentos biomiméticos, buscando formas estruturais em colmeias, casas de marimbondos, cupinzeiros, formigueiros e ninhos de pássaros.

2.4.

Relatório: Fibrobarro - Acabamentos de superfície

Ao utilizar vários objetos feitos nos experimentos anteriores e uma série de potes em fibrobarro, foram testados diferentes materiais e técnicas para acabamentos em superfícies de fibrobarro.



Figura 32 Acabamentos em superfícies de fibrobarro Foto do autor

2.4.1. Antecedentes

- . Acabamentos em superfícies de casas do povo Ndebele, Tolek, Aimará, Hindu, dentre outros.
- . Técnicas de construção com terra, vistas na exposição *Ma terre première* (2010).
- . Testes de acabamentos realizados em diversos objetos referentes aos capítulos anteriores.



Figura 33 Testes de acabamentos realizados em objetos referentes aos capítulos anteriores.
Foto do autor



Figura 34 Testes de acabamentos realizados em objetos referentes aos capítulos anteriores.
Foto do autor



Figura 35 Testes de acabamentos realizados em objetos referentes aos capítulos anteriores.
Foto do autor

2.4.2. Construção das fôrmas de gesso

Dispositivos e acessórios

Gesso, tecido de juta, pote de cerâmica para servir de base para a fôrma, plastilina, prato fundo de cerâmica, água, vasilha para misturar gesso na água, faca, espátula, lata, pincel, água, detergente, fita durex, pedaço de correia de borracha, gaze e vasilhas de plástico.

Procedimentos para produção

- Foi utilizado o pote de cerâmica, como base para a feitura das fôrmas. A plastilina foi usada para preencher e deixar a parte inferior do pote reta. O pedaço de correia de borracha e a fita durex foram usados para simular uma borda no pote. Passou-se detergente na superfície para servir de desmoldante.



Figura 36 Uso de detergente na superfície, para servir de desmoldante. Foto: Vera Azevedo

- Aplicação do *coat*, primeira camada de gesso ainda molhado, para deixar a superfície bem lisa.



Figura 37 Aplicação do coat, primeira camada de gesso. Foto do autor

- Aplicação de outras três camadas de gesso, sendo que, na última camada, foi feito um reforço com gaze em todo o gesso.
- Repetição dos procedimentos citados para a construção de seis fôrmas.



Figura 38 Fôrmas de gesso. Foto do autor

Reflexões

O processo foi de fácil execução, mas depende de bom manuseio dos materiais para conseguir um resultado final adequado. A fôrma fica bem lisa, quando o coat é bem feito.

2.4.3. Elaboração dos potes em fibrobarro

Dispositivos e acessórios

Terra crua de olaria, sacos de juta, tesoura, água, balde, faca, espátula.

Procedimentos para produção

- Visita a uma olaria em Itaboraí, RJ, para obter 10 kg de terra crua, chamada tabatinga pelos funcionários da olaria e usada para fazer tijolo. Obteve-se a terra ainda crua, mas já em formato de tijolo, que havia sido recusada do processo da olaria, por causa de amassados.



Figura 39 Terra crua, já em formato de tijolo, antes de entrar no forno. Foto do autor

- Dissolução da terra em tanque com água.



Figura 40 Dissolvendo a terra crua. Foto: Equipe LILD

- Corte das superfícies de tecido de juta, com o intuito de gerar a forma tridimensional do pote, por meio das superfícies intercaladas.
- Mistura da terra com água numa proporção que varia de acordo com a umidade da terra. O resultado deve ser um barro com o mínimo de umidade, mas com plasticidade suficiente para permear o tecido de juta.
- Barreamento de três superfícies com o cuidado de usar o mínimo de barro possível, para criar uma casca fina de fibrobarro.
- Colocação das superfícies na fôrma, sobrepondo, aproximadamente, 2 cm de cada uma.
- Feitura de mais duas camadas com o mesmo procedimento, ou seja, ao final, a superfície de fibrobarro terá três camadas de tecido de juta.
- Feitura do mesmo procedimento, para todas as fôrmas de gesso.
- Retirada da fôrma, depois de dois a três dias de secagem.



Figura 41 Potes de fibrobarro ainda sem acabamento. Foto do autor

Reflexões

O conceito aprendido no capítulo anterior "quanto mais fibras, mais leve e resistente será o fibrobarro", foi essencial para a elaboração dos potes. Todos foram feitos utilizando a mesma terra da olaria. Dessa forma, tivemos uma comparação mais fiel nos acabamentos. Para fazer uma sequência de objetos iguais de fibrobarro, é mais rápido fazer várias fôrmas de gesso do que repetir o processo usando uma única fôrma, principalmente por causa do tempo de secagem da terra.

2.4.4. Testes de diferentes acabamentos



Dispositivos e acessórios

Cera poliflor pastosa transparente, cera poliflor pastosa vermelha, pó xadrez preto, pó xadrez vermelho, resina acrílica à base de água, pedaços de pano, tesoura, água e balde.

Procedimentos para produção

- Correção de pequenas fissuras na superfície dos potes. Passou-se a mão molhada diretamente na fissura, até o desaparecimento dela.
- Aplicação de cera poliflor pastosa transparente, misturada com pó xadrez vermelho e preto, na superfície externa de um pote de fibrobarro. Utilizou-se um pano, e a cera foi aplicada com técnica similar à da aplicação em móveis de madeira.
- Aplicação de cera poliflor pastosa transparente, misturada com pó xadrez preto, na superfície externa de outro pote de fibrobarro. Depois de um dia, foi passada outra demão.

- Aplicação de cera poliflor pastosa transparente, misturada com pó xadrez preto, na superfície externa de outro pote de fibrobarro.
- Aplicação de cera poliflor pastosa vermelha, misturada com pó xadrez vermelho, na superfície externa de outro pote de fibrobarro.
- Aplicação de resina acrílica à base de água, com pincel, na superfície externa de outro pote de fibrobarro.
- Aplicação de cera poliflor pastosa transparente na superfície externa de outro pote de fibrobarro.
- Aplicação de cera poliflor pastosa vermelha na superfície externa, ainda úmida, de outro pote de fibrobarro recém-desenformado.



Figura 42 Resultados dos diferentes testes de acabamentos de superfície Foto do autor

Reflexões

Apesar do conceito "quanto mais fibras, mais leve e resistente será o fibrobarro", é importante fazer o *coat* com uma espessura livre de fibras, com, aproximadamente, 2 mm, para propiciar um acabamento, no qual as fibras não fiquem expostas. No pote onde foi realizado o teste de acabamento "cera vermelha aplicada sobre a terra ainda úmida", é possível ver que o *coat* foi muito fino e a textura do tecido de juta apareceu. Nos demais, tomou-se o cuidado com o *coat*.

A cera propicia uma melhoria significativa na resistência à abrasão nas superfícies do fibrobarro, que misturada com pigmentos, pode gerar acabamentos com diversas cores. A cera propicia uma resistência à água, mas não deixa a superfície impermeável. Após aplicada a cera, o trabalho artesanal de polimento é o que define a tonalidade e brilho da superfície.

Sugestões para a próxima experiência

Existe uma infinidade de materiais e técnicas que pode ser utilizada para acabamento de superfícies de fibrobarro. No laboratório, foram feitos testes de polimentos da terra crua, utilizando-se o fundo de uma colher metálica. Esses acabamentos não funcionaram bem, pois o *coat* descolou-se do fibrobarro. Seguramente, existe alguma técnica de polimento da terra crua, sem utilizar cera. Existem tribos africanas que fazem esse polimento, utilizando pedras roliças.

Sugiro que sejam feitos experimentos com técnicas que dispensem a cera, para facilitar e baratear o processo de acabamento. Sugiro também que o experimento foque na granulometria da terra crua. Apesar de os testes relatados neste capítulo terem sido feitos com terra crua peneirada, ainda surgiram pequenos grãos que atrapalharam a obtenção de uma superfície totalmente lisa. Para se conseguir uma superfície tão lisa quanto a cerâmica, é preciso que a terra seja peneirada com a peneira mais fina possível.

3 USO DO OBJETO NO DOMÍNIO *CULTURAL*

3.1. Objetivo específico

Analisar o comportamento do objeto e suas interações com o meio físico e social, quando for colocado em uso.

Desenvolver no arquiteto um vasto repertório construtivo, adequado a cada região, de acordo com os materiais disponíveis, o clima, a comunidade, enfim, de acordo com a realidade de cada espaço e tempo.

3.2. Relatório: Estrutura tensionada de cobertura (Formoso, São José do Barreiro, SP)

Este experimento, liderado pelo colega do LILD, Patrick Stoffel, concilia o estudo do objeto no domínio *situacional* com sua aplicação no domínio *cultural* em Formoso, São José do Barreiro, SP. A proposta é fazer uma cobertura tensionada, utilizando bambu, fibras e resinas naturais, para uma casa de madeira que está sem telhado.

Formoso fica a 200 km do Rio de Janeiro e, com exceção do Paulinho, morador do local, o experimento está sendo realizado inteiramente pela equipe do LILD que, de tempos em tempos, faz expedições ao local. Para conseguir unir um grupo significativo de estudantes (aproximadamente oito pessoas), as expedições foram realizadas durante feriados.

Como no próprio local não existe uma estrutura para alojamento e alimentação, a equipe hospedou-se num casarão que fica a, aproximadamente, 7 km do experimento. O convívio imersivo desses encontros proporcionou uma rica troca de experiências entre os pesquisadores.



Figura 43 Local da montagem da cobertura. Foto do autor

Dentro do terreno, de propriedade do professor Ripper, foram plantadas diversas espécies de bambus e, em um descampado, perto dessa plantação, existe uma pequena casa com um único cômodo, montada com madeiras de ipê, que receberá a cobertura aqui relatada.

No laboratório, o pesquisador Patrick Stoffel desenvolveu o modelo em escala reduzida do telhado. Depois de vários testes com o modelo, decidiu-se realizar a cobertura, utilizando feixes de bambu encapsulados⁶ e tensionados com uma tela recoberta com resina de mamona carregada⁷ com terra crua.

A primeira expedição realizada, em abril de 2011, foi com o objetivo de extrair e armazenar os bambus, e a data para a ida da equipe foi definida pela fase da lua. A retirada do bambu precisa ser feita durante a lua minguante, quando a planta possui menos seiva com amido e fica menos propensa ao ataque posterior de insetos. Neste momento foi possível aprimorar técnicas de extração, limpeza, transporte e armazenamento dos bambus.

A extração do bambu é uma tarefa que varia muito em função do ambiente físico, onde o bambuzal se encontra. O item de maior relevância foi a distância entre o bambuzal e o local onde o bambu será armazenado ou utilizado. Nesse caso, o bambuzal estava próximo a um curral desativado que serviu de

⁶ Técnica desenvolvida no LILD, onde o bambu recebe uma camada de resina de mamona para protegê-lo de insetos e intempéries.

⁷ Dá-se o nome de carga ao sólido agregado para espessar as resinas.

armazém. A distância do bambuzal até o curral era de, aproximadamente, 500 m. O bambuzal possuía um caminho aberto ao lado, e o acesso estava livre. Ao cortar o bambu deve-se ter sempre o cuidado de escolher o bambu maduro - geralmente o mais alto, mais amarelo e que possui algumas manchas - e cortar logo acima do nó para não gerar, com o corte, um local que armazene água e apodreça o bambuzal. Ao retirar o bambu da moita, a etapa seguinte é retirar os galhos - limpar o bambu. Nesse momento, foi perceptível a diferença de velocidade entre o Paulinho e os estudantes. A forma com que este, com sua vivência e cultura local, segurava a foice e os bambus e fazia o gestual para a limpeza, foi um aprendizado para a equipe, aprendizado possível pela interação com o ambiente social proporcionado pela pesquisa.



Figura 44 Gestual na limpeza e corte do bambu. Foto do autor



Figura 45 Detalhe do gestual no corte do bambu. Foto do autor

O transporte foi feito manualmente. Foram formados feixes de, aproximadamente, cinco bambus e estudadas algumas formas de amarração, para facilitar o serviço. A amarração utilizada baseou-se na alça e no torniquete, similar à adotada nas geodésicas. Além da simplicidade e da rapidez, esta amarração proporcionou uma posição boa para a coluna. O fato de duas pessoas levarem o feixe, o que a princípio pareceu um desperdício de mão de obra, transformou-se em um ambiente mais agradável de trabalho, pois, além de fazer menos força, as duas pessoas, andando lado a lado, caminhavam e trocavam ideias ao mesmo tempo.



Figura 46 Primeiras tentativas de fazer os nós, para o transporte dos bambus. Foto do autor



Figura 47 Utilização de alça e torniquete para fazer o nó e transportar os bambus. Foto do autor



Figura 48 Detalhe do nó, utilizando alça e torniquete. Foto do autor



Figura 49 Método de transporte dos bambus. Foto do autor

Armazenar bambus é uma etapa que muitas vezes recebe pouca atenção, mas pode destruir todo o trabalho. É importante armazená-los em um ambiente protegido da chuva e, se possível, não deixar o bambu em contato direto com o solo. No caso, conseguiu-se um local privilegiado com área coberta, onde foi possível colocar os bambus num ambiente protegido e aerado. Depois de,

aproximadamente, três meses, os bambus estavam em perfeito estado para ser utilizados.



Figura 50 Armazenamento dos bambus. Foto do autor

A segunda expedição da equipe, em julho de 2011, teve o objetivo de iniciar a montagem da cobertura. Nesta etapa, foram realizados os feixes de bambu da estrutura principal e montada a estrutura em tensegrity⁸, que gerou a base para o tecido tensionado com mamona carregada de terra crua.

⁸ Tensigridade ou integridade tensional é um dos temas estudados na linha de pesquisa do LILD. Baseia-se no padrão resultante de uma relação de mútuo incremento entre forças contrárias e complementares de tração e compressão.



Figura 51 Convívio na casa onde a equipe pernoitava.⁹ Foto do autor



Figura 52 Ambiente de trabalho. Foto do autor

⁹ Este convívio permitiu vários momentos de conversa sobre os experimentos que foram essenciais para as decisões tomadas em campo.



Figura 53 Modelo do telhado em escala reduzida feito por Patrick Stoffel. (Stoffel, Correia de Melo & Ripper, 2013) Foto do autor



Figura 54 Detalhe da proteção da extremidade dos feixes de bambu. Foto do autor



Figura 55 Detalhes do acabamento dos feixes estruturais de bambu. Foto do autor

Todo material manufaturado necessário - resina, cabos, tecidos etc. - foi levado de carro, desde o Rio de Janeiro, e os bambus e a terra crua foram extraídos do próprio local. Com as resinas, cabos e tiras de tecido de algodão, os feixes foram encapsulados.

Depois dessa expedição, Patrick e outros pesquisadores seguiram fazendo viagens para o local, dando sequência ao experimento. Em fevereiro de 2013, o experimento ficou com a estrutura pronta, a rede de cabos instalada e parte da membrana finalizada.

Reflexões

O gestual do matuto, as formas de carregar os bambus e, principalmente, a troca de ideias que o ambiente de trabalho em equipe permite foram aprendizados que esse experimento forneceu. O experimento foi uma rica interação entre os domínios *situacional* e *cultural*. No domínio *situacional*, em laboratório, foi feito o modelo em escala reduzida, essencial para os trabalhos e decisões no domínio *cultural*.

3.3.

Relatório: Forno imediato em fibrobarro (Formoso, São José do Barreiro, SP)

Este experimento de forno surgiu de uma ação espontânea decorrente da simples necessidade de esquentar um alimento. A equipe do LILD estava trabalhando em campo, em julho de 2011, num terreno perto da cidade de Formoso, São José do Barreiro, SP. A proposta era desenvolver uma estrutura tensionada de cobertura, descrita no capítulo anterior. O forno foi criado como um objeto secundário. Ao ficar pronto, o prof. Ripper observou que eu havíamos desenvolvido um método de trabalho, que foi o seguinte:

Não havia no local infraestrutura preparada para fazer ou esquentar comida. Na hora do almoço, o alimento era esquentado em uma fogueira improvisada. No local, onde se fazia a fogueira, existia uma plantação de bambu, uma nascente e diversos montes de terra de formigueiros inativos. Ou seja, ali estava todo o material necessário para construir um forno que poderia otimizar o tempo de almoço. No terceiro dia de trabalho, pela manhã, coloquei-me na função de construir um fogão que, na hora do almoço, já estava sendo utilizado para esquentar o alimento da equipe.



Figura 56 Terra misturada com fibras, pronta para ser utilizada no forno. Foto: Equipe LILD (2011/12/13)

Sem pretensões de transformar o forno em um experimento propriamente dito, sua execução propiciou uma série de informações sobre a utilização de

materiais do local e acabou sendo uma rica fonte para o estudo do objeto no domínio *cultural*.



Figura 57 Fogão sendo utilizado com a terra ainda úmida. Foto do autor

Para a execução do fogão, foram utilizados alguns tijolos maciços reaproveitados (esquecidos no meio do mato). Logo pela manhã, esses tijolos foram assentados e revestidos com o fibrobarro servindo como fundação para a construção do forno. Na parte da tarde, na execução do forno, foram utilizados apenas o fibrobarro e alguns pedaços de bambu, que serviram para estruturar a parte superior do forno, moldado com um tampo para fazer *chapatis*¹⁰. Esta última técnica assemelha-se bastante ao cob, técnica que consiste, basicamente, em moldar o fibrobarro com as mãos.

Pode-se dizer que o cob é a técnica de construção mais democrática e mais simples do mundo. Ela não possui perigos e é acessível a todos, de forma que mulheres, crianças e pessoas idosas podem participar do canteiro de obras. (Weismann, 2010 p. 81)

Geralmente, a terra que fica na superfície do solo é rica em matéria orgânica e não é boa para a construção. É necessário escavar para encontrar a camada livre de matéria orgânica. No caso, a própria formiga trouxe essa terra para a superfície, dispensando os trabalhos de escavar e peneirar. Foi escolhida

¹⁰ Pão típico da culinária indiana.

a terra localizada perto da nascente, pois já estava descansada. As fibras eram o próprio tapete de folhas de bambu caídas pelo caminho, entre a nascente e o local onde seria construído o forno. Foi um privilégio encontrar todo esse material num trajeto tão curto (aproximadamente 20 m). Isso facilitou e acelerou bastante a execução do forno.

Existem alguns testes bastante simples que podem ser feitos para saber se uma terra é boa para construir ou não. Segundo Lengen (2002, p.298), a cor negra (gordurosa) ou branca (arenosa) não serve para adobes; a vermelha ou castanha serve, e a amarelo-clara é a melhor. No caso, a terra tinha uma cor castanha e não tinha odor proveniente da deterioração de vegetais. Estes testes são preliminares e empíricos, que valem como indicadores, mas não devem ser tomados como regra.

No final do dia, a cinza gerada pela lenha utilizada serviu para dar o acabamento do reboco. A poeira da cinza foi espalhada em toda a superfície, utilizando as mãos para misturá-la no fibrobarro ainda úmido. Em um curso com o professor Canrobert, Ecofazenda João de Barro, foi ensinado a utilizar a cinza como um rico agregado para o reboco, mas, para obter as características pozolânicas¹¹ da cinza, são necessários alguns cuidados, que não foram tomados nesse experimento.

A cinza quando utilizada deve ser selecionada observando que a tolerância na presença de carbono não deve ultrapassar 5%, o que prejudicaria a reação, retardando a ação pozolânica da mistura. A utilização de cinza volante na estabilização de misturas de solo cal deve seguir uma proporção correta, com resultados melhores do que o uso indiscriminado desse material (Guimarães, 2002, *apud* Ghattas, Almeida & Camarini, 2012).

¹¹ Pozolanas são materiais siliciosos ou silico-aluminosos, naturais ou artificiais, que contêm um elevado teor de sílica em forma reativa, isto é, numa qualquer forma não cristalina (vítrea) e finamente pulverizada, capaz de reagir, na presença de água e à temperatura normal, com hidróxido de cálcio.



Figura 58 Forno feito ao lado do fogão. Foto do autor

O formato do forno surgiu no momento, e não existiu nenhum tipo de projeto ou protótipo. Seguramente, a construção desse forno foi influenciada por diversos fornos similares já vistos.

Na hora do almoço, a terra do fogão ainda estava úmida. Como se tratava de um fogão sem grandes compromissos de resistência, não se esperou secar a terra para acender o fogo. No dia seguinte, o forno estava seco e apenas a terra interna, em contato direto com o fogo, apresentou rachaduras que sequer foram reparadas. O forno funcionou nos dias seguintes e segue funcionando até hoje, há quase uma nos e meio depois de sua construção.



Figura 59 Fogão sendo observado pelo professor Ripper. Foto do autor

Devemos ter um 'jogo de cintura' para conhecer diversas técnicas e adaptá-las às diferentes situações que encontramos em determinado meio cultural. Não nos interessa ter um manual de técnicas construtivas. Ao contrário do modo industrial de produção que replica o objeto, as técnicas convivenciais estão em constante desenvolvimento e mudam conforme a transformação espontânea e imprevisível dos meios físico e social. (Ripper, 2012)¹²

Segundo Weismann (2010 p.41), um substrato composto de 15% a 25% de argila e 75% a 85% de agregados constitui um material bruto ideal para uma mistura de cob, mas, segundo Velez (2000 p.61), para ser um arquiteto você precisa de algum senso de culinária para compor a mistura entre os componentes. Eis aí a grande dificuldade de propor uma receita e proporções para a constituição ideal de um fibrobarro ou qualquer outra técnica de construção com materiais naturais. A "mão" ou esse "jogo de cintura" são essenciais para a massa não desandar.

O matuto que trabalha no terreno, o Paulinho, acompanhou e ajudou na execução do forno. Rapidamente entendeu a técnica e, juntos, fizemos com terra, tijolos maciços e bambus, dois bancos e reparos em uma parede de tijolo maciço lateral ao forno. Foi interessante ver que, apesar de seus conhecimentos, passou mais de dez anos esquentando sua comida em uma fogueira e nunca havia pensado em fazer ali um forno. A melhoria em seu ambiente de trabalho

¹² Fala do professor durante um dos jantares com a equipe.

gerou um contentamento explícito e ele utiliza o forno até hoje. Com a técnica aprendida, Paulinho fez outras melhorias no local.



Figura 60 Paulinho e o professor Ripper. Foto do autor

Reflexões

A técnica de construção com materiais naturais do local varia de acordo com o meio. Próximo ao local desse experimento, por exemplo, as formigas peneiraram a terra e não foi preciso uma peneira. A localização da terra, ao lado da nascente, fez com que esta descansasse, dispensando também a necessidade de baldes ou masseiras. Ou seja, neste domínio *cultural*, foram dispensados quase todos os dispositivos e acessórios que seriam necessários, caso esse objeto fosse realizado no domínio *situacional*.

3.4.

Relatório: Capela com estrutura geodésica (Andrelândia, MG)

Este experimento refere-se à reconstrução de uma capela dentro de uma pousada em Andrelândia, MG, a 250 km do Rio de Janeiro, em julho de 2010.

A capela, feita com bambu, terra crua, pedras e cobertura de fibras naturais, fora construída também pela equipe do LILD, anos antes, mas por problemas existentes na cobertura, recebeu chuva e teve uma parte estrutural deteriorada. A pedido da proprietária, a equipe voltou ao local para a reforma.

Decidiu-se desmontar toda a estrutura antiga e refazer toda a geodésica com bambus novos.



Figura 61 Coleta dos bambus perto da capela. Foto do autor



Figura 62 Corte dos bambus e preparo dos cabos para as amarrações. Foto do autor

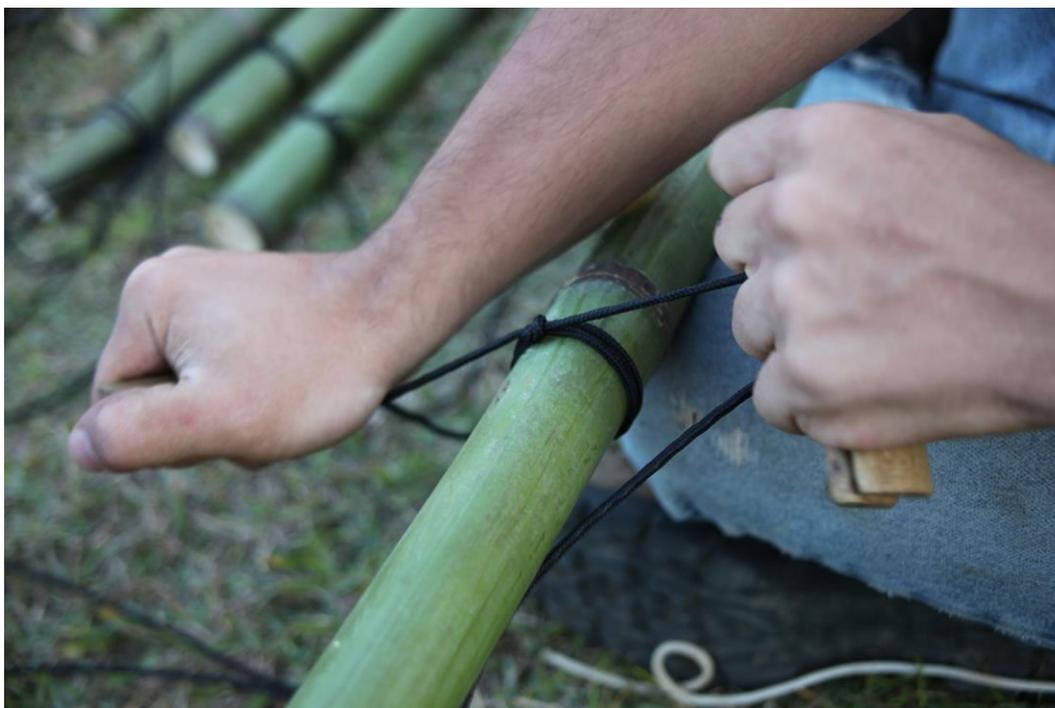


Figura 63 Preparo das peças antes de iniciar a montagem na geodésica. Foto do autor

Todo o material utilizado na capela a ser reformada foi reaproveitado ou foi renaturalizado¹³.

Parte dos bambus utilizados foi levada de carro do Rio de Janeiro, e outra parte foi retirada da própria região. Pela observação do prof. Ripper, a

¹³ Termo que se baseia no conceito de renaturalização dos materiais (Manzini, 2002), referente a materiais que possuem biodegradação rápida, quando descartados no meio ambiente.

existência de inúmeras construções com bambu pela cidade, sem ataques de insetos, principalmente cercas das propriedades, constata-se que naquele ambiente não existe uma grande infestação de insetos daninhos ao bambu. Sendo assim, os bambus foram colhidos mesmo com a lua não estando na fase minguante.



Figura 64 Equipe, no domínio *cultural*, ao analisar o modelo em escala reduzida da capela. Foto do autor

No laboratório, seguindo metodologia adotada no LILD, foram feitos um modelo reduzido da estrutura da capela e um modelo em computação gráfica (Correia de Melo, 2011), os quais auxiliaram na quantificação e dimensionamento das peças de bambu necessárias para a construção da geodésica. Com isto em mãos, as equipes dividiram-se em cortes de bambus e preparação das amarras. A partir de técnica desenvolvida em laboratório, utilizou-se o giro¹⁴ (Moreira, 2008), com amarração de torniquete para a união das peças e montagem da geodésica. Tomou-se o cuidado de proteger todas as extremidades dos bambus com uma lona amarrada, que, após a instalação da cobertura, foi retirada.

¹⁴ Técnica desenvolvida pelo LILD para união das extremidades dos bambus nas geodésicas utilizando amarração.



Figura 65 Trabalho de amarração dos bambus. Foto do autor

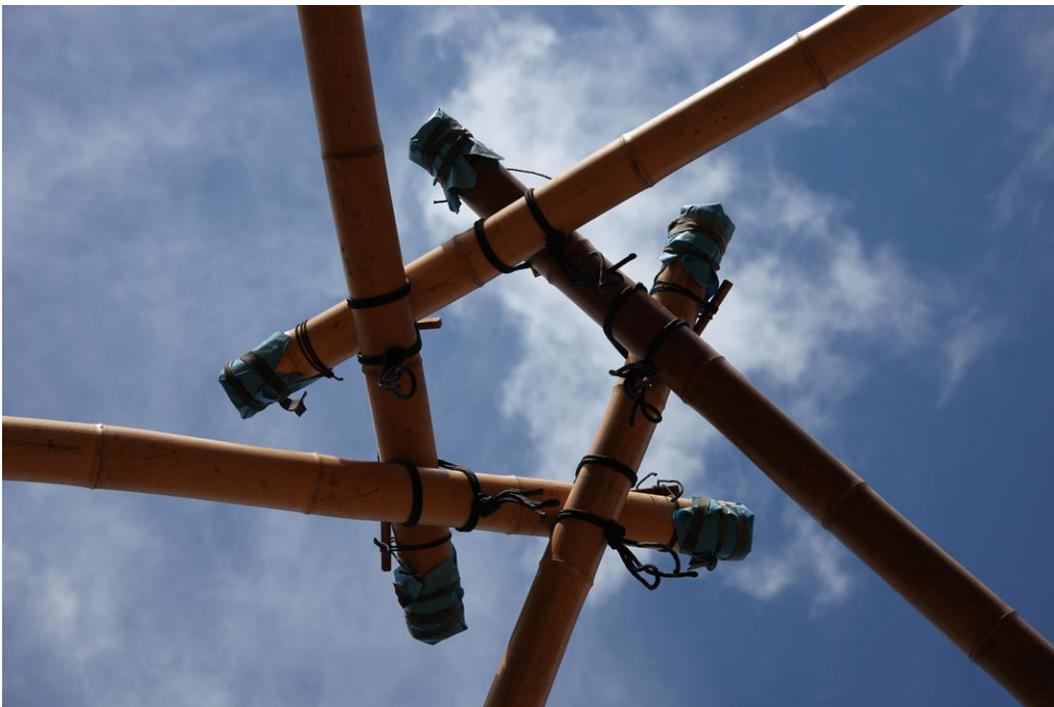


Figura 66 Amarração, utilizando o giro no domo geodésico. Foto do autor



Figura 67 Detalhe da amarração, utilizando alça e torniquete. Foto do autor



Figura 68 Equipe em análise da estrutura. Foto do autor



Figura 69 Vista geral da estrutura da capela. Foto do autor



Figura 70 Capela finalizada. Foto: Equipe LILD

Depois de finalizada a geodésica, outra equipe fez o telhado de fibras naturais. Atualmente, a capela está pronta e sendo utilizada.

Reflexões

A integração entre os modelos em escala reduzida realizados no domínio *situacional* e a construção no domínio *cultural* mostrou-se bastante eficiente, tanto para auxiliar nas questões relativas ao ambiente físico - quantificação e dimensionamento dos bambus a ser extraídos do local - quanto ao ambiente social - facilitando a comunicação com o cliente e o entendimento dos processos construtivos locais.

3.5.

Relatório: Túnel em fibrobarro utilizado para exposição na PUC-Rio

Dando sequência aos estudos de formas estruturais compatíveis com o fibrobarro em domínio *situacional* (subcapítulo 2.3), foi desenvolvido um túnel como espaço expositivo na PUC-Rio, em setembro de 2011, utilizando a forma catenária como matriz.

O experimento foi instalado em uma área nobre da PUC, perto da entrada da Universidade, ao lado do pilotis, onde alunos e professores de todas as áreas se encontram. Esse ambiente gerou um interesse multidisciplinar e uma interação bastante enriquecedora entre diversas áreas de conhecimento da Universidade.

Muitos alunos se interessaram e ofereceram ajuda em diversas etapas do processo, além de dezenas de pessoas que chegaram para ver e perguntar sobre as técnicas e materiais adotados. O próprio ato construtivo funcionou como uma exposição do "fazer" e, em alguns momentos, chegou a atrair mais visitantes do que o próprio túnel finalizado.

Durante a exposição, houve um revezamento entre os membros da equipe do LILD, com o objetivo de ter sempre um monitor no local para dar explicações, não somente sobre os objetos expostos, mas também sobre o túnel em si.

Um dos objetivos deste trabalho foi testar o comportamento do fibrobarro em paredes de, aproximadamente, 0,8 cm de espessura em forma de catenária. Para proteger o túnel da chuva, foi instalada uma cobertura de lona tensionada sobre o experimento.

Foram estudadas diversas possibilidades para iluminar os objetos expostos dentro do túnel escuro. Pensou-se em leds, lanternas de cabeça, velas

etc. No final, foram utilizadas lâmpadas convencionais com baixa luminância e também foram disponibilizados candelabros de bambu com vela para as pessoas carregarem durante a visita.

Diversos grupos de crianças visitaram o experimento. Vê-los, interagindo com o túnel, deixou evidente o lado lúdico que o objeto proporcionou. A escala do túnel e a escuridão interna faziam da travessia um desafio para os sentidos humanos, o que transformou o percurso em uma experiência interessante para usuários de todas as idades.

O túnel foi desmontado e praticamente todo o material foi reutilizado. As placas de fibrobarro foram enroladas em bambus com uma lona preta para manter as superfícies sem contato umas com as outras. Todas essas placas foram levadas para a UFMG, em Belo Horizonte, e reaproveitadas em outra exposição onde foi construído um domo também em fibrobarro. As peças metálicas que ajudaram na sustentação voltaram ao local de onde vieram. Ou seja, foi possível, no domínio *cultural* o reaproveitamento dos materiais.



Figura 71 Estudo, em escala reduzida, da forma catenária que determinou a forma do túnel. Foto do autor



Figura 72 Modelo em escala reduzida de um módulo do túnel. Foto do autor



Figura 73 Equipes divididas entre os trabalhos de amarrações das tramas e o fibrobarro. Foto do autor



Figura 74 Soltando as fibras dos feixes de sisal. Foto do autor



Figura 75 Preparo das placas de fibrobarro. Foto do autor



Figura 76 Preparo das placas de fibrobarro. Foto do autor



Figura 77 Vários bambus foram utilizados temporariamente, para manter a curva do túnel até a secagem completa do fibrobarro. Foto do autor



Figura 78 Execução do túnel, faltando o módulo central. Foto do autor



Figura 79 Túnel finalizado. Foto do autor



Figura 80 Túnel no dia da inauguração da exposição. Foto do autor



Figura 81 Desmontagem do túnel. Foto do autor



Figura 82 Na desmontagem, as placas de fibrobarro foram enroladas para ser reutilizadas em outra exposição. Foto do autor

A ideia inicial era construir o túnel utilizando um reforço estrutural somente no processo de execução e, depois do fibrobarro seco, este reforço seria retirado, ficando o túnel exclusivamente com terra crua e fibras. Isto não foi possível e o túnel acabou necessitando do reforço, mesmo depois de seco. Durante o processo de construção, a resposta do fibrobarro à forma catenária pareceu funcionar, mas faltou uma técnica que proporcionasse mais precisão na forma final. O peso da terra molhada foi um grande desafio para manter a forma catenária, enquanto o fibrobarro secava. A deformação da forma catenária pode ter sido um dos motivos que fez o túnel necessitar de reforço estrutural, mesmo depois de seco.

Reflexões

O fato de o túnel ter sido construído e destruído possibilitou a observação do ciclo dos materiais envolvidos. Praticamente todo o material pôde ser reutilizado ou renaturalizado.

A oportunidade de contar com voluntários, que nunca tinham trabalhado com o fibrobarro, possibilitou a experiência de ensinar técnicas construtivas em

atividades práticas que estimularam a convivência e o aprendizado de tecnologias acessíveis, utilizando materiais localmente disponíveis.

O experimento demonstrou um caminho que pode e deve continuar sendo trilhado: a compatibilidade da forma estrutural da catenária com o fibrobarro.

3.6.

Relatório: Minhocário na horta comunitária Jardim Anil (Rio de Janeiro, RJ)

Um dos grandes desafios da construção com técnicas não convencionais é a formação de mão de obra para a execução e manutenção dos objetos em ambientes físico e social. Este experimento foi focado nessa questão: Como disseminar para a comunidade as técnicas desenvolvidas em laboratório?

A atividade aqui relatada foi realizada com um grupo responsável por uma horta comunitária, na comunidade do Jardim Anil, localizada em uma área carente da cidade do Rio de Janeiro. A atividade foi planejada com base nas técnicas convivenciais levantadas por Ivan Illich (1976) e na educação problematizadora apontada por Paulo Freire (1987).

O Jardim Anil foi criado no ano 2000. Situa-se ao final da Estrada Curipós, englobado pelo condomínio Jardim Clarisse, na localidade do Anil no bairro de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, RJ. Trata-se de uma pequena comunidade chamada informalmente, pelos moradores das redondezas, de “rua das casinhas”. Foi estabelecida a partir da desapropriação das moradias da antiga favela do Canal do Anil, retirada para as obras da calha do Rio Anil. O local possui 220 casas e, aproximadamente, mil moradores. Abriga famílias com renda média de dois salários mínimos com quatro filhos e razoável infraestrutura de água, luz, esgoto e telefone. O caráter personalizado das habitações - indicando aí o dedo do morador nas decisões construtivas, tendo cada casa cores e ornamentos de fachada próprios - difere da monotonia formal dos conjuntos habitacionais padronizados, tantas vezes contestados do ponto de vista social. Em uma área de 14.000 m², na “rua das casinhas”, destinada à Fundação Parques e Jardins (FPJ) da Prefeitura do Rio, existe a horta orgânica, implantada pela Associação de Moradores e Amigos do Jardim Anil (Amaja), em 2006, com orientação do Rio Hortas, por intermédio do Projeto Horta Escola da FPJ. (Correia de Melo, Yamaki & Ripper, 2012)

A comunidade fica a, aproximadamente, 15 km da PUC-Rio, e o trabalho do minhocário começou no início de 2011. Além da troca de saberes, o experimento teve o objetivo específico de observar o comportamento estrutural de um muro com manta de fibrobarro, armado sobre uma treliça composta por

bambus de 1,5 cm a 2,5 cm de diâmetro, com espaçamento de trama de, aproximadamente, 30 cm.

O LILD desenvolve objetos que possam ser facilmente assimilados pelas comunidades que venham a fazer uso dessas tecnologias, logo, os materiais utilizados devem ser facilmente encontrados nos locais, as técnicas construtivas devem ser simples e a utilização de ferramentas de fácil manuseio permitem a interação das pessoas envolvidas no processo, gerando dessa maneira, sua autonomia. (Alvares, 2008)

No início de 2011, um pequeno grupo do LILD - entre três e quatro pesquisadores - começou os encontros com o grupo do Anil. Foram feitas oficinas de amarração e miniaturas para possibilitar uma primeira aproximação entre as pessoas e, também, uma breve introdução às técnicas desenvolvidas no laboratório. Os encontros seguiram buscando a confiança mútua e o empoderamento¹⁵ do grupo do Anil. Depois de alguns encontros, o grupo já demonstrava interesse nas técnicas e confiança na equipe do LILD. Foi então promovido um encontro no próprio LILD, onde o grupo do Anil pôde ver vários modelos em escala reduzida de objetos feitos com as técnicas aprendidas e também fazer uma treliça de bambu em tamanho real. Esse momento foi importante para aumentar a autoestima do grupo do Anil e deixá-lo a par da realidade do LILD e da seriedade com a qual é desenvolvido cada experimento. Muitos carregavam o preconceito de que as construções com terra crua e bambu são algo inferior. Ver o laboratório e os objetos ali expostos foi fundamental para que entendessem a seriedade e o valor do objeto que o LILD estava propondo realizar. Com o conhecimento das possibilidades construtivas, foram sugeridas, pelo próprio grupo do Anil, edificações que a horta comunitária necessitava e, dentre várias sugestões, optou-se por fazer a estrutura para o minhocário. A partir desse encontro, vários pesquisadores do LILD começaram a participar ativamente dos outros encontros no Anil. O grupo de pesquisadores aumentou, variando entre seis e dez pessoas.

Com uns bambus *Phyllostachys aurea*, que estavam armazenados no LILD, e alguns *Bambusa tuldoides*, colhidos em Jacarepaguá, iniciou-se a construção da treliça, e foi preparado o local para a implantação do minhocário. Como base estrutural, foram utilizadas pedras do local - esta base serve para evitar o contato direto da treliça com a umidade do chão. Nesse momento, praticamente todos já se conheciam e o grupo do Anil, a cada encontro, demonstrava mais facilidade na execução dos nós e manejo dos bambus.

¹⁵ A pessoa, grupo ou instituição empoderada é aquela que realiza, por si mesma, as mudanças e ações que a levam a evoluir e se fortalecer (Freire, 1992)

Apesar da dificuldade de compatibilidade de horários, manteve-se um ritmo semanal de encontros para o experimento não perder a continuidade.



Figura 83 Professor Ripper e dona Dirce, líder da comunidade, trocando informações. Foto do autor

O próximo passo foi revestir a treliça com fibrobarro. Para firmar a treliça e formar uma barra horizontal de apoio para as mantas de fibrobarro, foram fixadas ripas de bambu na horizontal em todo perímetro da treliça. A terra do próprio local não era boa, pois, praticamente, toda a horta foi construída sobre um aterro. O grupo do Anil conseguiu autorização para utilizar uma terra que havia sobrado do recapeamento de uma quadra, nos arredores, e com esta foi feito o fibrobarro. A terra foi peneirada e armazenada na caixa d'água que posteriormente, foi usada como criatório das minhocas.

O túnel, relatado no capítulo anterior, havia sido feito há pouco tempo e nele o método de construção das mantas de fibrobarro em mutirão foi evoluído. Como esta etapa do experimento no Anil tinha muita semelhança com o túnel, foi decidido usar um método similar de elaboração das mantas de fibrobarro no minhocário.

A equipe do Anil teve facilidade na assimilação do método, e o fato de em todo o processo utilizar apenas materiais naturais, sem riscos à saúde, possibilitou a participação de todos, sem a necessidade de equipamentos ou treinamentos especiais.



Figura 84 Membros da comunidade, estudantes e professores, trabalhando em conjunto. Foto do autor



Figura 85 Detalhe da execução das mantas de fibrobarro. Foto do autor

Simultaneamente à elaboração do fibrobarro no Anil, estava sendo feito, no laboratório, o modelo em escala reduzida, para que a cobertura fosse estudada. A primeira ideia surgiu da equipe do LILD, e a cobertura seria feita por duas cúpulas catenárias. Mas, pela familiaridade que o grupo do Anil já tinha com a treliça, a cobertura foi adaptada para utilizar essa técnica já assimilada. Dessa forma, seria dada mais uma função prática para a treliça, fortalecendo o aprendizado e evitando uma mistura desnecessária de técnicas num mesmo objeto. Esta atitude demonstrou, mais uma vez, a importância do domínio *cultural* como delineador de decisões para a elaboração do objeto.



Figura 86 Modelo em escala reduzida, feito em domínio *situacional* de laboratório (Yamaki, 2012), com a opção inicial de duas cúpulas catenárias. Foto do autor



Figura 87 Membros do Anil em visita ao túnel (descrito anteriormente), na PUC-Rio. Foto do autor



Figura 88 Minhocário, agosto de 2012. (Correia de Melo, Yamaki & Ripper, 2012)

Reflexões

As técnicas com fibrobarro são de fácil assimilação e, com alguns cuidados para transmitir o conhecimento, é possível formar uma mão de obra de qualidade, para executar e fazer manutenção em objetos construídos com essas técnicas.

Ao formar uma mão de obra capaz de realizar trabalhos com fibrobarro, além de ensinar a execução e a manutenção de um objeto específico, também está sendo dada a oportunidade, ao grupo, de realizar outros objetos de forma autônoma, empoderando esse grupo a fazer melhorias em suas comunidades praticamente sem custos.

3.7.

Relatório: Reforma do interior de um apartamento em Botafogo (Rio de Janeiro, RJ)

Construir a própria casa é talvez a maior insanidade que uma pessoa possa fazer na vida. É um trabalho quase infinito que coloca sua vida de cabeça para baixo, mas é também a atitude mais primordial. Com exceção dos humanos, nenhum animal contrata outro para construir sua casa. Esse ato é quase instintivo, como comer, respirar etc. Insanidades geralmente não possuem muitas explicações e, por isso, não sei explicar bem porque fiz isso, mas resolvi reformar meu apartamento sozinho e com as próprias mãos.

Se as casas podem ser construídas pelo povo, elas devem ser construídas pelo povo. Arquitetura não deveria ser uma arte restrita a um círculo social de arquitetos, deveria ser a arte do povo, a expressão de seu estilo próprio de vida. (Fathy, 1980 *apud* Steele, 1997 p. 109-110)

O estudo de caso me permitiu fazer vários experimentos, sem o compromisso de que tudo funcionasse perfeitamente. O objetivo específico era experimentar técnicas e materiais que diminuíssem o impacto ambiental causado pelas obras convencionais (feitas com tijolo furado, cimento, areia e pinturas sintéticas). O objetivo maior, além do aprendizado, foi, logicamente, construir a própria moradia.

3.7.1.Sobre o apartamento

Comprei um pequeno apartamento (20 m²), em Botafogo, no final de 2010. Demoli uma parede existente, todo o reboco e piso. Reconstruí, utilizando como material terra crua, areia, cal, água e cola PVA nos rebocos, pisos e paredes.

O apartamento está localizado em um centro urbano com uma praia poluída em frente. Na avenida de mais de 100 m de largura em frente ao prédio, passam ônibus para todos os locais do Rio e a poucos metros está a estação de metrô Botafogo e uma ciclovia, que passa pela orla da cidade. A três quarteirões de distância, existe um depósito de material de construção, onde foi comprada a terra preta (terra de barranco) e a areia utilizada na obra. O prédio não possui garagem e contém setecentos apartamentos com a mesma dimensão.

Cerca de metade da humanidade vive hoje em cidades e, até 2030, quase 60% da população mundial viverá em áreas urbanas (Departamento de Informação Pública das Nações Unidas, 2012). Por isso, considera-se relevante um estudo de técnicas construtivas de baixo impacto ambiental no centro urbano - um estudo de técnicas e materiais compatíveis com a estrutura urbana existente e que se adapte a reformas de apartamentos e casas convencionais.

Depois de quinze anos construindo casas e lojas para clientes, resolvi construir para mim. E o fiz me envolvendo literalmente de corpo e alma. Nas obras que gerenciava, via os pedreiros trabalhando e tinha vontade de fazer eu mesmo, mas não podia. As obras não permitiam erros. Nesta experiência coloquei a mão na massa em todas as etapas. Fiz isso como se faz uma grande aventura, ou seja, sem a mínima ideia do trabalho que daria. Pois, se soubesse, não teria nem começado. Mas, já que comecei, acabei. Então segui numa missão braçal de carregar os sacos de terra e areia, peneirar, misturar, mexer, aguar e aprendi muito mais que imaginava.

Logo que comprei o apartamento, comecei a demolição do piso, paredes, reboco e contratei um bombeiro para demolir o esgoto e fazer a nova rede hidráulica.

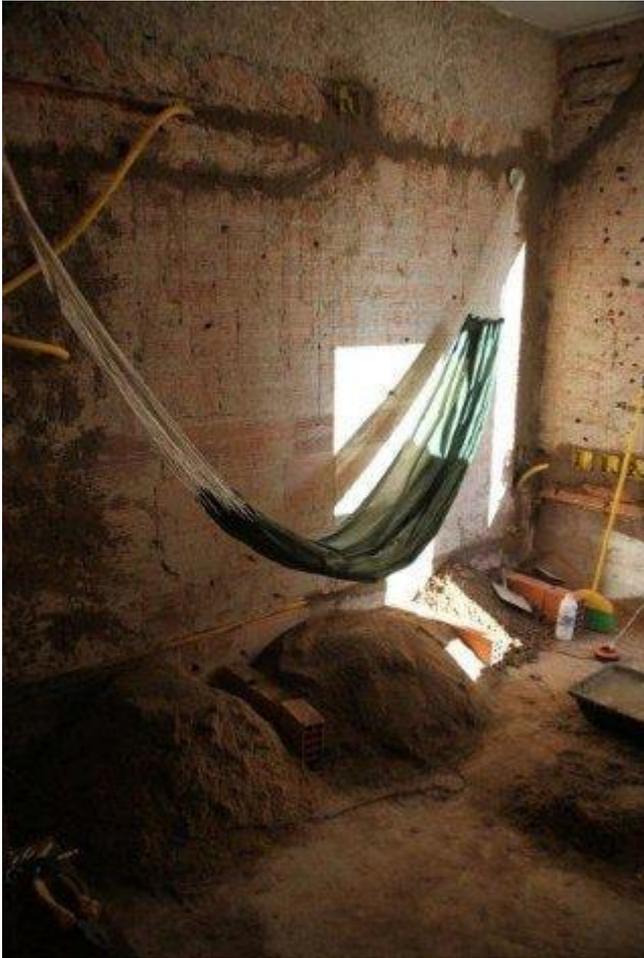


Figura 89 Início da obra no apartamento. Foto do autor

Com tudo demolido e o apartamento "no osso", em janeiro de 2011, ia e vinha todos os dias de uma casa que alugava perto de Vargem Grande, aproximadamente, 30 km dali. Perdia muito tempo nessas idas e vindas e resolvi morar dentro da obra - no caos e na lama. Dormi muitas vezes flutuando na rede sobre o monte de terra que descansava para ser utilizado no dia seguinte.

Todo resíduo da demolição de alvenaria poderia ser reutilizado na obra. As partes mais finas poderiam ser utilizadas no reboco, e as partes maiores poderiam ser utilizadas como preenchimento das paredes com diferentes técnicas, como, por exemplo, o barro telado. Isso é bastante válido, quando se quer preservar a memória da casa a ser demolida, pois, de alguma forma, o material segue na casa. No caso do meu apartamento, ocorreu o contrário. Preferi retirar essa memória. Parece que o ex-morador fumava muito e fazia muita comida refogada e frituras. O mau cheiro ficou entranhado no reboco e quis colocar uma nova roupa na casa. Por isso, pouco do reboco demolido foi

reutilizado. Este pouco que reutilizei foi mais por uma questão experimental, e funcionou perfeitamente como agregado sólido no novo reboco.

Os meses seguintes foram de muito trabalho e leituras. Com base nos relatos de Minke (2006), Rauch & Kapfinger (2002), Doat et ali (1979) e Houben e Guillaud (2005), busquei os traços e misturas que mais se adequassem às necessidades daquela obra. Mas, mesmo com todas as leituras, não encontrei nenhum relato de uso da terra em paredes de tijolo furado e concreto, como era o caso das paredes existentes no apartamento. Fiz de forma experimental apenas com conhecimento de precedentes de reboco em paredes de terra.



Figura 90 Equipamentos. Foto do autor

3.7.2. Objetivos específicos

- . Experimentar a interação da terra crua, bambu e fibras naturais com a alvenaria e estrutura de concreto existentes.
- . Verificar a economia gerada.
- . Experimentar técnicas para fixação de objetos plásticos na alvenaria como eletrodutos e caixas embutidas.
- . Experimentar os efeitos ambientais do local.
- . Realizar todos os processos construtivos com as próprias mãos para entender e buscar aprimorar cada etapa.
- . Experimentar reboco e pintura com cal.

. Estudar a viabilidade do uso da terra crua em ambiente urbano.

3.7.3. Paredes

As paredes perimetrais existentes são de tijolo furado cunhadas nas vigas de concreto armado com tijolos maciços. Foram feitas duas novas paredes no apartamento. Uma de tijolo furado e outra de pau-a-pique. Com exceção de três paredes do banheiro, todo o restante do apartamento foi rebocado, utilizando terra, areia e cal.

A civilização egípcia já utilizava uma argamassa composta por cal e outros materiais para revestimento do interior das pirâmides. Esse conhecimento foi passado aos romanos que aprimoraram a técnica adicionando argilas pozolânicas em suas misturas, aumentando as propriedades hidráulicas da argamassa. A utilização da cal em edificações e obras viárias foi registrada significativamente na estabilização do leito de base da via Ápia em 312 a.C. No Palácio de Knossos, na Grécia, foram encontrados afrescos pintados em camadas duplas de revestimento feito com uma argamassa de cal estabilizada com cabelos (Boynton, 1980, apud Ghattas, Almeida & Camarini, 2012)



Figura 91 Paredes do apartamento sem reboco. Foto do autor

. Primeiros testes de reboco

O grande desafio estava em descobrir se a terra iria aderir bem à parede existente. A união de materiais diferentes é um ponto delicado. Quase toda bibliografia de construção com terra refere-se ao reboco sobre uma parede também de terra e a situação existente no apartamento exigiu alguns testes para começar os trabalhos com mais segurança.

Os primeiros testes de reboco foram feitos sobre uma parede existente de tijolo furado. O teste A foi com terra peneirada (peneira de arroz) aplicada com pá de pedreiro. O teste B foi feito com o mesmo material, também sobre o tijolo furado, mas sobre um chapisco de cimento. Após 25 dias retirei os testes com uma espátula. O teste A saiu em placas e com facilidade. O teste B se desfez com menos facilidade. Apesar de, aparentemente, os dois testes terem funcionado, fiquei com a impressão de que rebocar simplesmente com a terra, diretamente sobre o tijolo furado (teste A), iria comprometer o reboco a longo prazo. Tentei também fazer um chapisco de terra e areia, mas não funcionou bem. Depois de seco, passava a mão e a areia caía. Ficava apenas a terra lisa, quase uma pintura, que não tinha a propriedade principal do chapisco, que é o atrito.

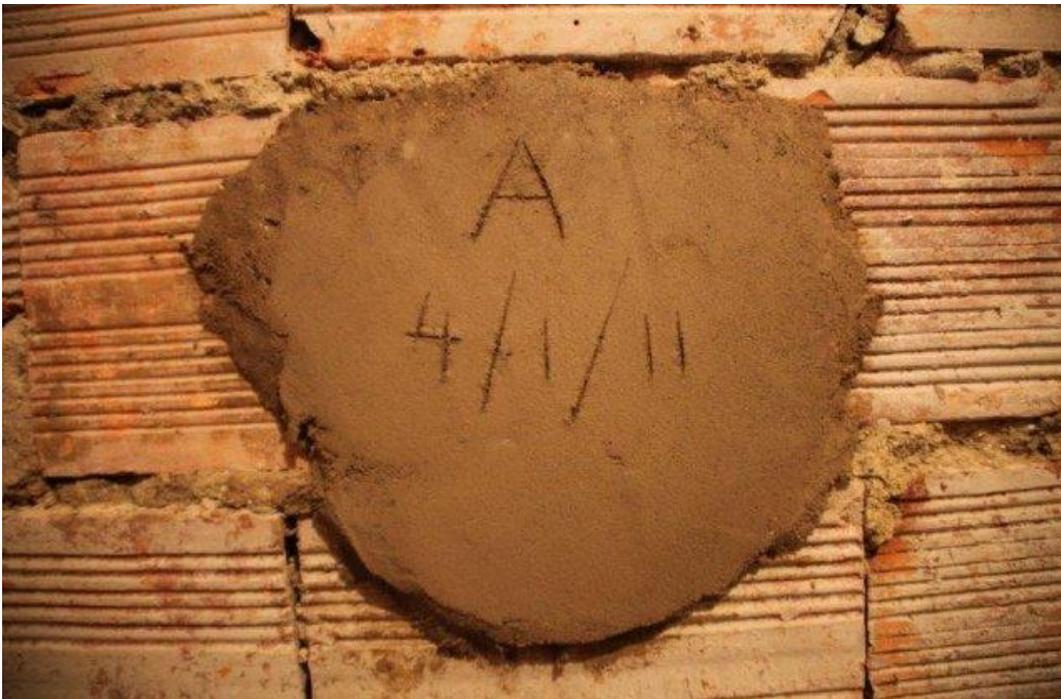


Figura 92 Primeiros testes de reboco. Foto do autor



Figura 93 Teste de chapisco com terra e areia. Foto do autor

Fiz então um terceiro teste, com base na construção convencional, onde se passa branco na parede antes do reboco. A base do branco é o PVA, acetato de polivinila, um polímero sintético proveniente da reação do acetato de vinil. O PVA é a base da cola branca, bem mais barata que o branco e com efeito semelhante, material utilizado em diversos momentos no reboco. Antes de rebocar, molhei a parede com a mistura de água e cola branca (1:20), para auxiliar a aderência no tijolo furado e no concreto. Molhar a parede antes de aplicar o reboco é uma técnica extremamente importante. A secagem da água nos poros do tijolo faz uma espécie de sucção das partículas mais finas do reboco, gerando microcapilaridades que auxiliam na fixação do reboco no tijolo.

Deve-se molhar com uma brocha cada metro quadrado. A água será absorvida rapidamente e, em seguida, deve-se aplicar uma segunda demão até a parede ficar mais escura. Se isso não for feito, a superfície vai ficar muito seca e irá prejudicar a aderência do revestimento. (Rijven, 2008 p.90)

O terceiro teste mostrou-se mais eficiente tanto ambientalmente, pois evitou o uso do cimento¹⁶, quanto na logística da obra, pois o trabalho adicional é

¹⁶ Para Demanboro et ali (2003), a indústria do cimento responde por cerca de 7% da emissão anual de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, e, na produção de cada tonelada de cimento, é lançada 0,6 tonelada de CO₂ no ar.

muito pequeno - basta acrescentar a cola branca à água que já seria, de qualquer forma, utilizada para molhar a parede antes de rebocar.



Figura 94 Teste de reboco com PVA. Foto do autor

. Preparando a terra

Pensei em contratar um servente para fazer o serviço de carregar a terra, peneirar, limpar a obra etc. Mas acabei mantendo o critério da minha proposta e fiz também esse trabalho que, a princípio, julguei desnecessário. Talvez tenha sido aí o processo que mais se aperfeiçoou diante do que vinha fazendo nas obras convencionais.

Geralmente, o servente peneira a terra e a areia e descarta tudo que não passa pela peneira. Ou seja, você gasta energia para retirar e levar esse material até a obra e depois gasta energia para retirá-lo da obra. Foi por isso que pensei em como reutilizar tudo aquilo que não estava passando pela peneira.

As pelotas de terra são ricas em argila e, exatamente por isso, tornam-se pelotas. A argila é o aglutinante da terra que substitui o cimento. Na construção convencional, gasta-se dinheiro para jogar fora as pelotas, aglutinante natural, e gasta-se dinheiro para comprar cimento, aglutinante industrializado. Para evitar esse desperdício, foi montado um sistema para transformar essas pelotas numa

pasta de argila. Comprei três masseiras¹⁷ para ter três etapas de reutilização das pelotas. A primeira etapa era onde eu jogava as pelotas na água. A segunda era de um ou dois dias depois que as pelotas estavam na água, já dissolvidas ou maceradas. A terceira era desse material peneirado na peneira de arroz, o que gerava uma pasta de argila, que funcionou muito bem para acabamentos e melhoria na liga. Quando não tinha uma utilização imediata para essa pasta, guardava-a em latas, descansando na água, para utilização posterior. O material grosso da segunda etapa, que não passava na peneira, era uma mistura de pequenas pedras com a água argilosa e pequenas pelotas que não foram totalmente maceradas. Esse material grosso prestou muito bem para, misturado com a areia que também não havia passado na peneira, tapar buracos das paredes e/ou fazer a parede de pau-a-pique do banheiro. Ou seja, toda a terra crua e a areia que entrou no apartamento foi utilizada de alguma forma.



Figura 95 Massa de terra crua descansando. Foto do autor

A terra é um material constituído de grãos - pedregulhos, areia e silte - agregados pela argila, seu cimento. Mas, na escala nanométrica, a argila é, em si, composta de plaquetas invisíveis a olho nu, ligadas entre elas por pontes líquidas. A água é sua verdadeira aglutinante. Este resultado é fascinante, quando você pensa que a água é também sua inimiga, pelo poder de transformar a terra em lama! A coesão é garantida pela combinação de várias forças devidas à presença da água e do ar. (Ecologik, 2010, p. 75)

¹⁷ Bandejas plásticas usadas geralmente para virar a massa de cimento.

. Colocação de eletrodutos e caixas plásticas com terra crua

Enquanto fazia os testes de reboco, fui rasgando a parede para passar os eletrodutos, assentar as caixas de passagem, quadro de disjuntores e tapar os buracos provenientes da demolição. Para fixar os eletrodutos e tapar os rasgos, utilizei o material grosso.

Assentar as caixas plásticas foi outro desafio. Também não encontrei nenhuma bibliografia sobre este assunto específico. Comecei a fazer alguns testes.



Figura 96 Assentando eletrodutos. Foto do autor

O primeiro teste foi assentar o quadro de disjuntores feito de plástico. Demoli a parte da alvenaria de tijolo furado um pouco maior que o tamanho do quadro e, para assentá-lo, utilizei uma mistura nas seguintes proporções: terra:areia:cimento (20:2:1). À terra e à areia misturadas, adicionei água e deixei descansando por 12 horas. No momento da aplicação, misturei o cimento. Adicionei o cimento, por receio de o plástico não aderir bem à terra. Isso de fato ocorreu em outros testes. No entanto, com outras experiências, acabei substituindo o cimento por materiais menos poluentes, utilizando técnicas de fixação que descreverei a seguir.



Figura 97 Assentando quadro de disjuntores. Foto do autor

O segundo teste foi assentar as caixas elétricas de plástico, utilizando apenas terra. No entanto, percebi que as caixas não ficavam firmes, pois, ao secar, a terra retrai um pouco e descola do plástico. As caixas possuem uma superfície lisa, que também dificulta essa fixação. Alguns testes ficaram assim mesmo e não apresentaram problemas. Não me preocupei com as caixas de passagem ou caixas que teriam apenas interruptores, mas me preocupei com as que teriam tomadas, pois, colocando e retirando as tomadas, fiquei com receio de as caixas se soltarem posteriormente. Para estas, fiz um terceiro teste envolvendo as caixas plásticas com sisal e cola branca. Após a cola secar, assentei as caixas utilizando a terra. A superfície de atrito gerada pelo sisal colado garantiu melhor fixação. Este segundo teste mostrou-se mais eficaz e com ele terminei de assentar todas as outras caixas plásticas.



Figura 98 Eletrodutos assentados com terra e sisal. Foto do autor

Nos casos onde existiram dois eletrodutos num mesmo rasgo, fiquei com receio de surgir trincas e misturei fibras de sisal na massa para fixar e cobrir os eletrodutos. Isso evitou trincas e fissuras, mas dificultou o trabalho.



Figura 99 Problemas com a fixação das caixas. Foto do autor

Testei a colocação de chapisco de terra, com a pasta que surgia das pelotas maceradas na masseira, nos rasgos onde os eletrodutos seriam inseridos. Mas esse trabalho logo demonstrou-se inútil, pois os eletrodutos fixados sem chapisco estavam funcionando perfeitamente.



Figura 100 Sisal e cola para melhorar a fixação das caixas elétricas. Foto do autor

. Reboco

Após assentados os eletrodutos e caixas e tapados os buracos com o material grosso, parti para o reboco das paredes.

Comecei com um trabalho que, posteriormente, se demonstrou totalmente inútil. Tapei os rejuntas e todos os buracos utilizando terra. A ideia foi deixar a parede mais ou menos homogênea, para que o reboco tivesse uma espessura constante. Quando fiz o reboco, percebi que poderia ter feito tudo em um único movimento - rejuntar, tapar buracos e rebocar. Caso o reboco trincasse ou afundasse nas partes mais espessas, a demão de terra e cal posterior ajustaria essas diferenças.



Figura 101 Terra nos rejuntas. Foto do autor

Em geral, o reboco de todo o apartamento foi feito com uma fina camada (0,5 cm), apenas para regular e dar acabamento à parede. O traço do reboco variou de acordo com a terra que não tinha uma mistura constante. Em geral, utilizei uma mistura de terra e areia na proporção 4:1. Essa proporção variava de acordo com a terra que chegava do depósito, que, por vezes, vinha mais argilosa ou arenosa. A liga da massa ficou muito melhor, quando a massa descansou de um dia para o outro.

Fiz dois diferentes acabamentos de parede. Um acompanhando as imperfeições das paredes existentes, sem a preocupação de ter uma parede totalmente plana, e outra plana, utilizando régua e prumo no reboco, para fazer um acabamento igual ao de uma parede convencional. A forma de fazer o reboco com terra crua (gestual, textura da massa, ferramentas etc.) é muito parecida com a de fazer o reboco de cimento.



Figura 102 Divisão das terras peneiradas. Foto do autor



Figura 103 Fissuras no reboco. Foto do autor

Fugindo à regra, foram feitos rebocos mais grossos (3 cm) em duas paredes de tijolo furado com chapisco de cimento. Ambos demoraram, aproximadamente, 15 dias para secar, principalmente na base das paredes. O

primeiro reboco mais grosso foi na parede atrás da geladeira e o segundo foi na parede sobre a bancada da cozinha. Neste último, resolvi passar o serviço para um pedreiro e observar como ele trabalharia. A única orientação que passei para o pedreiro era de não usar cimento. Ele ficou um pouco receoso, mas, como eu estava me responsabilizando por qualquer problema, aceitou. Ele fez a massa da mesma forma como eu estava fazendo. Mas, ao fazer o reboco, ele o fez com uma espessura de 2 cm.

Em ambos os testes, durante a secagem, o reboco trincou bastante e descolou em algumas partes. As trincas foram tapadas com o reboco fino (equivalente à massa corrida), feito em todas as paredes com terra (passada pela peneira de arroz) e cal (1:1). As partes que descolaram foram retiradas e refeitas. Considero um equívoco ter feito o reboco tão grosso em uma única camada. Depois desse teste, sugiro, caso seja necessário um reboco com espessura maior que 0,5 cm, fazê-lo em várias etapas. Segundo Minke (2006), o método mais simples para reduzir as fissuras da construção com terra é aumentar seu tempo de secagem. No caso, sempre que podia, borrifava um pouco de água no reboco. Na parte do apartamento que recebia insolação direta, esse cuidado foi redobrado.

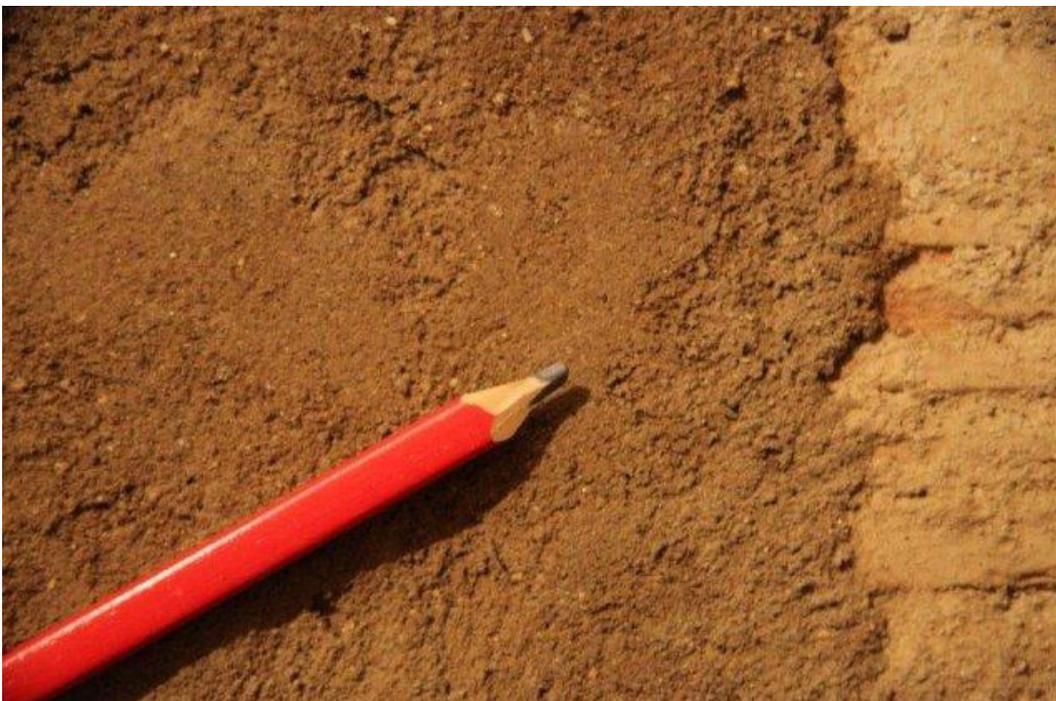


Figura 104 Reboco de terra. Foto do autor

Vale observar que o gestual faz uma grande diferença no resultado final do trabalho. O pedreiro lançou os montes de terra com a pá de pedreiro e depois passou a régua para aplainar a superfície. Em nenhum momento ele fez pressão do reboco contra a parede. Talvez isso, além da espessura, tenha sido a razão para algumas partes do reboco descolarem-se. No restante do apartamento, lancei os montes de terra e, em seguida, passei a pá de pedreiro, fazendo pressão contra a parede. Somente após essa pressão, usava novamente a pá com intuito de ajustar a superfície. No caso das paredes que fiz, não me preocupei em passar a régua, pois busquei uma superfície ondulada, acompanhando as imperfeições da parede existente. A única preocupação estética foi de eliminar as marcas de interseção dos diferentes panos de reboco feitos em dias diferentes e também das marcas da pá de pedreiro. Para isso, assim que terminava o reboco, antes de ele secar, passava uma esponja amarela (também utilizada em rebocos de cimento), para suavizar a superfície.

. Reboco fino

Chamei de reboco fino a última camada da parede que recebeu a pintura de cal. Esta última camada serviu para regular a superfície e fazer a interseção do reboco com terra e a pintura com cal. Na construção convencional essa função é exercida pela massa corrida.

O material utilizado foi cal hidratada, terra e areia. A terra e areia foram peneiradas com peneira de arroz. A proporção foi de 2:2:1 (terra:cal:areia).

Fiz alguns testes variando o fundo onde este reboco fino seria aplicado. Testei um fundo seco, um molhado com água e outro com água e cola branca. Estes testes foram observados por duas semanas e todos funcionaram bem. Mas acredito que o tempo de observação não foi suficiente. Fiz também testes com diferentes proporções de areia. Nos testes sem areia, o reboco fino teve fissuras, nos testes com areia, praticamente nenhuma fissura apareceu.

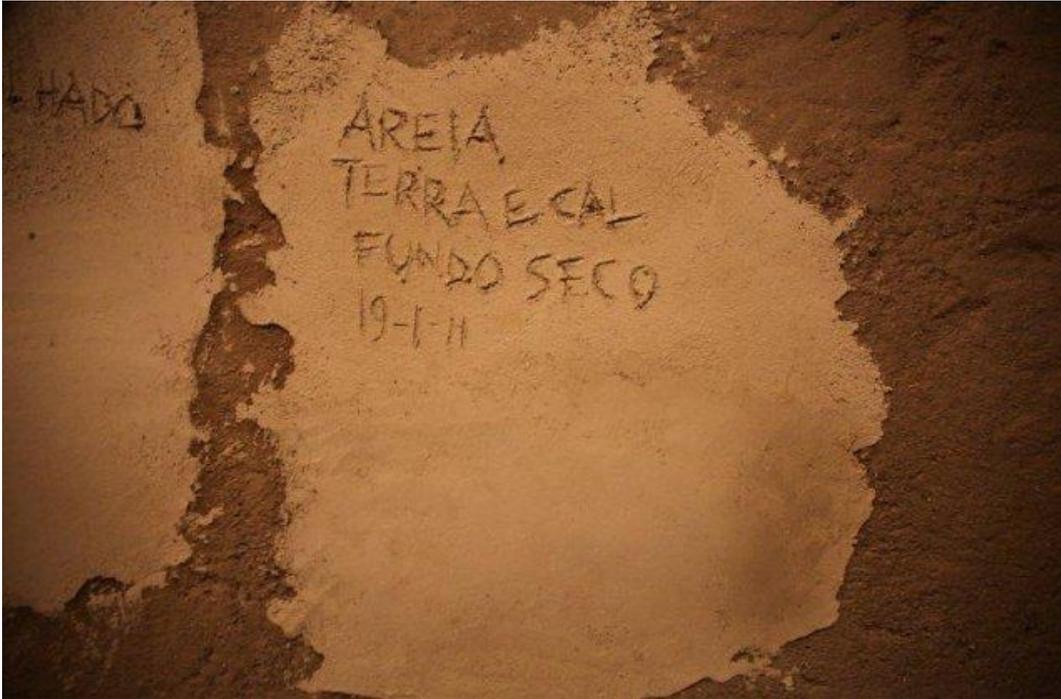


Figura 105 Testes de reboco fino com areia, terra e cal. Foto do autor

O reboco fino foi aplicado sobre o reboco de terra com pá de pedreiro e, antes de secar, foi passada a espuma de pedreiro. O gestual foi muito parecido com o reboco anterior. A diferença foi o traço da massa e a peneira. Esse último reboco, por ter passado por uma peneira mais fina, teve condições de dar um acabamento mais liso na superfície.

Depois de ter feito as duas camadas de reboco, sugiro, para um próximo experimento, fazer diretamente o reboco fino. Acredito que o reboco inicial poderia ter sido dispensado.

. Assentando a porta

A porta do banheiro ficou entre uma parede de tijolo furado e uma parede de pau-a-pique. Quando o marco foi assentado, a parede de tijolo furado já estava pronta e a de pau-a-pique ainda estava por fazer. O marco ficou fixado apenas por uma peça vertical, o restante foi fixado provisoriamente, até a parede de pau-a-pique ser construída.

Para fixar a peça vertical na parede, experimentei assentá-la da forma convencional (com pregos no marco), substituindo o cimento por terra. Não funcionou. A força pontual do prego e a força exercida pela porta fizeram com que o marco se soltasse. Tentei mais uma vez. O marco soltou novamente.

Acabei fazendo com cimento. Mas deixei de fazer um teste que hoje acredito que poderia ter dado certo, que era uma mistura de fibrobarro com muita cola branca.

. Pintura

Inicialmente, pensei em fazer uma pintura com pigmentos naturais de terra. Fiz alguns testes com baba de cactos, mas acabei pintando todas as paredes com a cor branca da cal, por causa da iluminação. Tive o cuidado de não utilizar nenhuma tinta que impermeabilizasse a parede, neutralizando uma das maiores qualidades da parede de terra que é a respiração. A cal é um material poroso que conserva as propriedades da parede de terra, que, diferente das paredes de cimento, respira (Belanko, 2007).

Antes testei uma argila comprada de um fornecedor, usada para esculturas. A argila tinha uma cor linda e pensei que poderia fazer uma parede toda com esse acabamento. A pintura não funcionou. Além da argila descascar, tive um grande trabalho em retirá-la. Nada mais se fixava na parede, se alguma superfície não estivesse totalmente isenta dessa argila.



Figura 106 Teste de pintura com argila. Foto do autor

Finalmente, fiz a pintura, utilizando a cal de pintura que comprei pronta. Misturei cal e água e apliquei com brocha diretamente sobre o reboco fino. Passei, aproximadamente, três demãos, tomando o cuidado de, na primeira, deixar a cal bem diluída.



Figura 107 Pintura com cal. Foto do autor

3.7.4. Pisos

. Soco da pia da cozinha

Durante a abertura dos rasgos para a passagem dos eletrodutos, peneiragem da terra e areia e todos os demais processos da obra, varri e separei os substratos numa montanha, os quais utilizei como material para o contrapiso do soco da pia da cozinha, local que absorveu praticamente tudo que seria jogado fora. O contrapiso do soco serviu bem para isso, pois possui pouca função estrutural. A gravidade trabalha a favor desse substrato e, sobre ele, veio um revestimento de azulejo. Ou seja, esse substrato precisa apenas ser forte o suficiente para estar bem agregado e não afundar. Para o contrapiso, resolvi colocar 5% de cimento para interagir com a argamassa que viria, posteriormente,

colar o azulejo. Depois de finalizado o piso do soco, percebi que todos os revestimentos de azulejo poderiam ter sido substituídos por um revestimento de terra impermeabilizado com resina de mamona.

. Banheiro

O piso do banheiro foi impermeabilizado com materiais sintéticos e revestido com azulejo. Não descreverei maiores detalhes do processo pois foi feito de uma forma totalmente convencional.

. Sala e cozinha

O piso da sala e cozinha foi feito com areia, terra, cal, cola branca e água. Os 3 m² de piso do corredor da cozinha foram feitos com 4 cm de espessura. Para esse piso foram utilizados:

- 32 kg de areia lavada e peneirada (peneira de feijão);
- 32 kg de terra preta (analisada em laboratório para estudo de granulometria - ver quadro a seguir);
- 32 kg de cal hidratada;
- 5 kg de cola branca;
- 40 L de água.



Solos

LASP – Laboratório de Água, Solos e Plantas

Cliente: Pedro Freitas/02.10.01.005.00.02
 Data de entrada: 24/08/11
 Data de saída: 06/09/11

Resultado de Análise Granulométrica (g/kg)

Amostra	A Grossa	A Fina	Silte	Argila Total
Unica (ROTCANA ARGUS 001)	458	160	281	101

Ministério da Agricultura e do Abastecimento
 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa
 Rua Jardim Botânico, 1.024 22400-000 Rio de Janeiro, RJ
 Telefone (021) 274-4000 Fax (021) 274-5201 Telex (021) 23624 EBPA e-mail: cnpsolos@cnps.embrapa.br

Centro Nacional de Pesquisa de Solos CNPS

Quadro 3.a Resultado de análise granulométrica da terra preta, utilizada no piso. Fonte: Embrapa Solos

Foi misturado todo o material, adicionando água aos poucos. Depois, o material foi distribuído, utilizando uma régua. Importante ressaltar que a aparência da massa fica bastante seca. No linguajar de obra é dito massa farofa. Para finalizar foi passada uma pá de pedreiro, fazendo o gestual similar à execução do piso de cimento queimado.



Figura 108 Misturando a massa do piso. Foto do autor

O piso ficou com manchas e com uma aparência bem similar ao cimento queimado. A dureza desse piso é menor que a de cimento queimado, mas suficiente para o uso a que se destina. Em laboratório, testei a resina de mamona como revestimento, para aumentar a dureza. O teste demonstrou sua eficácia, mas alterou muito a cor da terra além de escurecer o piso.

No momento, fevereiro de 2013, foi possível acompanhar um aumento na dureza do piso que ocorreu e ocorre lentamente, pela relativa baixa velocidade de cura da cal. O apartamento possui uma cadeira de madeira, cujos pés não possuem proteção de feltro. Mesmo assim, no local da cadeira, o piso não ficou danificado. Um martelo caiu no piso e quebrou um pedaço de, aproximadamente, 1 cm de diâmetro. Fiz um remendo calafetando com terra, cal e cola branca que funcionou bem e praticamente desapareceu em meio às manchas existentes no piso. O único local problemático, para o piso, foi debaixo dos pés de uma mesa com rodas de silicone. A roda possui um freio e, quando travada, a fricção do silicone estraga o piso. Passei apenas cola branca no local e destravei a roda. O furo não aumentou mais. Em breve irei calafetar esta parte também.



Figura 109 Problema no piso causado pela roda de silicone. Foto do autor

Desde 2012, tenho passado cera de carnaúba no piso, aproximadamente, uma vez por mês. Tratamento similar ao que tenho dado aos móveis de madeira. Esta cera tem-se mostrado eficaz, mas não chegou a impermeabilizar totalmente o piso. Quando cai água, apresenta manchas, mas, após secar, volta à cor original.

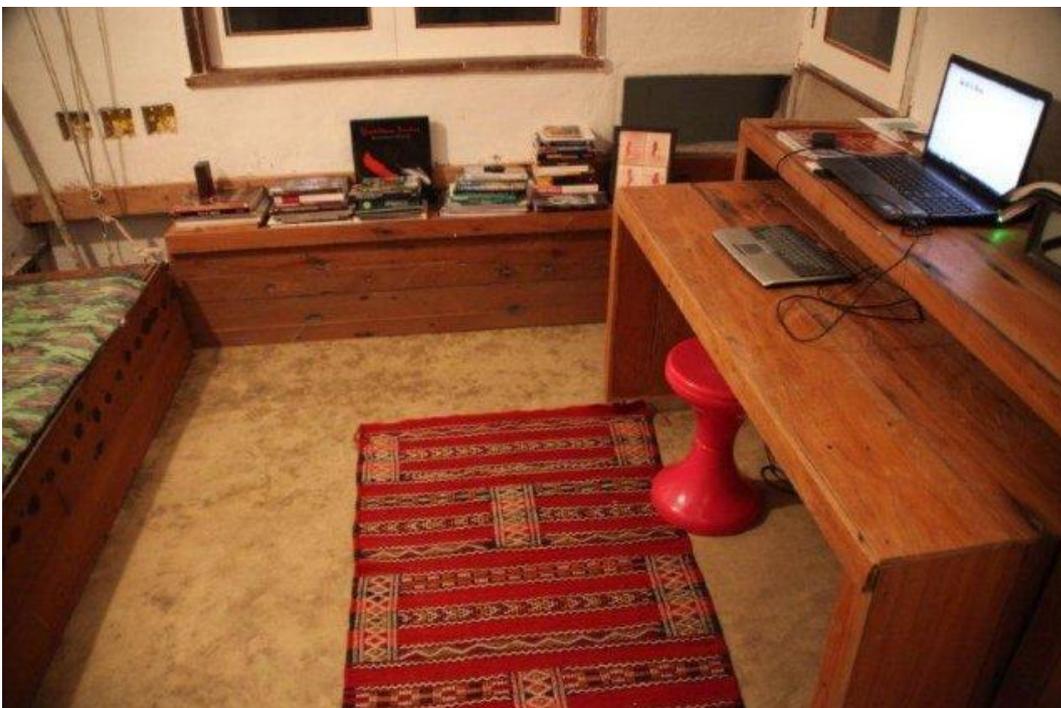


Figura 110 Piso acabado ainda sem cera. Foto do autor

3.7.5. Reflexões

Existiu uma economia financeira e ambiental no processo, pois todo material comprado foi utilizado, assim como todo reboco de terra que caiu no chão, durante o trabalho, foi reaproveitado. Além desse reaproveitamento, não foram necessárias caçambas para retirada de material.

A construção com terra crua mostrou-se viável, mesmo em ambiente urbano. Com algumas adaptações, foi possível compatibilizar eletrodutos e instalações hidráulicas às paredes elaboradas com esse material. Até o momento, fevereiro de 2013, o piso e o reboco estão funcionando bem.

A grande qualidade física da terra é a sua capacidade de reciclagem total. Ao final da vida de um edifício, as paredes podem ser trituradas e misturadas com a água, para utilizar novamente o material ou devolvê-lo para o solo sem deixar vestígios. Outra das suas qualidades é a inércia térmica, que vem da água retida entre as argilas. Durante o dia, as transferências de condensação- evaporação correspondem à transferência de calor. A terra segue o mesmo princípio da transpiração, o que nos ajuda a manter uma temperatura constante, quando existe um aumento na temperatura exterior. As variações de temperatura são limitadas. O tijolo queimado e o concreto não possuem essas qualidades. (Ecologik, 2010, p. 75)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um trabalho experimental, onde a pesquisa está em constante desenvolvimento, como acontece no LILD, não existe uma conclusão propriamente dita. Todos os experimentos, tanto no domínio *situacional*, quanto no domínio *cultural*, não estão finalizados e tampouco têm esse objetivo. O conhecimento se dá na participação do processo, no fazer.

No domínio *situacional*, a contribuição desta dissertação está no passo dado de uma longa caminhada, que seguirá no laboratório com os próximos pesquisadores. Por isso, o cuidado nos relatórios ao contribuir com sugestões para os próximos experimentos.

No domínio *cultural*, a riqueza de informações vindas da interação dos objetos com seu uso, aponta novas pesquisas e nos faz entender que, em muitos casos, o "jogo de cintura" é mais importante que a técnica.

Tão importante quanto saber a técnica de fazer geodésicas com bambu é conseguir instruir os usuários desse objeto, para que possam, no futuro, fazer uma manutenção nessa geodésica. Tão importante quanto a técnica de peneirar uma terra é conseguir ver que a formiga já peneirou essa terra para você. Tão importante quanto saber a técnica de fazer um fibrobarro é saber os desafios que existem para transferir esse conhecimento para os artesãos da construção. Tão importante quanto saber a técnica de formas estruturais é ver crianças empurrando um túnel em catenária e perceber a força estrutural dessas formas nas mais imprevisíveis situações. Tão importante quanto saber a técnica de um reboco com terra crua é vivenciar na prática a sua execução, em um meio urbano, com os desafios de encontrar o material e a mão de obra.

Observar a diferença entre um objeto incluído no domínio *situacional* e um objeto incluído no domínio *cultural* ajuda a entender melhor o trabalho de pesquisa. O objeto adquire propriedades diferentes em cada domínio e entender essas particularidades auxilia na sua compreensão e nas decisões para os próximos passos dentro da linha de pesquisa do LILD.

4.1. O tempo da construção

O estudo e a prática da construção com terra crua são uma releitura de técnicas ancestrais, que rompem uma condição consumista, onde a prática instintiva da construção de um lar tornou-se mais um objeto (mercadoria) do sistema em que o mundo ocidental capitalista se inseriu, desde a revolução industrial.

Nós humanos pós-modernos somos frenéticos e efêmeros. Ainda não nos acostumamos com a recém-chegada de um mundo digital e de uma comunicação virtual, que transformou muito nosso sentido de tempo.

Os primeiros lares humanos eram construídos com o material que estava ao redor, usando os próprios braços, unindo forças com os mais próximos ou mesmo fazendo tudo sozinho. Depois, principalmente após a revolução industrial, muitos materiais e técnicas surgiram e fizeram a construção virar um grande mercado para milhares de novos produtos, que surgem a cada dia. Muitos destes bons, mas muitos outros realmente inúteis e daninhos ao meio ambiente.

Em uma viagem, em 2010, encontrei um caboclo fazendo sua casa de pau-a-pique. Com os gravetos amazônicos, caídos naturalmente, e a terra que estava ali a seus pés, disse-me que faria sua casa em cinco dias - dois dias para fazer a armação de madeira; dois para barrear; um para o telhado de palha. Ali estava sua casa de quarto e sala - simples, mas digna. Também pelas estradas, encontrei uma vila, dessa vez nos sertões veredas, onde, depois de tantas perguntas sobre as técnicas e materiais que utilizavam, o senhor me perguntou - "Por que você se preocupa tanto com isso? Pra gente aqui o difícil é arrumar mulher pra casar. Depois, construir a casa é fácil, você se junta com uns parentes e faz tudo em poucos dias".

A casa só existe quando há utilidade, quando há vida. Quando a casa "morre", é preciso morrer com dignidade, com seus materiais sendo absorvidos pela natureza. O "terror do tempo", sobre o qual discorre o filósofo Karsten Harries (Harries, 1982 *apud* Harvey, 1992), faz com que muitos arquitetos busquem a "linguagem de uma realidade intemporal", tentando uma arquitetura com materiais eternos. Mas o material eterno não existe e nenhuma matéria, transformada em objeto, faz sentido sem a interação humana. Uma casa não é casa, se não existirem moradores.

O espaço é formado por um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como um quadro único, no qual a história se dá. (Santos, 2002 p. 63)

Assim, a durabilidade da casa depende da continuidade de seu uso, de sua manutenção. As igrejas coloniais brasileiras são as construções mais antigas do Brasil, pós-chegada dos portugueses. São construções sólidas e representam bem a durabilidade da terra crua, na construção civil.

David Harvey considera a dificuldade em atribuir significados objetivos para o tempo e para o espaço, na nossa “condição pós-moderna”. “A história dos conceitos de tempo, espaço e tempo-espaço, na física, tem sido marcada, na verdade, por fortes rupturas e reconstruções epistemológicas” (1992 p.189). O tempo dos “movimentos cíclicos”, rituais sazonais, aniversários, ida ao trabalho etc., seguirá existindo e fornecendo uma sensação de conforto. Fazer a própria casa já foi um “movimento cíclico”, uma necessidade primordial, assim como comer e dormir. Respeitar o tempo da construção, envolver-se de forma positiva na obra, fornece esse conforto. No entanto, o “tempo comprimido”, citado por Harvey, não permite o ritual da construção do lar. Este deve ser o mais rápido possível, instantâneo.

Não há sentido mercantilista na construção com terra crua. Este material é, na maioria das vezes, gratuito ou de baixo custo. Basta retirar a terra do próprio terreno onde a casa será construída. Assim, outras técnicas, menos eficazes mas com maiores possibilidades mercantilistas, ganham espaço na nossa sociedade.

O que aconteceu na história é que o cimento substituiu os materiais naturais. Desde os anos 1930-1935, começou o auge dos materiais modernos - quem produz ou descobre algo, e vê que isso vai lhe render, faz publicidade e o vende como o melhor. Por isso, a construção com terra, depois dessas épocas, foi símbolo de pobreza, símbolo de algo frágil, enquanto o cimento é visto como uma rocha. E, além disso, quem vai fazer publicidade da terra que se tira do chão? Isso não dá lucro para nenhuma empresa. (Belanko, 2007)

A presente dissertação abordou técnicas construtivas que fogem do padrão utilizado hoje. É uma retribalização evolucionária, ou seja, uma volta no tempo, buscando materiais e processos que eram mais eficientes

energeticamente e que podem voltar a fazer parte do nosso mundo, assumindo novos formatos e conceitos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ALVARES, L. R. **Cúpula Catenária de "Fibrobarro" estruturado com bambu:** Concepção e Processo Construtivo. Rio de Janeiro, 2008. 102p. Dissertação (Mestrado em Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

BELANKO, J. **El Barro Las Manos La casa.** Patagônia: El Bolsón Producciones, Vídeo documentário (116min.), 2006-2007.

BENDAKIR M. **Les vestiges de Mari:** La préservation d'une architecture millénaire en terre. Grenoble: Éditions de la Ville collection école nationale supérieure d'architecture de Grenoble, 2009.

CORREIA DE MELO, J. V. **Modelos em linguagem mecânica e modelos em linguagem eletrônica:** as interações na metodologia do LILD. Rio de Janeiro, 2011. Dissertação (Mestrado em Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

CORREIA DE MELO, J. V.; YAMAKI, R. T.; RIPPER, J. L. **Passagem de técnicas construtivas de bambu e fibrobarro para comunidade de baixa renda.** In: Terra Brasil: IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. Fortaleza, Ceará, 07 a 10 de agosto de 2012.

DEMANBORO, A. C.; FERRÃO, A. M. A.; MARIOTONI, A. **Desafios da Sustentabilidade sob o Enfoque do Estoque de Recursos Naturais.** Disponível em http://www.argollo.org/artigos_texto/CORI2004-Demanboro.pdf Acesso em 20 out. 2011.

DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO PÚBLICA DAS NAÇÕES UNIDAS. **ONU Brasil na Rio+20.** Disponível em <http://www.onu.org.br/rio20/temas-cidades/> Acesso em 20 set. 2012.

DETHIER, J. **Down to Earth - Adobe architecture:** an old idea, a new future. Facts on File Inc., 1983.

DOAT, P.; HOUBEN, H.; MATUK, S., VITOUX, F., HAYS, A. **Construire en terre.** Parenthèses, 1979.

EASTON, D., **The Rammed Earth House.** Estados Unidos: Chelsea Green Pub. Co., 2007.

ECOLOGIK. **Spécial Architecture en terre.** Paris: [s.n.], 2009-2010. Revista bimestral.

EXPOSIÇÃO **Ma terre première:** pour construire demain. apresentada na Cité des Sciences et de l'industrie. Paris, de 6 out. 2009 a 27 jun. 2010.

FATHY, H. **Construire avec le peuple:** Histoire d'un village d'Égypte: Gournah. Actes Sud, 1982.

FONTAINE L., ANGER R. **Bâtir en Terre:** Du grain de sable à l'architecture. Paris: Belin - Cité des sciences e de l'industrie, 2009.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 29ª edição – 1987.

FREIRE, P. **Pedagogia da Esperança:** um reencontro com a pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

FREITAS, E. d. (s.d.). **Brasil Escola.** Disponível em <http://www.brasilescola.com/geografia/biogas.htm> Acesso em 07 mar. 2013.

GHATTAS, M.; ALMEIDA, A.; CAMARINI, G. **Avaliação inicial do comportamento da argamassa de solo, cal, areia artificial e cinzas de bambu.** In: Terra Brasil: IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. Fortaleza, Ceará, 07 a 10 de agosto de 2012.

- HARVEY, David. **Condição pós-moderna**. São Paulo: Edições Loyola, 1992.
- HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. **Earth construction: A comprehensive guide**. Marseille: ITDG Publishing, 2005. Título original: Traite de construction en terre de CRATerre.
- ILLICH, I. **A Convivialidade**. Lisboa: Publicações Europa-América, 1976.
- _____. **Sociedade sem escolas**. Petrópolis: Ed. Vozes, 1977.
- LEME, F. B., **Construção com “fibrosolo”**: um estudo de caso sobre o resgate da técnica de taipa e seus efeitos no ambiente de clima tropical úmido com estação seca e chuvas de verão. Rio de Janeiro, 2003. Tese (Doutorado em Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- _____. **O fibrosolo como pele para construção** : da tradição construtiva do homem do campo, aos espaços habitados pelo homem da cidade : um conceito de aeração das moradias a partir da aplicação construtiva de cascas, placas e folhas de fibrosolo. Rio de Janeiro, 2008. 239p. Dissertação (Mestrado em Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- LENGEN, Johan van. **Manual do arquiteto descalço**. Rio de Janeiro: Casa do Sonho, 2002.
- MAY, J. **Handmade Houses & Other Buildings: The world of vernacular architecture**. Ivy Press, 2010.
- MINKE, G. **Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture**. Birkhauser, 2006.
- MANZINI, E.; VELLOZI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. São Paulo: Edusp, 2002.
- MOREIRA, L. E., **Jogo das formas: A Ontogênese do Objeto**. Rio de Janeiro, 2008.
- PIGNAL, B. **Terre crue: Techniques de construction et de restauration**. Paris: Eyrolles, 2005.
- RAUCH, M.; KAPFINGER, O. **Rammed earth / Lehm und Architektur / Terra cruda** Berlin: Birkhauser, 2002.
- RIJVEN, T. **Entre paille et terre**. Éditions Goutte de Sable, 2008.
- ROUSSEAU, A. **En 2010, construisez votre maison en terre et sauvez la planète**. Revista eletrônica Bastamag - Ecologie Pratique, 24 dez. 2009. Disponível em <http://www.bastamag.net/article821.html> Acesso em 09 mar. 2013.
- SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço**. 1.ed. São Paulo: Edusp, 2002.
- SATURNINO, A. C. **Caminhos: Volta ao mundo de bicicleta**. São Paulo: Edições SESC-SP, 2009.
- STEELE, J. **An architecture for people: The complete works of Hassan Fathy**. Cairo: The American University in Cairo Press, 1997.
- STOFFEL, P.; CORREIA DE MELO, J. V.; RIPPER, J. L. M. **Handcrafted tensile membrane structure with low-tech form finding and construction** In: Symposium of the IASS The International Association for Shell and Spatial Structures 2013. Wroclaw, 2013 (mimeo).
- UNESCO. **World Heritage: Inventory of earthen architecture**. Disponível em <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002170/217020e.pdf> Acesso em 20 mar. 2013.

VASCONCELLOS, S. **Arquitetura no Brasil**: Sistemas construtivos. Belo Horizonte: Edições Escola de Arquitetura, 1958.

VÉLEZ, S. **Grow your own house**. Vitra Design Museum, 2000.

WEISMANN, A.; BRYCE, K. **Construire en terre Facilement**: La technique du cob. Paris: La plage, 2010.

YAMAKI, R. T. **O uso da miniatura no desenvolvimento e passagem de formas técnicas**: subjetividade e materialidade. Rio de Janeiro, 2012. 112p. Dissertação (Mestrado em Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

6

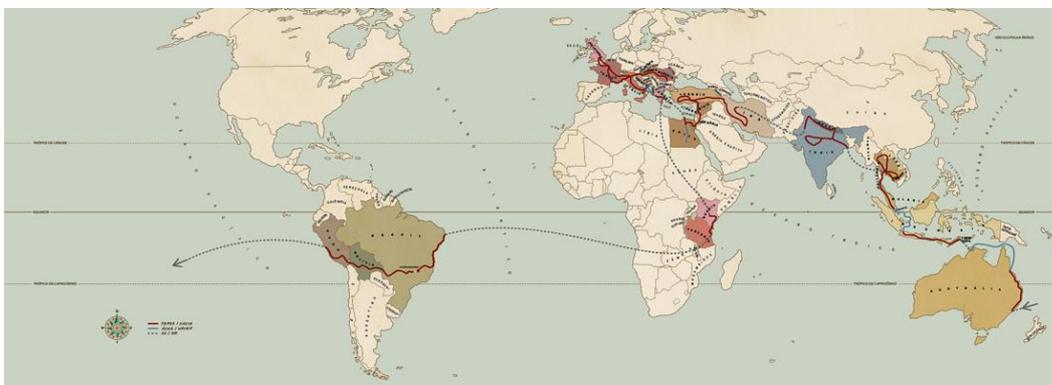
APÊNDICE

Levantamento fotográfico de edificações pelo mundo

Com uma metodologia de observação assistemática, participante e individual, durante três anos e meio, em viagem de bicicleta pelo mundo, foram registradas, com a fotografia, construções com materiais naturais encontradas nos locais percorridos.

O grande potencial deste levantamento reside em proporcionar, para o observador atento, uma informação que vai além das legendas. Cada foto carrega detalhes construtivos e materiais que, mesmo para mim, que estive nos locais, podem ter passado despercebidos. Esses detalhes podem ter grande valor para pesquisadores, que busquem dados específicos para suas pesquisas.

Algumas fotos chamaram atenção não exatamente por conter construções com os materiais abordados nesta dissertação, mas por conter materiais encontrados no próprio local, como no caso de casas com pedras ou casas esculpidas nas rochas existentes.



Rota da volta ao mundo de bicicleta. (Saturnino, 2009).



Mapa evidenciando as áreas com maior incidência de construções com terra crua. (Fontaine & Anger, 2009, p. 14-15).

As fotos que se seguem, salvo as indicadas com autoria distinta, são deste pesquisador, clicadas durante sua viagem de bicicleta pelo mundo, entre dezembro de 2001 e março de 2005.

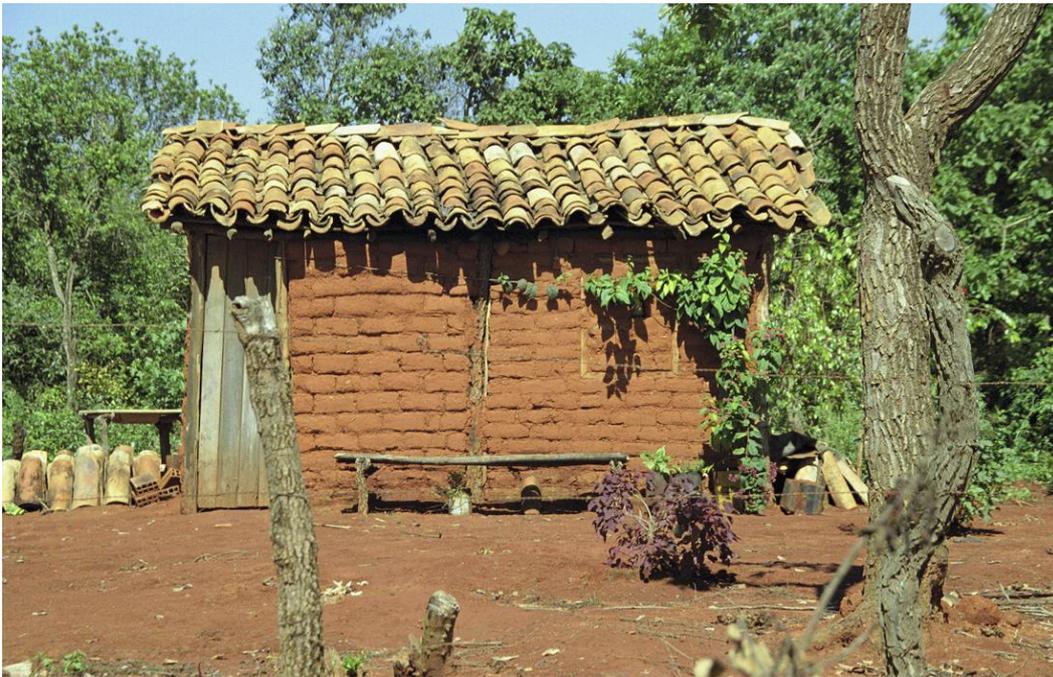


Foto 111 Logo no começo da viagem, construções com adobe no interior de Minas Gerais.



Foto 112 Na beira da estrada no Mato Grosso do Sul, construções de bambu servem de abrigo para o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST).



Foto 113 Casas bolivianas no alto dos Andes.



Foto 114 Casas da cultura Chipaya, Bolívia, que tendem a desaparecer por causa do êxodo dos jovens para as cidades." (Ecologik, 2010, p. 59)



Foto 115 Detalhe de telhado no alto dos Andes.



Foto 116 Detalhe de telhado no alto dos Andes.



Foto 117 Casas realizadas por pesquisadores da Universidade de La Paz, Bolívia, que buscam unir técnicas e materiais vernaculares a novas morfologias. O telhado de terra recobrimdo a palha é possível porque na região praticamente não chove.



Foto 118 Ruínas do Templo em Wiracocha, altiplano Andino, Peru.



Foto 119 Ruínas do Templo em Wiracocha, altiplano Andino, Peru. As bases das paredes eram feitas de pedras, provavelmente, para evitar que a umidade deteriorasse a parte superior de terra. Para preservar a ruína, foram feitos telhados sobre os muros, protegendo da chuva.



Foto 120 Casas de barro e palha no altiplano andino, Peru.



Foto 121 Edificações da cultura Aymara, descendentes dos Incas, no altiplano Andino.



Foto 122 Ilha flutuante de Uros, Lago Titicaca.



Foto 123 Nas ilhas flutuantes de Uros, no lago Titicaca, as casas e a própria ilha são feitas com Totoras, o vegetal que nasce no entorno do lago.



Foto 124 Pachacamac, Peru.



Foto 125 Ponte no alto dos Andes feita com cabos de aço e fibras vegetais. O local é famoso por algumas pontes deste tipo, que são feitas, exclusivamente, com fibras vegetais.



Foto 126 Casa no Norte da Tailândia.



Foto 127 Detalhe da casa no Norte da Tailândia.



Foto 128 Parede de bambu aberto e trançado em Laos.



Foto 129 Mulheres vendo a única televisão do vilarejo, feito de casas com paredes de bambu aberto e trançado. Laos.



Foto 130 Casa de bambu em Laos.



Foto 131 Casas em Laos.



Foto 132 Casas em Laos.



Foto 133 Casa em Laos.



Foto 134 Casas em Laos.



Foto 135 Casas em Laos.



Foto 136 Esteiras de bambu para a confecção dos pisos e, ao fundo, bambus abertos para ser trançados e utilizados como paredes.



Foto 137 Secagem dos pentes de palha para confecção do telhado.



Foto 138 Confeção de diversas partes da casa para uso posterior.



Foto 139 Uma sala de aula em Laos.



Foto 140 Angkor no Camboja.

"A maioria dos edifícios, ainda visíveis em vários locais de Angkor, consiste de parede dupla de alvenaria de pedra, com excelentes granitos rosa ou arenito, embalada com areia. A terra foi usada como um material de construção, em primeiro lugar, como argamassa de alvenaria, para os antigos templos e palácios, que foram construídos com tijolos cozidos. A terra também foi usada vinda de um solo específico, laterite, extraída sob a forma de blocos, que endurecem com o tempo. As fundações de um dos templos mais impressionantes, Bakong, são feitas de blocos de laterite. A parede do quarto recinto da famosa Angkor Wat, bem como as paredes do exterior do palácio real de 585 m x 246 m, também são feitas de blocos de laterite." (Unesco, 2013, p.82)



Foto 141 Confeção de objetos de barro na Índia.

Apesar de não se tratar, especificamente, de uma edificação, a foto acima possui a peculiaridade de representar, em pequena escala física e temporal, o ciclo de construção e demolição de uma casa de terra. Os copos de barro são para servir chá e são construídos com a terra do chão. Ao terminar de beber, o pote é descartado no chão, retornando ao seu estado inicial, assim que quebra na queda. O ciclo copo-chão-copo é infinito e seu impacto ambiental é mínimo.



Foto 142 Detalhe do gestual para a confecção dos copos de barro.



Foto 143 Em algumas cidades as casas indianas, feitas com terra, recebem pintura com cal e pigmentos.



Foto 144 Decoração com pinturas nas casas indianas.



Foto 145 Pintura feita por crianças em uma casa em construção no Nepal.



Foto 146 Desenhos nas paredes das edificações na Índia. Segundo a cultura local, os homens são responsáveis pela construção da parte bruta, ou seja, das paredes, piso e telhado da casa. A pintura é feita pelas mulheres e crianças. Obs: O símbolo similar ao da suástica, que é visto na foto, nada tem a ver com o nazismo. Muito antes de Hitler, o símbolo já era utilizado por várias civilizações.



Foto 147 Detalhe de uma abertura para ventilação na parede.



Foto 148 Animais esculpidos na parede de terra.



Foto 149 Detalhes, provavelmente, feitos por crianças do Nepal.



Foto 150 Nepalês construindo sua carroça com fibras de cânhamo.



Foto 151 Casas de terra crua no Terai, Nepal.



Foto 152 Casas no Nepal.



Foto 153 Detalhe de uma casa no Nepal.



Foto 154 Vilarejo no Bardia National Park, Terai, Nepal.



Foto 155 Detalhe de uma casa no Bardia National Park, Nepal.

Bardia National Park é um famoso ponto de observação de tigres selvagens. No seu vilarejo, todas as casas são feitas com a terra do local, conferindo uma cor uniforme para todo ambiente construído. O governo local fez uma lei, que proíbe a utilização de outro tipo de material nas edificações, para manter essa cor uniforme, e conferir uma característica peculiar ao parque. Como escreveu Lucio Costa sobre as casas de terra, "é o chão que continua".

Um grande desafio, para a administração dos parques, foi convencer os habitantes a proteger os animais selvagens e parar de cortar as árvores, para fazer fogo de cozinha. Segundo Hem Subedi, administrador da *Bird Education Society Nepal*, o desmatamento e matança de animais foram controlados por meio de várias ações entre o parque e a comunidade. Metade do valor da entrada do parque é destinada ao subsídio da perda de plantações, que são danificadas pelos animais selvagens. Até 2003, 35% das casas haviam substituído o fogão a lenha por biogás, também subsidiado pelo parque. Biogás é um tipo de gás inflamável, produzido a partir da mistura de dióxido de carbono e metano, por meio da ação de bactérias fermentadoras em matérias orgânicas (Freitas, 2013). Com 30 kg de fezes e 50 L de água, por dia, produz-se uma quantidade de biogás suficiente para uma família, de cinco pessoas, cozinhar e iluminar a casa. Visitei a casa do amigo Kamal, que acende 3 lampiões e 2 bocas de fogão, usando as fezes de 4 vacas, 3 búfalos, 2 touros, 4 carneiros, 20 galinhas, 2 porcos e 5 pessoas. O custo inicial de todo o sistema é 200 dólares, e a manutenção é praticamente gratuita. Apesar da aparência fétida da engenhoca, a produção do biogás não fede, e a pasta, que resulta do processo, é utilizada como adubo.



Foto 156 Casa no alto do Himalaia, Nepal.



Foto 157 Vilarejo no Nepal.



Foto 158 Casa no Nepal.



Foto 159 Casa no Nepal.



Foto 160 Casa no Nepal.



Foto 161 Baktapur, Nepal, onde a maioria dos edifícios foram construídos com tijolos cozidos e assentados com uma argamassa de argila. (Unesco, 2013)



Foto 162 Escola no Nepal.



Foto 163 Esfahan, Irã Foto: Alexandra Hund

"Todos os edifícios de Meidan Emam, em Esfahan, incluindo as arcadas que os conectam, são construídos com grossas paredes feitas com dois painéis de

tijolos queimados, em ambos lados, e um núcleo feito com adobe ou com um conglomerado de terra e outros materiais. A terra também foi utilizada como acabamento aplicado às paredes e às abóbadas do bazar." (Unesco, 2013, p.96)



Foto 164 Construções de templos zoroastras, Yazd, Irã. Foto: Alexandra Hund



Foto 165 Torres do silêncio, Yazd, Irã. Foto: Alexandra Hund



Foto 166 Construções zoroastras, Yazd, Irã.



Foto 167 Ruas e muros de terra crua no Irã.



Foto 168 Cidade de Yazd, no Irã.



Foto 169 Chaminés de ventilação, Yazd, Irã.

Em Yazd, as casas são, praticamente, coladas umas com as outras, para evitar os raios de sol. Quase todas edificações são feitas de terra. Em suas lajes, é possível ver várias chaminés com aberturas. Estas são responsáveis pela circulação do ar dentro das casas. A chaminé, exposta ao sol, esquenta e gera um fluxo com o ar quente, puxando o ar de dentro dos ambientes para fora. A única entrada de ar fica, geralmente, no subsolo, forçando o ar quente externo a passar, primeiramente, por uma área de sombra, diminuindo sua temperatura, antes de entrar na casa. Sendo assim, essa chaminé funciona como um ar condicionado natural, propiciando uma circulação de ar constante e refrescante, sem necessidade de energia elétrica.



Foto 170 Cidade no Irã.



Foto 171 Cidade no Irã.



Foto 172 Persépolis, Irã.

"Os palácios e edifícios reais, erguidos em Persépolis, foram construídos com pedra e terra, e seus restos monumentais de pedra foram preservados por Anastylis. As paredes de adobe, algumas ainda em pé, com mais de 3 m de altura e cobertas com gesso, quando foram descobertas no início do século XX, foram niveladas numa altura para proporcionar, aos visitantes, uma visão geral das ruínas." (Unesco, 2013, p.97)



Foto 173 Capadócia, Turquia.



Foto 174 Casas e cidades foram construídas por meio de escavações nas rochas vulcânicas. Capadócia, Turquia.



Foto 175 Palmira, Síria.



Foto 176 Edificações do arquiteto Hassan Fathy, na beira do Rio Nilo, Egito.



Foto 177 Detalhe do pau a pique no Quênia.



Foto 178 Casas de pau a pique no Quênia.



Foto 179 Casas de pau a pique no Quênia.



Foto 180 Casa de pau a pique no Quênia.



Foto 181 Casa de pau a pique no Quênia.



Foto 182 Casas no Quênia.



Foto 183 Casa no Quênia.



Foto 184 De volta ao Brasil, em Diamantina, MG, um exemplo da arquitetura colonial que foi, praticamente, toda construída com técnicas que utilizam a terra crua.

"Entre 25% e 50% das casas do centro histórico de Diamantina, principalmente as construídas no Séc. XVIII e no início do Séc. XIX, utilizou terra crua como material construtivo. Várias técnicas estão representadas: cob; adobe; pau a pique etc. A arquitetura de Diamantina distingue-se das demais cidades coloniais brasileiras, pois a pedra de corte não é utilizada, exceto para fundações. A madeira foi utilizada, para a construção dos elementos decorativos, tanto nas construções civis como nas religiosas. O tecido urbano foi densificado durante o Séc. XIX, mas seguiu respeitando as regras da arte tradicional. Até a década de 1950, as propriedades foram mantidas utilizando materiais tradicionais." (Unesco, 2013, p. 164)



Foto 185 O casario colonial utilizou-se de técnicas como o pau a pique, a taipa de pilão e o adobe. Vila perto de Diamantina, MG.