

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
NORIE - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

Proposta de diretrizes para o desenvolvimento da arquitetura em terra no Rio Grande do Sul, a partir da interpretação de estratégias uruguaias.



Ana Paula Bayer

Porto Alegre
2010

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
NORIE - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

Proposta de diretrizes para o desenvolvimento da arquitetura em terra no Rio Grande do Sul, a partir da interpretação de estratégias uruguaias.

Ana Paula Bayer

Porto Alegre
2010

ANA PAULA BAYER

PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DA
ARQUITETURA EM TERRA NO RIO GRANDE DO SUL, A PARTIR DA
INTERPRETAÇÃO DE ESTRATÉGIAS URUGUAIAS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Engenharia. Orientação: Prof. Dr. Miguel
Aloysio Sattler.

Porto Alegre
2010

B357p Bayer, Ana Paula

Proposta de diretrizes para o desenvolvimento da arquitetura em terra no Rio Grande do Sul, a partir da interpretação de estratégias uruguaias / Ana Paula Bayer. – 2011.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2010.

Orientador – Prof. Dr. Miguel Aloysio Sattler

1. Construção civil. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Bioconstrução. 4. Permacultura. I. Sattler, Miguel Aloysio, orient. III. Título.

CDU-69:658(043)

ANA PAULA BAYER

PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DA
ARQUITETURA EM TERRA NO RIO GRANDE DO SUL, A PARTIR DA
INTERPRETAÇÃO DE ESTRATÉGIAS URUGUAIAS.

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA,
Área de Construção, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 05 de outubro de 2010.

Prof. Miguel Aloysio Sattler
Ph.D. pela University of Sheffield, Grã-Bretanha
ORIENTADOR

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Fº
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Profª Akemi Ino (EESC/USP)
Drª pela Universidade de São Paulo

Prof. Márcio Rosa D'Ávila (PUCRS)
Dr. pela Universidade de Kassel, Alemanha

Prof. Washington Peres Núñez (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

A Dirceu, Gisela, Dieter, Marcus e Selvina (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa de pesquisa, que possibilitou a realização deste estudo. Também à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por oferecer ensino público gratuito e de qualidade.

Ao professor Miguel Aloysio Sattler, orientador desse trabalho, cujo interesse pela temática proporcionou, de forma generosa e amiga, a oportunidade de inserir um tema desafiador na engenharia civil, sempre estimulando a busca por um modo de vida mais saudável, mais sustentável. Agradeço também pela solicitude em colaborar com despesas para a participação em congresso, possibilitando acúmulo de experiência e crescimento pessoal. Mais que isso, por tantos ensinamentos transmitidos durante o período de realização do mestrado.

A minha família, por ser tão amorosa, tão família, tão minha.

Agradeço às pessoas maravilhosas que esse trabalho oportunizou conhecer. Àquelas que se dedicam ao resgate de técnicas vernaculares e acreditam no potencial de uma forma construtiva não-convencional, a fim de contribuir para a harmonização do ser humano com o meio-ambiente.

Agradeço a pessoas-chaves nesta caminhada, que contribuíram com importantes esclarecimentos, inclusive com cessão de materiais preciosos de pesquisa: Rosário Ecthebarne (UDELAR), Alejandro Ferrero (UDELAR), arquiteta uruguaia Cecilia Alderton, arquiteto uruguaio Jorge Franco (ANV), Fernando Chebataroff (ANV), Éverton Eltz (CEF), professor Obede Borges Faria e Célia Neves. Também, a todos os bioconstrutores que, de forma dedicada, contribuíram respondendo ao questionário relativo à etapa de pesquisa de campo.

À professora Ana Luiza Raabe Abitante, pela gentil presteza no esclarecimento de dúvidas pontuais e fundamentais para o resultado do trabalho.

A todos queridos amigos, pela parceria, paciência, discussões e compreensões ao longo do estudo. Em especial, Juliana Moehlecke, pelas conversas, apoio e estímulo, além de contribuição com visitas e material fotográfico. A todos os professores e funcionários do NORIE, por tornarem-no um espaço agradável, propício ao desenvolvimento intelectual e de grandes amizades.

Por fim, agradeço aos sopros do Grande Espírito, por todas as bênçãos que, com muita luz, guiam e inspiram a busca pelo caminho sagrado e pela cura da mãe Terra.

“O caminho é simples. Não significa exaltar ou restaurar cada parte da herança social da África... Também não significa rejeitar tudo que a história nos trouxe da Europa ou de qualquer lugar. Significa examinar nossa cultura real para os valores permanentes que criam a unidade, estabilidade, solidariedade e coesão das sociedades antigas... e acrescentar a esse cânon valores selecionados, não apenas da Europa... mas de civilizações e culturas de todo o mundo”.

Falloux, F. e Talbot L.M. (1993)

RESUMO

BAYER, Ana Paula. Proposta de Diretrizes para o Desenvolvimento da Arquitetura em Terra no Rio Grande do Sul, a partir da Interpretação de Estratégias Uruguaias. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2010.

A construção civil é, atualmente, apontada como responsável pela extração de grande parte dos recursos naturais do planeta consumidos pela humanidade. Nesse sentido, a utilização de materiais construtivos não-convencionais, como a terra, surge como alternativa para construir edificações mais amigáveis com o meio-ambiente e, assim, também, modos de vida mais saudáveis, mais sustentáveis. Entretanto, a falta de informações, por parte de grande parte da população, inclusive de instituições de ensino e de profissionais atuantes no ramo da construção civil, em relação ao tema, faz com que o preconceito para com esse tipo de bioconstrução seja considerável. Surge, pois, a possibilidade de promoção da utilização da terra enquanto material construtivo, para que esse método de construção amigável com o meio-ambiente possa, aos poucos, recuperar o importante papel que desempenhava no passado, quando tais construções eram tidas como convencionais por nossos ancestrais. Através da investigação das técnicas de construção em terra e dos programas que favorecem esse tipo de iniciativa, o presente estudo tem como meta estabelecer um conjunto de diretrizes para orientar profissionais do ramo da construção civil e entidades interessadas em contribuir com a promoção da arquitetura em terra. Além disso, pretende prover de informação a sociedade em geral, para que haja o resgate da técnica e uma maior conscientização, no sentido de gerar edificações mais saudáveis e, portanto, menos prejudiciais ao meio-ambiente. Como no Uruguai, país que se limita com o Rio Grande do Sul e que tem clima semelhante a este, a utilização da terra enquanto componente construtivo ocupa papel de destaque, o presente estudo fundamenta-se nas edificações desta natureza, construídas no país vizinho. De tal modo, o objetivo principal deste trabalho é formular diretrizes para o desenvolvimento da arquitetura de terra no Rio Grande do Sul, a partir da interpretação de estratégias uruguaias, para bioconstrutores gaúchos e instituições financeiras / administrações municipais. Como objetivos secundários, têm-se: identificar programas de apoio do governo uruguaio e incentivos de instituições financeiras, além de outras iniciativas visando a promoção da arquitetura de terra naquele país; identificar bioconstrutores uruguaios, obras recentemente edificadas em terra naquele país e verificar quais são as técnicas construtivas utilizadas e como as mesmas são executadas; identificar bioconstrutores gaúchos que trabalhem com terra, bem como suas obras recentemente edificadas, além de verificar quais as técnicas utilizadas e como as mesmas são executadas; identificar possíveis programas de incentivo à utilização da terra enquanto material construtivo, bem como eventuais instituições financeiras que aprovem esse tipo de solução no Rio Grande do Sul. Como estratégia de pesquisa, utiliza-se o estudo de casos múltiplos, desenvolvido no Rio Grande do Sul e no Uruguai, sempre apoiado na bibliografia. Por final, as contribuições deste trabalho atingem os objetivos propostos, na medida em que se proporcionam ferramentas de informação à população em geral, auxílio a construtores interessados em desenvolver o tema e orientação a instituições financeiras e administrações municipais que permitam e apoiem esse tipo de solução inovadora e ambientalmente responsável, aplicada ao ramo da construção civil.

Palavras-chave: edificações sustentáveis; construção com terra; construção com barro; bioconstrução; permacultura.

ABSTRACT

BAYER, Ana Paula. Proposta de Diretrizes para o Desenvolvimento da Arquitetura em Terra no Rio Grande do Sul, a partir da Interpretação de Estratégias Uruguaias. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2010.

Proposal of Guidelines for the Development of Earth Architecture in the State of Rio Grande do Sul, Through the Interpretation of Uruguayan Strategies.

Civil construction is identified as the sector of human activities that more extracts natural resources from the Earth's crust. On this way, the use of non conventional building materials, like earth, comes as an alternative towards the construction of more environmentally friendly buildings and, also, more sustainable and healthy ways of life. However, the lack of information by a large fraction of the population, including Educational Institutions and professionals working in the civil construction area, in relation to the subject, causes considerable prejudice to such type of bioconstruction. It's therefore necessary to promote the use of earth as a building material. In this way, this building technique, friendly to the environment, can gradually recover the role it played in the past, when such type of construction was considered conventional by our ancestors. Through the investigation of earth building techniques and programs, which encourage this type of initiative, this study aims to establish a set of guidelines to guide professionals in the field of construction and the entities interested in support the promotion of earth architecture. Furthermore, it aims at providing information to society, so that the rescueing of this technology and the increase of the awareness on the subject, can contribute to a healthier environment in buildings. As in Uruguay, a country that borders the Rio Grande do Sul, with a similar climate, the use of earth as a building material, plays a leading role, this study is based on buildings built with such technology in the neighboring country. In this way, the main objective of this study is to formulate guidelines for increasing the use and the awareness on the benefits deriving from the use of earth buildings in the State Rio Grande do Sul, that may arise from the interpretation of Uruguayan strategies. This may be of interest both to builders interested in work with earth as a building material in the State of Rio Grande do Sul and to financial institutions or different levels of local government. The following secondary objectives were aimed at: to identify support programs, offered by the Uruguayan government as well as incentives by financial institutions, in addition to other initiatives aimed at promoting earth architecture in that country; to identify Uruguayan builders that work with earth architecture, their most recent works and also to check what techniques are being used in that country and how they are implemented; to identify builders in Rio Grande do Sul that work with earth architecture, their most recent works and to check what techniques are being used in that country and how they are implemented; to identify possible programs to encourage the use of earth as a building material, and any sort of financial institution that encourage this solution in the State Rio Grande do Sul. The research strategy used is the study of multiple cases and was developed in Rio Grande do Sul and Uruguay, always supported by the literature. Finally, the study intends to verify whether the resulting guidelines can achieve their objectives, to the extent that they may constitute tools of information to the general population, and to aid to builders interested in enrolling with the theme and to guide financial institutions and municipal governances to allow and support this type of innovative and environmentally responsible solution, in its application to the civil construction field.

Keywords: sustainable buildings; earth construction; soil construction; bioconstruction; permaculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: panorama mundial das técnicas construtivas em terra.....	29
Figura 02: creche em <i>Sorsum</i> , na Alemanha, construída com blocos de terra e recoberta por uma camada de 15cm de terra.....	32
Figura 03: residência em taipa de pilão em <i>Schlins</i> , Áustria, projetada por Martin Rauch	33
Figura 04: arranhacéus construídos com adobes em <i>Shibam</i> , Yêmen	34
Figura 05: Grande Mesquita de Djenne, no Mali, construída em 1280 e considerada a maior edificação em Adobe do mundo	35
Figura 06: (a) Pueblo Taos, a mais antiga favela do mundo, em adobe, no Novo México; (b) residência particular projetada por Ricky Joy, em taipa de pilão, no Arizona	37
Figura 07: (a) <i>Chan Chan</i> , no Peru – maior complexo urbano da humanidade edificado em terra; (b) <i>Huaca de La Luna</i> , no Peru – interior de pirâmide monumental edificada em adobe.....	38
Figura 08: (a) edificações coloniais em Salvador, Bahia; (b) edificações coloniais em Tiradentes, Minas Gerais	40
Figura 09: Igreja Matriz Nossa Senhora do Rosário, edificada em taipa de pilão	41
Figura 10: rolo de <i>cob</i> e edificação de dois pavimentos, sendo construída no Ecocentro IPEC, durante o Bioconstruindo 2008	43
Figura 11: residência em pau-a-pique, construída em São Bento do Sapucaí, São Paulo	44
Figura 12: teste de queda da bola – à esquerda, terra argilosa; à direita, arenosa.....	51
Figura 13: diagrama das técnicas construtivas com terra, elaborado pelo grupo CRATerre.....	53
Figura 14: <i>New Barris Village</i> , em <i>Kharga</i> – Egito, construída com tijolos de adobe, por Hassan Fathy, em 1967	54
Figura 15: edifício residencial com cinco pavimentos, em taipa de pilão – <i>Hampshire</i> , Inglaterra	55
Figura 16: trama de madeira, barreamento e acabamento dos painéis.....	56
Figura 17: desenhos esquemáticos e exemplar de edificação em terra empilhada (<i>cob</i>), em Victoria, Canadá..	57
Figura 18: corte, extração e transporte de torrões.....	58
Figura 19: residência <i>Flía Urrestarazu</i> , em torrões de terra – <i>Canelones</i> , Uruguai.....	58
Figura 20: Delineamento da Pesquisa	60
Figura 21: mapeamento das principais edificações em terra construídas recentemente no Uruguai.....	69
Figura 22: edificações no povoado de <i>Ceballos</i>	71

Figura 23: residências em <i>Cerro del Burro</i> , Maldonado, edificadas pelos proprietários, sem assistência técnica.....	71
Figura 24: residência <i>Sierra Carrere</i> , em adobe.....	85
Figura 25: pisadeiro onde é preparada a argamassa que originará os tijolos de adobe; e os mesmos sendo desformados, aguardando secagem ao sol	86
Figura 26: (a) vista externa de alvenaria de BTC, sem revestimento, em salas de aula – San Ant3nio, Salto; (b) vista interna das salas de aula em contru3o, demonstrando a utiliza3o de peitoris de concreto	87
Figura 27: prensa CINVA-RAM, adotada para a fabrica3o de BTC, ou solo-cimento, nas obras apoiadas pela UDELAR.....	87
Figura 28: <i>Vivienda Rodr3guez</i> , em terra-palha, Montevid3u.....	89
Figura 29: formas de utiliza3o da t3cnica de terra-palha no Uruguai, respectivamente: taipa, pain3is e blocos.....	89
Figura 30: parede divis3ria em taipa de m3o, salas de aula – <i>San Ant3nio</i> , Salto	90
Figura 31: t3cnica de pau-a-pique, utilizada em habita3oes rurais no Uruguai, em Tacuaremb3 e Rivera, respectivamente	90
Figura 32: estrutura de pau-a-pique, ou taipa de m3o, com trama de taquaras encaixadas e amostra de barreamento, sobre trama em diagonal	91
Figura 33: resid3ncias em terra edificadas com a utiliza3o da t3cnica de torr3es, respectivamente, <i>Fl3a Montero</i> , em Montevid3u e <i>Fl3a Weiss</i> , em Maldonado	92
Figura 34: (a) revestimento deteriorado – <i>Tekoa Koenju</i> , em S3o Miguel das Miss3es; (b) revestimento conservado – <i>Tekoa Anhetengu3</i> , em Porto Alegre	100
Figura 35: (a) Museu Ambi3ncia Casa de Pedra, em Caxias do Sul; (b) Cooperativa de Latic3nios Trabalho e Progresso, toda edificada em tijolos artesanais, rejuntados com barro.....	101
Figura 36: (a) edifica3o em estilo enxaimel, de propriedade dos sucessores de Edmar L3ersen, em Teut3nia; (b) S3tio <i>With3lder</i> , Linha Frank, Teut3nia, tamb3m em estilo enxaimel.....	102
Figura 37: ranchos de torr3o em Acegu3, regi3o fronteira com o Uruguai.....	103
Figura 38: (a) constru3o de prot3tipo de fardos de palha, na Fazenda Cap3o Alto das Cri3vas; (b) prot3tipo concluído	104
Figura 39: constru3o da c3pula de adobes do Centro de Viv3ncias Integria, em Picada Caf3 e visualiza3o interna em dire3o 3 zenital	105
Figura 40: cabanas conjugadas, em forma de ab3bodas, edificadas em adobe e com tratamento de mangueiras de terra no interior	106
Figura 41: casa em superadobe, rancho tradicional da regi3o e torr3o de leiva de grama local.....	108
Figura 42: f3rmas met3licas e tijolos resultantes, com propriedades termo – ac3sticas, utilizadas na c3pula do Integria	113

Figura 43: fôrmas de madeira e tijolos de adobe resultantes, aplicados no protótipo de fardos de palha.....	114
Figura 44: fôrmas metálicas duplas, também aplicadas na Fazenda Capão Alto das Criúvas.....	114
Figura 45: aplicação de terra sobre estrutura em pau-a-pique, combinando bambu e galhos tramados	115
Figura 46: (a) confecção de uma parede, com utilização da técnica de mangueiras, no Centro Integria; (b) banheiro concluído, com utilização da técnica de mangueiras, em <i>Kassel</i> – Alemanha.....	116
Figura 47: construção em estilo enxaimel, cujos tijolos são assentados com argamassa de barro	117
Figura 48: camada de concreto, acima da fundação, com objetivo de formar um rodapé e, assim, evitar que a parede interna sofra com procedimentos de limpeza do piso.....	134
Figura 49: amassamento da mescla para fabricação dos tijolos de adobe durante o Bioconstruindo 2008, no Ecocentro, IPEC – GO.....	136
Figura 50: (a) moldagem de tijolos de adobe; (b) regularização da superfície do tijolo, com régua.....	137
Figura 51: (a) construção de residência em adobe, na <i>Cooperativa de Viviendas Guyunusa</i> , em <i>Solymer</i> - Uruguai; (b) <i>Aulário</i> em <i>San António, Salto</i> – Uruguai, edificado em adobes.	138
Figura 52: fabricação e emprego de tijolos de adobe curvos	139
Figura 53: aplicação de cruz de Santo André e de mão-francesa, em estrutura enxaimel, de forma a melhor distribuir as cargas da parede.....	142
Figura 54: formação dos tramos de uma estrutura em pau-a-pique, em diagonal ou com movimento de zigue-zague	143
Figura 55: tubulação elétrica inserida entre duas faces da parede, preenchida com poliestireno expandido	143
Figura 56: (a) reserva de nichos na fundação para posterior inserção de tábuas de travamento; (b) espera de ferro 6mm, onde serão aparafusados os painéis previamente perfurados.....	147
Figura 57: esqueleto de estrutura de pau-a-pique pré-fabricada.....	148
Figura 58: (a) corte e extração de torrões; (b) pá de corte quadrada, a ser utilizada, compondo a largura (a) e espessura (b) do torrão, sendo o comprimento do mesmo definido pela marcação anterior, com 60 ou 40 cm	150
Figura 59: colocação de vergas na porção superior das esquadrias.....	151
Figura 60: ajuste do nível e do prumo, com auxílio de pá	151

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: classificação granulométrica dos constituintes do solo.....	49
Quadro 02: tipo de solo e técnica construtiva adequada, indicada por testes expeditos.....	52
Quadro 03: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome "Biguá"	72
Quadro 04: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome "Cardeal".....	74
Quadro 05: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome "Canário".....	77
Quadro 06: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome "Colibri".....	79
Quadro 07: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome "Verão".....	81
Quadro 08: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome "João-de-Barro".....	82
Quadro 09: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome "Rabo-de-palha".....	109
Quadro 10: recomendações para seleção da técnica de construção e do estabilizante, em função dos testes de campo.....	132

LISTA DE TABELAS:

Tabela 01: relação aproximada entre dimensões e peso dos tijolos de adobe	135
---	-----

LISTA DE SIGLAS

ABCTERRA: Associação Brasileira dos Construtores em Terra

ABCMTENC: Associação Brasileira de Ciências em Materiais e Tecnologias Não - Convencionais

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

APO: Avaliação de Pós-Ocupação

BHU: Banco Hipotecário del Uruguay

BTC: Bloco de Terra Comprimida

CDHU: Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo

CEF: Caixa Econômica Federal

CETP: *Consejo de Educación Técnico Profesional*

CINVA: *Centro Interamericano de la Vivienda*

CONCULTURA: *Consejo Nacional para la Cultura y el Arte*

CRATerre: *Centre de Recherches et D'application – Terre*

CREA: Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura

CYTED: *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo*

EESC-USP: Escola de Engenharia de São Paulo da Universidade de São Paulo

FARO-UDELAR: Facultad de Arquitectura de La Universidad de La República

FEB: Laboratório de Construções Experimentais

FAU-USP: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

INCRA: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

IPEC: Instituto de Permacultura do Cerrado

IPEMA: Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica

IPEP: Instituto de Permacultura do Pampa

IPERS: Instituto de Permacultura do Rio Grande do Sul

IPHAN: Instituto do Patrimônio Histórico Nacional

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

MEC: Ministerio de Educação e Cultura

MEVIR: *Movimiento por la Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural*

MVOTMA: *Ministerio de la Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente*

NORIE: Núcleo Orientado para Inovação da Edificação

NUC: Núcleo de Estudos em Assentamentos Humanos

NZS: *Standards New Zealand*

ONGs: Organizações Não-Governamentais

OSCIP: Organização da Sociedade Civil de Interesse Público

PBQP-H: Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PCC: *Plán de Cohesión Social e Desarrollo Territorial y Sustentable de la Cuenca del Arroyo Carrasco*

PDT: *Programa de Desarrollo Tecnológico*

PGE: Protótipo Global de Experimentación

PIAI: *Programa de Integración de Asentamientos Irregulares*

PPGEC: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

PPM: Programa Paulista de Mutirão e Autogestão

PSH: Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social

SAZ: *Standard Association of Zimbabwe*

SIACOT: *Seminário Iberoamericano de Arquitectura y Construcción com Tierra*

SINAT: Sistema Nacional de Avaliação Técnica

UBC: *Uniform Building Code*

UDELAR: *Universidad de La República*

UEMA: Universidade Estadual do Maranhão

UFMS: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNESCO: *United Nations Educational, Scientific and Cultural Education*

UNIK: Universidade de Kassel

UREGH: *Unidad Regional de Estudios y Gestión del Hábitat*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1 CONTEXTO DE PESQUISA.....	18
1.2 JUSTIFICATIVA.....	20
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	21
1.4 QUESTÕES DE PESQUISA.....	22
1.5 OBJETIVOS.....	22
1.5.1 Objetivo Principal.....	22
1.5.2 Objetivos Secundários.....	22
1.6 PRESSUPOSTOS	23
1.7 DELIMITAÇÕES	23
1.8 LIMITAÇÕES	24
1.9 ESTRUTURA DO DOCUMENTO	24
2. SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO CIVIL	26
2.1 SUSTENTABILIDADE, SUAS DIMENSÕES E PRINCÍPIOS	26
2.2 EDIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL: CONCEITUAÇÃO	27
3. A CONSTRUÇÃO COM TERRA	28
3.1 CONSTRUÇÕES COM TERRA NO MUNDO.....	28
3.1.1 Europa	29
3.1.2 Ásia.....	33
3.1.3 África.....	34
3.1.4 Oceania.....	35
3.1.5 América.....	36
3.1.5.1 América do Norte.....	36
3.1.5.2 América Central	38
3.1.5.3 América do Sul.....	38
3.2 CONSTRUÇÕES COM TERRA NO BRASIL	40
4. A TERRA ENQUANTO MATERIAL CONSTRUTIVO	45
4.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	46
4.2 TIPOS DE SOLO	48
4.2.1 Propriedades do Solo	48
4.2.1.1 Composição Granulométrica.....	48
4.2.1.2 Plasticidade.....	49
4.2.1.3 Retração	49
4.2.1.4 Umidade e Compactação.....	49

4.2.2 Ensaios de Campo.....	50
4.3 TÉCNICAS CONSTRUTIVAS.....	53
5. MÉTODO DE PESQUISA	59
5.1 ESTRATÉGIA DA PESQUISA.....	59
5.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA	60
5.2.1 Pesquisa Bibliográfica.....	61
5.2.2 Estudo Exploratório.....	61
5.2.2.1 Identificação dos Bioconstrutores	61
5.2.2.2 Entrevista Não-Estruturada com Bioconstrutores / Diálogo Reflexivo.....	62
5.2.2.3 Análise Documental	62
5.2.3 Estudo de Casos Múltiplos	62
5.2.3.1 Aplicação de Questionário Semi-Estruturado com Bioconstrutores.....	63
5.2.3.2 Pesquisa Documental	63
5.2.3.3 Mapeamento das Principais Edificações Atuais em Terra.....	63
5.2.3.4 Verificação das Técnicas Adotadas.....	64
5.2.3.5 Abordagem dos Programas e Instituições	64
5.2.4 Análise e Interpretação dos Dados.....	64
5.2.4.1 Cruzamento dos Dados	64
5.2.5 Apresentação dos Resultados	65
5.2.5.1 Proposta de Diretrizes para Administrações Municipais / Instituições Financeiras	65
5.2.5.2 Proposta de Diretrizes para Bioconstrutores Gaúchos	66
5.2.6 Considerações Finais	66
6. CARACTERIZAÇÃO DOS OBJETOS DE ESTUDO	66
6.1 A ARQUITETURA EM TERRA NO URUGUAI	67
6.1.1 Principais Edificações Atuais em Terra, no Uruguai.....	69
6.1.2 Técnicas Construtivas em Terra Adotadas.....	84
6.1.2.1 Tijolos de Adobe	84
6.1.2.2 <i>Bloques de Tierra Comprimida</i> - BTC (Blocos de Terra Comprimida)	86
6.1.2.3 <i>Barro Alivianado</i> (Terra-palha).....	88
6.1.2.4 <i>Paneles de Fajina / Bahareque</i> (Pau-a-pique ou taipa de mão)	90
6.1.2.4 <i>Terrón</i> (Torrão de Terra).....	91
6.1.3 Programas de Apoio à Construção em Terra no Uruguai.....	92
6.1.3.1 <i>MEVIR – Movimiento por la Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural</i>	92
6.1.3.2 <i>PDT – Programa de Desarrollo Tecnológico</i>	94
6.1.3.3 Incentivo à Bioarquitetura na Universidade Pública - UDELAR	94

6.1.3.4 <i>Proyecto Terra Uruguay</i>	95
6.1.3.5 <i>BHU - Banco Hipotecario del Uruguay</i>	96
6.1.3.6 <i>Proyecto Hornero</i>	97
6.1.3.7 <i>Plan de Cohesión Social y Desarrollo Territorial Sostenible de La Cuenca del Arroyo Carrasco (PCC)</i>	98
6.1.4 <i>Especulações Sobre a Aceitação da Arquitetura em Terra no Uruguai</i>	98
6.2 A ARQUITETURA EM TERRA NO RIO GRANDE DO SUL	99
6.2.1 Principais Edificações Atuais em Terra, no Rio Grande do Sul	104
6.2.2 Técnicas Construtivas em Terra Adotadas.....	112
6.2.1.1 Tijolos de adobe.....	112
6.2.1.2 Pau-a-pique	114
6.2.1.3 Construções com mangueiras	115
6.2.1.4 Tijolos cerâmicos e argamassa de barro	116
6.2.3 Programas de Apoio à Construção em Terra no Rio Grande do Sul.....	117
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES: DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA EM TERRA, NO RIO GRANDE DO SUL	119
7.1 DIRETRIZES PARA ADMINISTRAÇÕES MUNICIPAIS E INSTITUIÇÕES FINANCEIRAS	120
7.2 DIRETRIZES PARA BIOCONSTRUTORES GAÚCHOS.....	126
7.2.1 Diretrizes para a etapa de projeto de edificações em terra (A)	127
7.2.2 Diretrizes para a realização de testes expeditos (B)	131
7.2.3 Diretrizes para aplicação da técnica de adobes (C)	133
7.2.4 Diretrizes para aplicação da técnica de pau-a-pique (D)	140
7.2.5 Diretrizes para aplicação da técnica de pau-a-pique pré-fabricado(E)	146
7.2.6 Diretrizes para aplicação da técnica de torrões de leiva (F)	149
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	152
8.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	154
REFERÊNCIAS	155
APÊNDICE A - CARTA DE APRESENTAÇÃO	162
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO ENVIADO POR CORREIO ELETRÔNICO	164
APÊNDICE C - MINICURRICULUM DE BIOCONSTRUTORES ENVOLVIDOS NA PESQUISA	168

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta orientações a respeito do conteúdo desta pesquisa. Inicia com o contexto na qual a mesma se encontra inserida, seguida pela justificativa para a realização deste estudo; tratando, então, do problema, questão, objetivo, pressupostos e limitações da pesquisa.

1.1 CONTEXTO DE PESQUISA

A partir da década de 70, com a crise internacional do petróleo, e as agressões à natureza, iniciadas a partir da revolução industrial, no início do século XVIII, esforços passaram a ser direcionados para a proteção do meio ambiente, orientados por conceitos novos, como o de desenvolvimento sustentável¹.

A construção civil é apontada como responsável pela extração de grande parte dos recursos naturais consumidos pela sociedade. Ademais, os impactos ambientais decorrentes dessa atividade continuam através dos transportes diversos que a mesma requer, aliados aos das fábricas, que nutrem os canteiros de obra. Quando concluídas as obras, as edificações passam a consumir quantidades expressivas de energia, que somado aos restos de obras oriundos de reformas, lixo doméstico e demais impactos ambientais gerados quando da demolição, aceleram a degradação da natureza.

Segundo Do-Kyoung (2006), uma nova tendência rumo à proteção do meio-ambiente emergiu no campo da arquitetura. Entretanto, o método de abordagem ainda necessita ser modificado: há a necessidade de um novo direcionamento à arquitetura, que efetivamente esteja em harmonia com a natureza. Rodriguez (2002) complementa:

"Nesse sentido, por influência dos problemas sociais e ambientais, as perdas de referências culturais, a pouca autenticidade, a degradação do meio ambiente etc., estamos hoje presenciando um período de redescobrimto e real interesse pela arquitetura de terra²."

De acordo com Houben e Guillaud (1994), estima-se que um terço da população mundial ou, aproximadamente, 1.500.000 pessoas, vive em edificações construídas com terra, sendo que, atualmente, o maior desafio para a consolidação da utilização desta, enquanto material construtivo, está na quebra do preconceito relacionado a esse tipo de edificação. Tal situação ocorre porque as obras que recebem maior reconhecimento são aquelas

¹ Desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprirem suas próprias necessidades (WCED, 1987).

² Na arquitetura e construção com terra – denominação dada a toda produção arquitetônica que emprega o solo como a principal matéria-prima – ela recebe denominações diversas tais como terra crua, terra sem cozer, terra para construir, porém, o usual e que foi adotado neste trabalho, é o termo terra. O termo solo é usado, principalmente, quando envolve classificações e caracterizações, que também são adotadas em outros campos da Engenharia, assim como os termos solo-cimento, solo-cal e solo estabilizado, entre outros (NEVES *et. al.*, 2005).

feitas de materiais ditos "modernos", enquanto que aquelas feitas com terra são, usualmente, consideradas precárias e símbolo de baixo *status* social.

Em contrapartida, na Nova Zelândia, país com 268.680Km² e 4.173.460 habitantes (em julho/2008, de acordo com www.indexmundi.com), foram construídas 100 edificações em terra nos últimos dez anos (WILLIAM e MORRIS, 1998). No Uruguai, segundo menor país da América do Sul, por exemplo, com 176.515Km² e 3.447.778 habitantes em 2008 (www.indexmundi.com), segundo verificado através do presente estudo, as principais edificações construídas com apoio técnico, em terra, nos últimos 20 anos, totalizam 67 e foram, ainda, edificadas, neste período, cerca de 70 edificações de forma autônoma, sem qualquer apoio técnico. Já, Acosta (2010-a) estima que, nos últimos quinze anos, foram construídas cerca de cem casas em terra, com a participação de arquitetos, e outras cem, erguidas pelos próprios proprietários, sem a intervenção de técnicos.

Entretanto, no Rio Grande do Sul, estado brasileiro que faz limite com Uruguai, com características climáticas semelhantes, 281.748.538Km² (www.wikipedia.com) e 10.855.214 habitantes, em 2008 (www.riogrande.com.br), foram produzidas apenas 5 edificações em terra, nos últimos 10 anos. Cabe salientar que esses dados desconsideram edificações erguidas de forma precária ou por indígenas; tratam-se de construções de elevado padrão técnico, elaboradas com materiais não convencionais de construção, salientando-se a terra. Ainda assim, tais dados ilustram o fato de o estado gaúcho, com tamanho e população superiores às do país vizinho, apresenta um número quase que insignificante de construções em terra. Neste aspecto os uruguaios se aproximam da Nova Zelândia, um dos países que mais tem evoluído no emprego dessa técnica.

Segundo Garcia (2002), na América Latina existe uma grande tradição na prática e produção social, de forma que têm surgido movimentos promovidos pela sociedade civil, contribuindo para as práticas comunitárias e populares, originando projetos que resgatam a relação homem-natureza, articulando-os aos benefícios dos avanços científicos e tecnológicos.

Conforme destaca Pinto (1993), é necessário recuperar as técnicas tradicionais, analisá-las, quantificá-las, sistematizá-las, testá-las em laboratório e aperfeiçoá-las. No fundo, reacreditá-las, restituir-lhes o crédito a quem têm direito. Para isso, há que se promover sua reaceitação por parte da população, já que a rejeição a que a terra foi sujeita não tem sentido. É, fundamentalmente, produto das idéias de antigo e pobre. Há que associar a terra a idéias verdadeiras e inovadoras como conforto, economia energética, longevidade, degradabilidade e até ecologia (PINTO, 1993).

Destaca-se, assim, a necessidade de promover e quebrar esse preconceito em relação às bioconstruções, até mesmo para que, com o avanço do conhecimento científico a respeito das mesmas, essas técnicas vernaculares possam ser reinterpretadas e tornadas mais acessíveis tanto a profissionais, quanto à população em geral, permitindo que a construção civil seja reorientada para a sustentabilidade, assim reduzindo os impactos ambientais em grande parte dela decorrentes.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo Tiwary (2001), há necessidade de se realizar um esforço de *marketing*, no sentido de promover projetos que sejam capazes de infundir tecnologias de baixo consumo energético na construção civil.

Dessa forma, a motivação inicial para a realização desta pesquisa foi a constatação da falta de informação, por grande parte da população, em relação ao tema, o que também ocorre junto a instituições de ensino e financeiras. É, portanto, necessário que se faça a promoção da utilização da terra, enquanto material construtivo, para que esse método de construção amigável com o meio-ambiente possa, aos poucos, recuperar o importante papel que desempenhou no passado, quando tais construções eram tidas como convencionais por nossos ancestrais. O que se pretende, não é voltar ao passado, mas sim, agregar às técnicas vernaculares, a tecnologia do presente, assumindo nossa responsabilidade com a preservação do meio-ambiente e garantindo, assim, um futuro melhor e mais saudável às futuras gerações.

Alguns passos já estão sendo dados nesse sentido, como em São Paulo, onde a CDHU³ (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo), em parceria com a Caixa Econômica Federal, promove o Programa Paulista de Mutirão e Autogestão - PPM, destinado a famílias de baixa renda, que estejam dispostas a contribuir com mão-de-obra, visando a construção de moradias populares, sem fins lucrativos. Segundo Oliveira *et. al.*(2002):

“Trata-se de um esquema de mutirão, onde as pessoas, através da autoconstrução, são solidárias e ajudam o companheiro a ter a casa própria. Não utilizamos tecnologia de ponta, mas aplicamos técnicas já conhecidas de forma inovadora”.

Nesse sentido, as bioconstruções, feitas com materiais não convencionais, que resgatam técnicas vernaculares, e geralmente são autoconstruídas, representam uma nova alternativa a esse tipo de programa. Com o aperfeiçoamento obtido a partir do conhecimento científico, tendem a ser promovidas, através de alternativas similares ao PPM (Programa Paulista de Mutirão e Autogestão), e certamente passíveis de financiamento, facilitando à população o acesso a moradias de baixo impacto ambiental.

No Uruguai, as construções com terra são bastante disseminadas, tanto no meio urbano, quanto no rural. Em contrapartida, no Rio Grande do Sul, apenas são encontradas edificações antigas utilizando essa técnica, poucos sendo os exemplares de habitações recentemente construídas com barro.

Por isso, o presente estudo adotará por referência as edificações existentes no país vizinho, de clima similar ao do RS. Segundo a classificação climática de Köppen, tanto o Rio Grande do Sul, quanto o Uruguai, estão inseridos na categoria *Cfa* – clima subtropical úmido, com verões quentes e invernos frios. A temperatura média anual no Rio Grande do Sul é de 19°C, sendo que os índices pluviométricos variam de 1500 a 2000 mm/ano. De

³ www.habitacao.sp.gov.br

forma semelhante, o Uruguai apresenta temperatura média anual variando de 16°C, em Montevideu, a 19,5°C, em Salto e Artigas; precipitação média anual um pouco inferior a do estado gaúcho – varia dos 1000 mm/ano, no sul a 1400mm/ano, no norte. No tocante à densidade demográfica, o RS apresenta uma média de 38,53hab/km, enquanto que, no Uruguai, a densidade demográfica média equivale a 19hab/km², sendo que metade da população vive na capital, Montevideu.

Cabe salientar, ainda, que a *Universidad de la República - UDELAR*⁴, no Uruguai, transmite aos alunos conceitos relativos às técnicas de construção com terra e possui docentes que constroem dessa forma, na unidade da cidade de Salto, sendo facilitadores no aporte deste conhecimento.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A arquitetura, ao se tornar crescentemente dependente dos recursos tecnológicos de desenvolvimento recente para resolver seus projetos, está perdendo sua capacidade de se harmonizar com o meio-ambiente, uma característica sempre presente, exceto nas últimas décadas. É necessário que essa relação seja reestabelecida, e um dos caminhos é a utilização de materiais de baixo consumo energético, como a terra.

Cole (1998) entende que estamos ainda muito imaturos, no sentido de entender e praticar a responsabilidade ambiental e, mais significativamente, estamos longe de desenvolver meios para implementar significativas mudanças positivas.

Para que possamos alcançar uma maior sustentabilidade no ramo da construção civil, é essencial que associemos as edificações e o processo construtivo a práticas mais sustentáveis, que não abdicuem do conhecimento vernacular implícito na sabedoria popular e que possibilitem, através da pesquisa e do apoio da tecnologia atual, o emprego de conceitos que relacionem a arquitetura a um modo de vida mais saudável e mais próximo à natureza. Soares (2007) destaca que:

“é preocupante que nas sociedades ocidentais não tenha surgido um conjunto popular de diretrizes que substituísse as lições e obrigações dos mitos tribais. (...) A falta de tempo ou de bom senso para elaborar diretrizes orientadoras nos fez esquecer como se desenvolvem sistemas auto regulados – mais livres, mas não menos organizados”.

Nesse sentido, através da investigação de técnicas de construção em terra e de projetos que favoreçam esse tipo de prática, o presente estudo tem como meta estabelecer um conjunto de diretrizes para a orientação, tanto de profissionais do ramo da construção civil, como de entidades interessadas, em direção à promoção da arquitetura em terra. Além disso, pretende prover informações para a sociedade, em geral, para que haja o resgate da técnica e uma maior conscientização no sentido de gerar edificações mais saudáveis e, portanto, menos prejudiciais ao meio-ambiente. Soza (2003) destaca:

⁴ www.universidad.edu.uy

“Devemos nos mobilizar a assumir o compromisso e decisão de resgatar, na nossa prática profissional, a integração de outras tecnologias construtivas, além das consideradas competitivas e avançadas. Devemos desenvolver e possibilitar avanços técnicos no estudo científico desta quase desconhecida e marginal “tecnologia tradicional de terra”, dentro dos âmbitos em que estamos inseridos. Conhecer e investigar faz parte da ação necessária para dar respostas às problemáticas que requerem essas técnicas”.

1.4 QUESTÕES DE PESQUISA

A presente pesquisa visa contribuir para a disseminação do uso do barro, enquanto material construtivo capaz de contribuir com a sustentabilidade de edificações e, conseqüentemente, com a redução de impactos ambientais gerados pela construção civil, respondendo à seguinte questão principal:

Como as estratégias adotadas no Uruguai podem contribuir para a implementação e difusão de construções em terra no Rio Grande do Sul, local de clima semelhante?

Ainda, pretende-se responder as seguintes questões secundárias:

- a) Quem são os principais construtores uruguaios que constroem com terra, quais são as técnicas construtivas adotadas pelos mesmos e quais as características de suas obras?
- b) Quais são os programas de incentivo à utilização da terra, enquanto material construtivo, no Uruguai?
- c) Qual a situação da arquitetura de terra, atualmente, no Rio Grande do Sul?

1.5 OBJETIVOS

A partir da questão de pesquisa exposta acima são propostos os seguintes objetivos para o presente trabalho:

1.5.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho é formular diretrizes, para bioconstrutores gaúchos e para instituições financeiras / administração municipal, para o desenvolvimento da arquitetura de terra no Rio Grande do Sul, a partir da interpretação de estratégias uruguaias.

1.5.2 Objetivos Secundários

A partir do objetivo principal, são estabelecidos os seguintes objetivos secundários:

- a) identificar programas de apoio do governo uruguaio, bem como de incentivos de instituições financeiras, além de eventuais iniciativas de organizações não-governamentais ou de pessoas físicas, que atuem no sentido de promover a arquitetura de terra no país;

- b) identificar bioconstrutores uruguaios, obras recentemente edificadas em terra naquele país e verificar quais são as técnicas construtivas utilizadas e como as mesmas são executadas;
- c) identificar bioconstrutores gaúchos que construam com terra, bem como obras por eles recentemente edificadas, além de verificar quais as técnicas utilizadas e como as mesmas são executadas;
- d) identificar possíveis programas de incentivo à utilização da terra, enquanto material construtivo, bem como de eventuais instituições financeiras que aprovelem esse tipo de solução, no Rio Grande do Sul.

1.6 PRESSUPOSTOS

Esta pesquisa parte dos seguintes pressupostos:

- a) a arquitetura de terra, promovida com sucesso pelo país vizinho, pode ser adaptada à realidade do Rio Grande do Sul;
- b) no Uruguai, existe assessoria técnica qualificada, o que permite que mais profissionais, ou até mesmo simples adeptos da técnica, possam construir com qualidade, originando, também, uma melhor aceitação desse tipo de edificação;
- c) o apoio do governo e de instituições financeiras facilita o acesso da arquitetura de terra às distintas camadas da população.

1.7 DELIMITAÇÕES

Este trabalho apresenta as seguintes delimitações:

- a) ao levantar obras gaúchas e uruguaias recentes, estão sendo deixadas em segundo plano aquelas realizadas pelos povos nativos, como as etnias indígenas, por exemplo, ou obras precárias, que tenham sido edificadas sem qualquer apoio técnico;
- b) as diretrizes propostas aos bioconstrutores gaúchos, ao serem baseadas nas técnicas uruguaias, compreenderão especificações técnicas referentes apenas às técnicas ali executadas, ainda assim limitadas às três principais (adobe, pau-a-pique e torrões), pois, caso fossem abordadas todas as técnicas de construção em terra, o estudo demandaria muito mais tempo e extrapolaria o número de páginas admissível para uma dissertação de mestrado.

1.8 LIMITAÇÕES

Este trabalho apresenta as seguintes limitações:

- a) devido à escassez de recursos e também de tempo, não houveram condições de explorar todo o território uruguaio. Foram contempladas as principais edificações construídas com terra, tendo sido visitadas apenas aquelas que se situavam próximas umas das outras, e analisando as demais com base no acervo bibliográfico;
- b) tanto o Uruguai, quanto o Rio Grande do Sul, não possuem cadastro sistematizado de edificações erguidas em terra. Assim, a análise, nas respectivas prefeituras, de projeto em projeto, tornar-se-ia inviável, restringindo a localização das obras às informações presentes na bibliografia e àquelas fornecidas pelos próprios construtores;
- c) o contato com os construtores foi realizado via e-mail, já que seria inviável percorrer os dois territórios, ou mesmo um, por inteiro, para contatá-los. Assim, a fim de garantir tratamento e respostas equivalentes, os construtores gaúchos também foram contatados da mesma maneira. Infelizmente, a utilização de correio eletrônico não facilitou o preenchimento dos questionários enviados, o que reduziu a quantidade de respostas inicialmente pretendida.

1.9 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

A presente dissertação, organizada em oito capítulos, encontra-se assim estruturada:

No presente capítulo, há uma introdução ao tema de interesse proposto: a arquitetura em terra, assim como o contexto do mesmo e é apresentada a justificativa para a realização da pesquisa. A seguir, é apresentada a problemática, com a correspondente lacuna de pesquisa – a necessidade de propor diretrizes para a promoção da arquitetura em terra - acompanhadas da questão principal e secundárias, do objetivo principal e secundários. No final da primeira parte, são discriminados, ainda, os pressupostos, as limitações e a delimitação desse estudo, finalizando com esta apresentação da estrutura do documento.

Já, no capítulo seguinte, é apresentada uma revisão bibliográfica relacionada aos conceitos de sustentabilidade e ao papel da construção civil na preservação do meio-ambiente, discorrendo sobre os impactos por ela gerados.

No terceiro capítulo, apresenta-se a arquitetura em terra, tanto em um panorama mundial, quanto em relação à situação nacional, enfatizando o patrimônio histórico e as obras que vêm sendo executadas, atualmente, através da utilização de diversas técnicas construtivas, que utilizam a terra enquanto principal material construtivo.

No capítulo quatro, há uma revisão bibliográfica relativa às propriedades técnicas, tanto do material "terra", quanto das técnicas que podem ser utilizadas nesse tipo de bioconstrução. Há abordagens quanto às vantagens e desvantagens da utilização desse material, dos tipos de solo ideais, para cada situação, e das técnicas construtivas que podem ser adotadas.

No capítulo cinco, apresenta-se o método de pesquisa adotado, dividido em estratégia de pesquisa e delineamento da mesma, com descrição das etapas percorridas e procedimentos que fundamentaram a formulação das diretrizes propostas neste estudo.

No capítulo seis, são apresentados os objetos de estudo dessa dissertação, quais sejam, a arquitetura de terra no Uruguai e no Rio Grande do Sul. Parte-se, então, para a interpretação das estratégias adotadas para a promoção da arquitetura de terra no Uruguai e aborda-se a situação correspondente no Estado gaúcho. Através da apresentação das principais edificações situadas em cada território, das técnicas de construção em terra aplicadas a cada local e, ainda, de uma abordagem dos programas e/ou instituições que contribuem para o desenvolvimento da arquitetura de terra no Uruguai e, eventualmente, no Rio Grande do Sul, são construídas as ferramentas que originam as diretrizes propostas no presente estudo.

No capítulo sete, encontra-se a proposição de diretrizes para a promoção da arquitetura de terra no Rio Grande do Sul, formuladas a partir da interpretação dos dados relativos à situação existente no estado e das estratégias adotadas no Uruguai. Tais diretrizes buscam atender a distintos campos, fornecendo informações à população em geral; a instituições financeiras e/ou a administrações públicas, para que os trabalhos recebam aprovação e seja facilitado o acesso a moradias que contemplem o uso da terra, enquanto material construtivo; e, também, a bioconstrutores que, ao iniciarem atividades no ramo, possam se apoiar no presente estudo.

No último capítulo, são apresentadas as considerações finais sobre os resultados obtidos e recomendações para futuras pesquisas sobre o tema.

2. SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO CIVIL

Esse capítulo, resultante da pesquisa bibliográfica, apresenta uma introdução ao conceito de sustentabilidade e de seus princípios, associados à construção civil. Ressalta-se que não se pretende encerrar o debate, mas sim, focar aspectos considerados relevantes para o desenvolvimento do presente estudo.

2.1 SUSTENTABILIDADE, SUAS DIMENSÕES E PRINCÍPIOS

A partir da década de 70, o aumento da população mundial, associado a um crescente consumo de recursos não renováveis e acentuado pelo desenvolvimento tecnológico, além do aumento da demanda consumista, originou uma série de preocupações com desflorestamentos, contaminações tóxicas e catástrofes naturais daí decorrentes, que passaram a alarmar a comunidade científica e, também, a sociedade em geral. Em 1987, a *World Commission on Environment and Development*, formulou o *Brundtland Report*, também denominado *Our Common Future*, ao qual é, normalmente, atribuída a formulação do conceito de desenvolvimento sustentável: desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprirem suas próprias necessidades. Ainda, o documento afirma que, para tal, é necessário que ocorra a promoção de valores que encorajem padrões de consumo que estejam dentro do limite do ecologicamente possível e aos quais todos possam, racionalmente, aspirar.

Entretanto, uma série de distorções vem sendo observada quanto ao conceito de sustentabilidade, principalmente no que tange à questão ambiental. O CIB e a UNEP-IETEC (2002) alertam para o descaso com as metas da sustentabilidade, diminuídas e alteradas, sob o pretexto de garantir a sua viabilidade e adaptação aos distintos contextos de aplicação.

Nesse sentido, conforme CIB e IETEC (2002), a Agenda 21 da Construção Sustentável para Países em Desenvolvimento caracteriza a falsa (fraca) e a verdadeira (forte) sustentabilidade, com base em critérios que estabelecem a quantidade de recursos que podemos consumir hoje e a que precisamos reservar ao futuro. A fraca sustentabilidade permite que utilizemos grande parte de um tipo de recursos, se o substituirmos por outro, por exemplo, a utilização massiva de recursos naturais, compensada pela oferta de manufatura, como infraestrutura. Entretanto, como o recurso ofertado desvaloriza com o passar do tempo, certamente ficaremos sem nada. Já, a forte sustentabilidade defende que certas funções oferecidas pelo meio-ambiente são essenciais para o bem-estar e sobrevivência da espécie humana, e não podem ser duplicadas pelos humanos. Trata-se do capital natural crítico, que não pode ser compensado por nenhum outro tipo de recurso, por exemplo, a camada de ozônio e o ciclo do hidrogênio.

Inspirados no estudo de diversos autores, tais como Sachs (1986), Mitchell *et. al.* (1995 *apud* SILVA; SHIMBO, 2001), Curwell e Cooper (1998, *apud* SILVA; SHIMBO, 2001), Silva e Shimbo (2001) definem as dimensões de sustentabilidade:

- a) ambiental: manutenção da integridade ecológica, por meio da prevenção das várias formas de poluição, da prudência na utilização dos recursos naturais, da preservação da diversidade da vida e do respeito à capacidade de carga dos ecossistemas;
- b) social: viabilização de uma maior equidade de riquezas e de oportunidades, combatendo-se as práticas de exclusão, discriminação e reprodução da pobreza e respeitando-se a diversidade, em todas as suas formas de expressão;
- c) econômica: realização do potencial econômico que contemple, prioritariamente, a distribuição de riqueza e renda, associada a uma redução das externalidades sócio-ambientais, buscando-se resultados macrossociais positivos;
- d) política: criação de mecanismos que incrementem a participação da sociedade nas tomadas de decisão, reconhecendo e respeitando os direitos de todos, superando as práticas e políticas de exclusão e que promovam o desenvolvimento da cidadania ativa;
- e) cultural: promoção da diversidade e identidade cultural, em todas as suas formas de expressão e representação, especialmente daquelas que identifiquem as raízes endógenas, propiciando, também, a conservação do patrimônio urbanístico, paisagístico e ambiental, que referenciem a história e a memória das comunidades.

2.2 EDIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL: CONCEITUAÇÃO

Aplicando-se os conceitos de sustentabilidade à construção civil, têm-se, segundo CIB e UNEP-IETC (2002), que construção sustentável é aquela em que os princípios de desenvolvimento sustentável são aplicados à compreensão do ciclo construtivo, desde a extração e beneficiamento de matéria-prima, durante as fases de planejamento, projeto e construção das edificações, até a desconstrução e gerenciamento dos resíduos daí decorrentes. Trata-se de um processo holístico, que busca restaurar e manter a harmonia entre os ambientes natural e construtivo, enquanto cria assentamentos que afirmam a dignidade humana e equidade econômica.

Mais recentemente, Gibberd (2004) sintetiza que “a edificação e a construção sustentáveis buscam maximizar os efeitos sociais e econômicos benéficos, enquanto minimizam os impactos ambientais negativos”.

A Agenda 21 e a Agenda *Habitat* (2003) definem, então, princípios de sustentabilidade para a construção civil:

“Promover métodos e tecnologia localmente disponíveis, apropriados, seguros, eficientes e ambientalmente corretos, em todos os países, particularmente nos em desenvolvimento, nos níveis local, nacional, regional e sub-regional, que enfatizem o uso otimizado dos recursos humanos locais e encorajem métodos que economizam energia e que são protetores da saúde humana” (THE HABITAT AGENDA, 2003).

3. A CONSTRUÇÃO COM TERRA

A utilização da terra, enquanto material construtivo, data de épocas remotas, quando o homem sentiu necessidade de prover o seu próprio abrigo, ao invés de sobreviver apenas nos refúgios propiciados pela própria natureza. Inicialmente, muito se utilizou a construção de paredes com pedras; no entanto, à medida que essas se tornavam pouco acessíveis, aos poucos, passou-se a utilizar a madeira associada à terra.

Arini e Gallo (2002) esclarecem que a arquitetura de terra foi se expandindo e, a partir do contato efetuado entre distintos povos foi, também, aperfeiçoando-se. A diversidade de edificações históricas observadas mundialmente e, ainda hoje bem conservadas, reflete a possibilidade de resgate das devidas tipologias.

3.1 CONSTRUÇÕES COM TERRA NO MUNDO

A construção com terra, bastante utilizada na antiguidade, nas mais distintas tipologias de edificações, como palácios, fortificações, igrejas, mesquitas e habitações é, ainda hoje, bastante freqüente.

Minke (2008) salienta que em quase todos os climas quente-secos e temperados, a construção com terra têm sido o material predominante. Ainda, na atualidade, um terço da população mundial vive em edificações de terra e, em países em via de desenvolvimento, isso representa mais da metade.

Ainda, Correia (2006) aponta que há diversidade nas construções em terra, manifestada na ampla variedade de patrimônio edificado, nas distintas técnicas construtivas aplicadas e, também, devido ao fato de ser altamente durável, atravessando períodos da pré-história, até o presente. Ainda, a utilização de terra, ao estar presente em quatro dos cinco continentes, aplicada de formas distintas em cada região, como ilustra a Figura 01, abaixo, reforça sua diversidade cultural, a nível mundial.

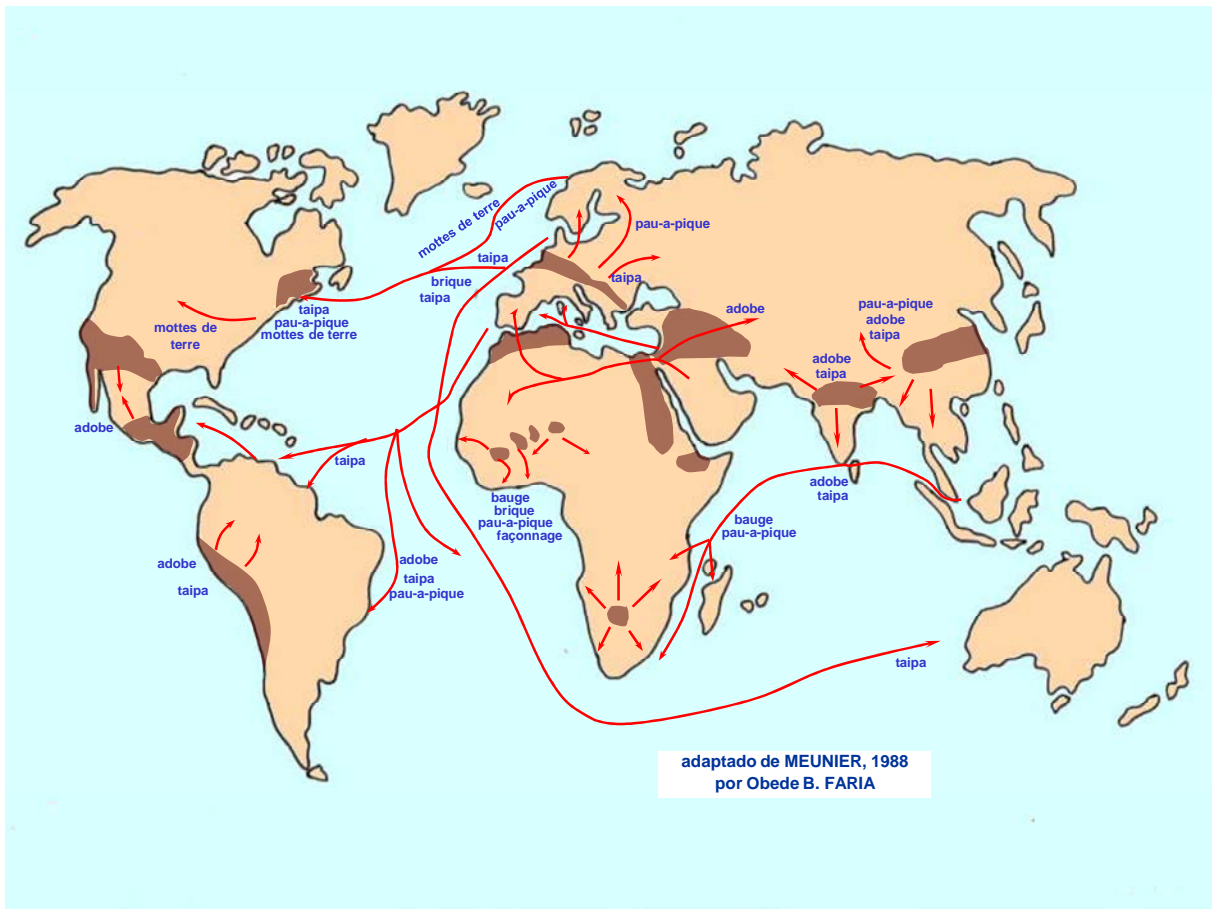


Figura 01: panorama mundial das técnicas construtivas em terra. Fonte: Obede Borges Faria, adaptado de Meunier (1988).

Segundo Filho (2007), 10% da “Lista do Patrimônio Cultural da Humanidade” está composto por monumentos construídos em terra; 16% dos monumentos mundiais incluídos na “Lista dos 100 Monumentos em Perigo”, da *World Monument Watch*, são feitos de terra e 57% da “Lista do Patrimônio Cultural em Perigo”, do *World Heritage Centre*, consistem em locais edificados com arquitetura de terra.

3.1.1 Europa

Conforme Rodrigues (2003), na Europa, diversos países, tais como Portugal e França, constroem com a utilização de terra. No primeiro caso, situam-se na região entre o *Algarve* e o *Alentejo* e, no segundo, em *L’isle d’Abeau*, próximo a *Lyon*.

Na Península Ibérica, durante o período de domínio muçulmano, foram edificadas estruturas defensivas, em taipa, desde o século X, no período islâmico, sob domínio de *Almóada*, como no sul de Portugal, onde se encontram os fortes de *Alcácer do Sal*, *Juromenha*, *Paderne*, *Moura* e *Silves*. Já, do século passado, encontra-se, no *Alentejo*, exemplo de um cine-teatro edificado em taipa e, no patrimônio da UNESCO, encontram-se núcleos habitacionais com utilização da terra, como os centros históricos de *Évora*, *Porto*, *Guimarães* e *Angra do Heroísmo*.

Atualmente, observa-se, em Portugal, a inserção da terra, enquanto material construtivo, na arquitetura contemporânea do país, notadamente nas obras de profissionais, como Henrique Schreck, Graça Jalles, Alexandre Bastos ou Teresa Beirão.

Já, na Espanha, segundo afirma Fernandes (2008), é corrente a utilização da taipa, em toda a costa do Mediterrâneo e ainda freqüente no interior, nas regiões de *Estremadura, Castela, Aragão, Múrcia* e outras. Há paredes em edifícios públicos, históricos, eruditos, vernáculos e em construções rurais feitas com terra e adição de cal, em fortificações ou com terra compactada entre taipais, técnica conhecida como *la tapia*. Ainda, em Valência, era bastante comum o revestimento da taipa com alvenaria de tijolo maciço, originando um sistema extremamente resistente.

São encontrados exemplos de arquitetura em terra em toda Espanha, mas é na área central que esses podem ser encontrados em qualquer cidadela, como no distrito de *Tierra de Campos*, nas províncias de *León, Zamorra, Valladolid e Palencia*.

Conforme Delgado e Guerrero (2006), as técnicas de construção em terra mais utilizadas na Espanha são adobe e taipa de pilão, seguidas por pau-a-pique. A herança cultural desse tipo de arquitetura na Espanha é manifestada em casas de classe baixa e alta, edificações secundárias na zona rural e em grandes monumentos. A UNESCO declara, como patrimônio cultural da humanidade, o centro histórico da cidade de *Córdoba, Alhambra, Generalife e Albaicín*, em Granada.

Há uma série de edificações de destaque, recentemente construídas na Espanha, dentre elas, a residência de Luis Salazar, edificada em 2002, com 100m² de projeção horizontal, em taipa de pilão e adobes; residências em *Ecovillage Amayuelas (Palencia)*, construídas em 2001 e destinadas à habitação e acomodação para turismo rural, em taipa de pilão; *La Tenada de Covachuelas*, situada em *Covachuelas (Segóvia)*, residências com porão, feitas em 2001, com solo-cimento; Teatro Municipal de *Balaguer*, em *Lérida (Cataluña)*, concluído em 1992, em taipa de pilão, dentre outros.

Já, na França, houve um redirecionamento da arquitetura de terra, a partir da publicação dos *Cahiers d'École d'Architecture Rurale* (1793) de *François Cointeraux* (1740-1830), responsáveis pela expansão e difusão da construção em taipa, ou *pisé*, na França.

Além do patrimônio rural e urbano oitocentista da França, destacam-se, ainda, os centros históricos de *Lyon e Montbrison* e outros aglomerados urbanos edificados em taipa, além de diversas regiões francesas, edificadas com outras técnicas de construção em terra, como *Rhône-Alpes, Bas-Dauphiné e Loire*, entre outras.

Ainda, dentre as diversas ações desenvolvidas na França, em prol da arquitetura de terra, destacam-se a fundação do CRATerre, em 1979, um centro de pesquisa e formação sediado em *Grenoble*, que apóia atividades vinculadas à construção em terra, no mundo todo, e à construção de novos projetos, como o *Domaine de la*

Terre, em *Isle d'Abeau*, cujo projeto contemplava a construção de um bairro de habitação social, com edifícios de dois a cinco pavimentos, recorrendo a novas tecnologias e técnicas para utilização da terra para construção.

Por outro lado, na Alemanha, a existência de inúmeros refugiados da guerra, assim como imigrantes húngaros, polacos, entre outros, sem abrigo, levaram à construção de bairros residenciais em terra, devido à escassez de material, aproveitando a mão-de-obra disponível no local. Originaram-se, também, novas cidades, em povoamentos rurais nas regiões de *Leipzig*, *Weimer* e *Brandenburg*, entre outras. Fernandes (2008) salienta:

“O caso alemão destaca-se, ainda, pelo impulso posterior, sobre tudo a partir da década de oitenta, do século XX, pela organização de legislação, regulamentos e normas referentes à construção em terra e outros materiais alternativos. Este é, talvez, o país europeu que maior avanço preconizou no que respeita à industrialização dos materiais e regulamentação da arquitectura em terra”.

Em *Weilburg*, destaca-se, segundo Minke (2008), a residência mais alta da Europa, feita com paredes de barro maciço, com sete pavimentos, tendo 75 cm de espessura, na base, e 40 cm, nas paredes acima, finalizada em 1828 e ainda habitada.

Conforme Steingass (2003), o interesse na arquitetura de terra vem crescendo nos últimos anos, não só na Alemanha, mas na Europa, como um todo. Segundo o autor, isso se deve, principalmente, ao interesse por uma construção amigável com o meio-ambiente, em trabalho e ambientes mais saudáveis, em métodos rurais de reabilitação e, também, ao aumento de uma série de alergias.

Segundo Rüger (1998), na região de Berlim/Brandenburgo, entre 1990 e 1996, havia a utilização de tipos construtivos em terra, em 85 edificações. Nos anos oitenta, apenas um grupo de idealistas optava pela terra enquanto elemento construtivo; já, nos noventa, pessoas “comuns” passaram a se interessar pelos efeitos positivos da arquitetura de terra.

Ainda, a Universidade de *Kassel*, na Alemanha, com seu Laboratório de Construções Experimentais, pesquisando e aprimorando as técnicas de construção em terra crua no país, contribui para o panorama de desenvolvimento dessa solução construtiva não só na Europa, mas em outros países nos quais atua. Na Figura 02, apresenta-se uma creche, construída por Gernot Minke, na Alemanha, com blocos de terra, em que há um espaço multiuso, com vão livre de 10m coberto por abóboda, sendo toda edificação recoberta por 15 cm de terra.

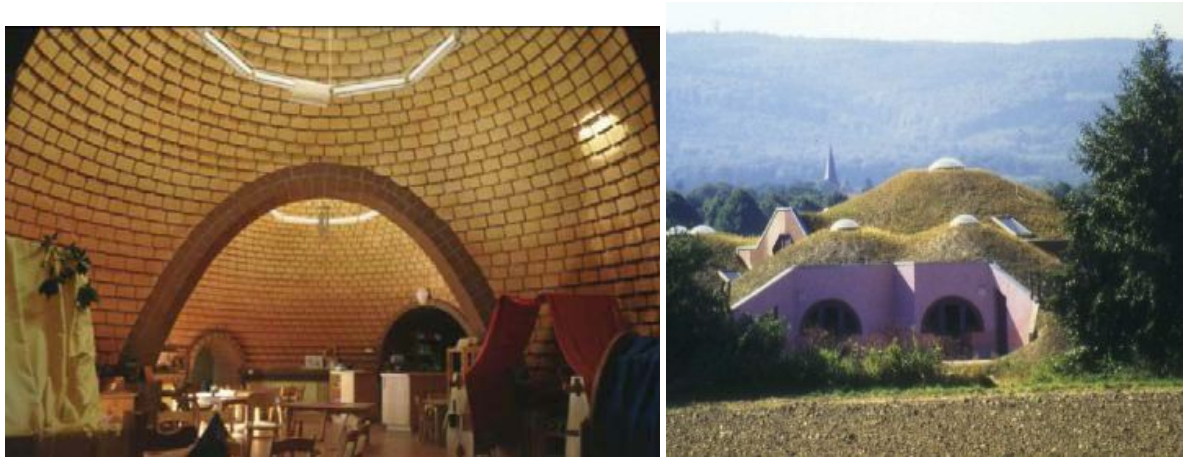


Figura 02: creche em Sorsum, na Alemanha, construída com blocos de terra e recoberta por uma camada de 15 cm de terra. Fonte: Minke (2008).

Na Inglaterra, cerca de 60% dos monumentos antigos e locais arqueológicos são feitos de terra ou tem alguma associação com a mesma. Entretanto, assim como nos demais países, as técnicas caíram em desuso, com o advento de materiais industrializados de construção.

A Inglaterra é, também, conhecida como o berço do *cob*, pão de terra ou terra moldada à mão, que se refere a uma técnica semelhante ao adobe, entretanto, sem a utilização de fôrmas, formação de tijolos ou estrutura auxiliar de madeira. Aparentemente, o *cob* surgiu na Inglaterra em meados do século XIII, como uma evolução da técnica de pau-a-pique.

A técnica de *cob* foi o método de construção tradicional adotado na cidade de *Devon*, no sudoeste da Inglaterra, nos séculos XVII e XVIII. Entretanto, os esforços para recuperar tais edificações vêm sendo suprimidos, devido a suposições em relação ao desempenho estrutural e térmico das mesmas, que não seguiriam as normas atuais. Assim, a Escola de Engenharia Civil e Estrutural, a Escola de Materiais Manufaturados e a Escola de Arquitetura de *Plymouth*, têm se concentrado em suprir essa lacuna, a fim de promover e conservar edificações em terra na Inglaterra. Também em Londres, *Winchester*, *Durham*, *Cornwall*, *Lancashire*, *Bath* e em outras cidades, há projetos arquitetônicos atuais sendo desenvolvidos em terra, sobretudo com a utilização da taipa de pilão.

Outros países europeus também se destacam na utilização da terra, enquanto material construtivo, como Itália, Suíça, Hungria, Grécia e Áustria. Na Figura 03, observa-se uma residência de dois pavimentos edificada em taipa de pilão, por Martin Rauch, na Áustria, arquiteto especialista na utilização dessa técnica.



Figura 03: residência em taipa de pilão em Schlins, Áustria, projetada por Martin Rauch. Fonte: <http://ecohousefilm.com/tag/ecohouse> (09/03/2010)

3.1.2 Ásia

Correia (2006) afirma que a China apresenta um vasto patrimônio edificado em terra, como a famosa muralha (V-III a.C. e XV-XVII d.C.), realizada em taipa de pilão e, em alguns pontos, revestida com pedra. Na parte ocidental do país, em *Jia Ohe*, encontram-se vestígios de um monumento budista, sendo sua porção inferior edificada com terra pouco compactada (por isso mais deteriorada) e, a superior, mais comprimida, sendo o topo realizado com adobes.

A mesma autora destaca, também, a cidade de Jericó (8000 a.C.), construída no Neolítico e situada em Israel, como sendo um dos aglomerados mais antigos da história. Percebe-se, nesse período, uma evolução do sistema construtivo que, em 6800 a.C., compreendia construções em formato circular, edificadas em adobe. Já, a partir de 5500 a.C., as mesmas passaram a ser construídas em formato retangular, ainda em adobe, exceto pela fundação, à base de pedra. O próprio livro sagrado cristão destaca a utilização de terra, em algumas passagens - "Não tornareis a dar, como dantes, palha ao povo, para fazer tijolos; vão eles mesmos, e colham palha para si" (Êxodo, 5:8); "Tira água para o tempo do cerco; reforça as tuas fortalezas; entra no lodo, pisa o barro, pega na fôrma para os tijolos" (Naum, 3:14).

Na Índia, conforme aponta Fernandes (2008), há construções realizadas em taipa na província de Goa, decorrentes da influência portuguesa, após o século XVI, e diversos mosteiros, no norte, edificados com a mesma técnica; assim como paredes de mosteiros budistas, próximo aos Himalaias, no Nepal e Botão, e fortificações históricas no Irã e Omã, sendo, a maioria, de influência colonial.

A cidade de *Shibam*, no Yêmen, famosa por sua arquitetura em blocos de terra, tornou-se patrimônio mundial pela UNESCO, em 1982. Também conhecida como a "*Manhattan do deserto*", a cidade tem mais de 2000 anos, sendo que a maioria de suas edificações datam do século XVI, quando a cidade era assolada por ataques de beduínos e precisou encontrar uma forma de proteger seus habitantes.

A Figura 04, abaixo, apresenta as edificações de *Shibam*, a “mais antiga cidade de arranhacéus do mundo”, abrigando os edifícios mais altos do mundo edificados em terra, sendo, o maior, de 53m de altura.



Figura 04: arranhacéus construídos com adobes em Shibam, Yêmen. Fontes: <http://bocaberta.org/wp-content/uploads/2009/05/shibam04.jpg> (09/03/2010) e <http://heritage-key.com/blogs/sean-williams/manhattan-middle-east-shibam-yemen> (09/03/2010)

3.1.3 África

Fernandes (2008) aponta que, no continente africano, destacam-se os sistemas monolíticos de terra empilhada, moldada e os sistemas em alvenaria e mistos. A taipa é sistema secundário, normalmente originado de processos de colonização, que são exemplos de sistemas defensivos dos séculos XVI e XVII.

Por outro lado, a autora destaca ainda que, no Marrocos, a utilização de taipa é corrente nos dias atuais. Edifícios históricos, do tipo *Kasbha* e *Ksar*, são símbolos da integração da arquitetura vernácula com a contemporânea, dando continuidade à utilização da terra como material construtivo. Entretanto, a presença da arquitetura em terra é mais corrente no interior do país e menos freqüente na costa.

Na África, quase todas as mesquitas foram construídas em terra, como a de *Djenne*, no *Mali*, apresentada na Figura 05, que era um dos principais centros de peregrinação islâmica na região sul do Saara e, *Mali*, um importante entreposto comercial entre a África do Norte e a do Sul.

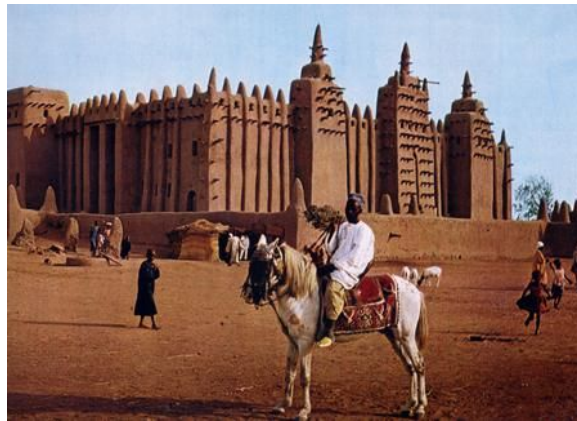


Figura 05: Grande Mesquita de Djenne, no Mali, construída em 1280 e considerada a maior edificação em adobe no mundo. Fonte: <http://www.ricardocosta.com/pub/imperiosnegros2.htm>

De outro lado, o Egito antigo, conforme aponta Correia (2006), possui o *Ramesseum*, todo edificado em adobe, no século I a.C., época de *Ramsés II*, com arcos e abóbodas de tipologia Núbica e utilizado para estocar cereais.

Atualmente, têm-se o legado deixado pelo renomado arquiteto *Hassan Fathy*, nascido em Alexandria e atuante no Cairo. Esse profissional se voltou para o estudo das construções rurais de sua região, em adobe, e redescobriu a técnica de construção de cúpulas de tijolos, sem a utilização de fôrmas, tendo, como um de seus principais trabalhos, o projeto e construção da *New Gourma Village*, em *Burkina Fasso* – com supermercado, habitações de baixo custo, escola, mesquita e, até mesmo, um teatro, toda em adobe, com a finalidade de reerguer a antiga vila e devolvê-la ao povo beduíno.

3.1.4 Oceania

A Nova Zelândia, um dos países que mais vem desenvolvendo a arquitetura de terra, atualmente, começou a utilizar essa técnica com a chegada dos primeiros colonizadores europeus, principalmente ingleses, que ali se estabeleceram. Na Ilha do Sul, utilizou-se predominantemente a técnica de pau-a-pique e, na Ilha do Norte, a taipa (onde se tem a *Pompallier House*, no *Russel*, que tem resistido a terremotos, tempestades e ao tempo).

Segundo Walker e Morris (1998), apesar da ocorrência de terremotos em 1846 e 1855, que destruíram muitas edificações construídas em terra, ainda existem 121 casas de terra, construídas entre 1840 e 1870 e mais 168, construídas entre 1870 e 1910. Após esse período, houve pouca atividade, até que foi construída uma série de edificações com terra estabilizada, com o apoio da *Canterbury University* e ocorreu escassez de materiais construtivos no pós- guerra. Segundo os autores, a partir da década de 80, o interesse pela arquitetura de terra na Nova Zelândia aumentou, principalmente, devido à aceitação das pessoas, que passaram a buscar edificações mais sustentáveis e amigáveis com o meio-ambiente. Assim sendo, muitas casas pequenas e, também, enormes casas de executivos, passaram a ser construídas em terra, no país. Estima-se que, na última década, foram construídas mais de 100 edificações em terra, na Nova Zelândia.

Dessa forma, um dos principais entraves ao desenvolvimento da arquitetura de terra, no país, refere-se à intensa ocorrência de chuvas e aos riscos de abalos sísmicos. Assim, para que os projetos com utilização de terra, enquanto material construtivo, satisfaçam os mais elevados padrões de segurança estrutural e atendam ao Código de Edificações do país, foram criadas normas específicas para construções desse tipo, sendo o primeiro conjunto de normas dessa natureza no mundo. Surgiram, assim, a NZS4297 – Projeto estrutural de edificações em terra; a NZS4298 – Materiais e mão-de-obra para edifícios em terra; e a NZS4299 – edifícios em terra que não exigem projeto específico. Essas normas envolvem as técnicas de construção em terra, que estão em desenvolvimento nos últimos 25 anos, na Nova Zelândia, como adobe, taipa de pilão, tijolo prensado e paredes, com ou sem reforço, fazendo, ainda, uma alusão ao *cob*, que vem sendo alvo de interesse na região.

Existem, ainda, normas relativas à construção em terra na China, Peru, Turquia e Alemanha. Nos Estados Unidos, há uma menção relativa a tal técnica nos *UBC Documents (The Uniform Building Code)*, ou Código de Edificações, existindo códigos estaduais, no Arizona e Novo México, além de códigos municipais. Tais códigos são, geralmente, breves documentos de orientação e informam sobre os sistemas estruturais e materiais, com indicativos sobre resistência.

Na Austrália, edifícios de caráter temporário foram utilizados, anteriormente, por aborígenes australianos. Já, a partir de 1830, colonizadores ingleses ergueram edifícios que ainda existem. Além disso, uma série de comunidades, como a bem conhecida *Crystal Water*, promovem a construção de edificações em terra, atualmente, no país.

3.1.5 América

O uso da terra, enquanto material construtivo, remonta a mais de 10 mil anos, sendo que, nas Américas, é sabido que existiram construções em adobe em quase todas as culturas pré-colombianas. A arquitetura de terra é apresentada de diversas formas, desde estruturas individuais, até coletivas, ou mesmo aglomerados rurais ou urbanos. No mesmo território, podem ser encontradas tipologias distintas, datadas de períodos diferenciados, caracterizando sua versatilidade de origem e utilização.

3.1.5.1 América do Norte

Conforme aponta Correia (2006), construções em terra são intensamente presentes nos Estados Unidos, de forma que o patrimônio de terra norte-americano pode ser identificado, dentre outros, em:

- a) estruturas habitacionais abandonadas por povos antigos, como os *Anasazi* (nativos americanos ancestrais), como o *Montezuma Castle* ou *Casa Grande*, ambas no Arizona;
- b) povos tradicionais, como *Taos* (Figura 06a) e *Acoma City*, no Novo México, situadas em reservas protegidas, pertencentes a nativos americanos, cujos ancestrais edificaram aldeias em adobe, ainda hoje conservadas;

- c) *Pithouses*, *Kivas* e *Hogans*, estruturas utilizadas desde o período 700 a.C., caracterizadas, sobretudo, por estruturas de madeira recobertas por terra, geralmente subterrâneas, cujo conceito é, ainda hoje, utilizado pelas diversas tribos de nativos americanos;
- d) missões franciscanas, existentes em todo o sudoeste do país, realizadas em adobe ou taipa, no século XVII;
- e) *Sod Houses*, casas em torrões de terra, nos Estados de Kansas, Colorado e Nebraska, edificadas nos séculos XVIII e XIX, pelos imigrantes europeus (*pioneers*);
- f) *Potato Houses*, edificações para armazenagem de batata, em adobe ou taipa, em San Luís Valley, sul do Colorado, durante os séculos XVIII e XIX;
- g) aldeias históricas, cujas estruturas encontram-se abandonadas ou em atual renovação, construídas em adobe, no *Santa Fé Trail*, Estado do Novo México, durante os séculos XVIII e XIX;
- h) *Fort Selden* e *Fort Union*, do século XIX, são estruturas em adobe, ainda hoje visitáveis;
- i) as grandes propriedades rurais em adobe, perpetuadas na literatura norte-americana do século XIX;
- j) a atualidade da arquitetura em terra se manifesta em todo o sudoeste americano e projetistas como Ricky Joy (Figura 06b), David Easton e Wayne Lloyd, dentre outros, continuam ativos.



(a)



(b)

Figura 06: (a) *Pueblo Taos*, a mais antiga favela do mundo, em adobe, no Novo México; (b) residência particular, projetada por Ricky Joy, em taipa de pilão, no Arizona. Fonte: 06a - <http://www.destination360.com/north-america/us/new-mexico/pueblo-de-taos>; 06b - <http://www.scotzimmermanphotography.com/index.php/cpath/3>.

No México, destacam-se as *Trés Zapotas*, *La Venta* e *Zapotecas* (800 a.C), realizadas em terra, com coberturas planas (GUERRERO, 1994 *apud* CORREIA, 2006). Ainda, o centro da *Pirâmide del Sol*, em *Teotihuacán*, foi construído com 2 milhões de toneladas de taipa de pilão, entre os anos 300 e 900.

3.1.5.2 América Central

Em El Salvador, destaca-se a *Joya de Céren*, patrimônio universal da humanidade. Trata-se de um patrimônio arqueológico mantido por instituições nacionais como a *Dirección Nacional de Patrimônio Cultural* e o *Consejo Nacional para la Cultura y el Arte (Concultura)* de El Salvador, e instituições internacionais, como a UNESCO.

3.1.5.3 América do Sul

Na América do Sul, diversos países têm a arquitetura em terra, não só como representante de seu passado, senão como parte de sua cultura atual; tem-se o hábito de construir com terra, principalmente em zonas rurais.

Lamas, cidade situada na selva do Peru, ocupa uma área urbana de 224,15 ha e surgiu a partir da fusão de quatro culturas: amazônica, *chanca*, inca e espanhola. Segundo Flores (1995), os povoadores locais são exímios construtores de taipa de pilão - influência direta dos povos incas -, fazendo com que sua técnica seja transmitida através das gerações, utilizando simplicidade para executá-la e obtendo os materiais do meio natural, sem qualquer modificação. Ainda no Peru, em *Trujillo*, destaca-se, como pode ser visualizado na Figura 07a, *Chan Chan*, o maior complexo urbano da humanidade edificado em terra, antigamente envolvendo 20km², hoje reduzidos a 14Km². Segundo Correia (2006), *Chan Chan* é composta por nove castelos, sendo que sua construção foi iniciada em 900 d.C. e o seu apogeu ocorreu em 1350, quando se tornou capital do Império *Chimú*, sendo, no século XV, conquistada pelos incas. Existem, ainda, as *Huacas*, a exemplo da *Huaca de La Luna*, apresentada na Figura 07b, que são pirâmides monumentais de adobe, dispersas pelo território peruano. Essas representavam o conceito de sagrado, e vinculavam-se ao conceito de origem e transcendência, como a *Huaca de Las Flores*, em Lima; a *Huaca de Las Estacas*, em *Túcume*; a *Huaca de Las Ventanas* e *Huaca Loro*, em *Sicán*; *Huaca Cão Viejo* e *Huaca El Brujo*, em *Magdalena de Cão*; *Huaca del Dragón* em *Trujillo*; dentre outras centenas.



(a)



(b)

Figura 07: (a) Chan Chan, no Peru – maior complexo urbano da humanidade edificado em terra; (b) *Huaca de La Luna*, no Peru – interior de pirâmide monumental edificada em adobe. Fonte: 07a e 07b – Jaqueline Brenner.

Também, o Chile destaca-se pela utilização recente de técnicas mistas de construção em terra, utilizando, sobretudo, adobes e taipa de mão.

Já, no nordeste argentino, em cidades como *Salta*, *Santa Fé* e nas províncias de *Chaco*, *Corrientes* e *Formosa*, é corrente a utilização de madeira e barro na construção (técnica de pau-a-pique), herança do domínio espanhol sofrido pela região. Outros países, como Peru, Bolívia, Chile, Equador, Colômbia, Venezuela e Panamá, além da maioria dos países da América Central, também adotam a referida técnica, sendo seu nome variável, conforme o componente utilizado na trama.

Segundo Soza (2003), com a chegada dos espanhóis na Argentina, foram incorporados outros materiais e outras técnicas construtivas, sendo que, no século XVII, as paredes eram regularmente de adobe ou taipa e os tetos de palha ou folha de palmeira, conforme a região, sendo que, até o final do século XIX, continuou-se a utilizar a terra para a construção de residências e edifícios públicos. Ainda hoje, a técnica do pau-a-pique caracteriza as residências tradicionais da planície de *Tucumán* e no vale de *Trancas*, onde aparece, especialmente, em cozinhas e depósitos, ao passo que a utilização de adobes é comum na província de *Santiago del Estero*, principalmente devido à escassez de chuva e altas amplitudes térmicas.

No Paraguai, como enfatizam Ríos e Nessi (2003), destacam-se as técnicas mistas de construção com terra, em que essa se encontra vinculada à estrutura de troncos de madeira, configurando a técnica de pau-a-pique. Os autores mencionam, ainda, que, segundo dados de 1992 do Ministério da Agricultura, em relação ao total de paredes do país, 8% das mesmas são em pau-a-pique e, mesmo que as 4 mil residências do meio urbano não computem 1% dessa técnica, na área rural, a participação com essa tecnologia chega a 15%. *Pilar*, *Guairá*, a rota *Transchaco*, *Puerto Casado*, *Ñembucu* e mesmo em ruas importantes de *Asunción* e cidades de sua periferia (*Luque* e *San Lorenzo*), encontra-se significativo número de construções em pau-a-pique.

Ainda, a Faculdade de Arquitetura de *Asunción* tem um novo plano de ensino, na qual existem cinco cadeiras, desenvolvidas entre o primeiro e o segundo semestre de cada ano. Algumas, com ênfase teórica (Hábitat Popular, Tecnologias Alternativas e Autoclimatização) e dois cursos-oficina de desenho e construção (Materiais e Técnicas Alternativas de Construção, Terra como Material Alternativo), com grupos de 50 a 70 alunos. Destacam Ríos e Nessi (2003) que as novas gerações de arquitetos que vão conhecendo esse potencial (o da construção com terra), se somarão aos profissionais que hoje já trabalham nesse campo e somam, com seu conhecimento, não só a proteção do patrimônio, como também a formulação de novas propostas.

Também no Uruguai, a arquitetura em terra é bastante evidente, notando-se sua ocorrência praticamente em todas as províncias do país, sendo que, assim como nos demais países da América do Sul, a zona rural é a que possui a maior parte das edificações construídas em terra.

Dentre as técnicas de maior utilização no Uruguai, salientam-se os tijolos de adobe, o pau-a-pique ou taipa de mão, a terra-palha, o BTC – bloco de terra comprimida e o torrão de terra.

Ainda, o Brasil (abordado a seguir, no item 3.2) é um dos maiores expoentes da arquitetura em terra da América do Sul, desde quando colonizadores europeus aqui introduziram essa técnica. Ainda hoje, a arquitetura em terra no Brasil é utilizada, e encontra-se em processo de desenvolvimento, especialmente nas regiões centro, norte e nordeste do país, onde o clima é mais favorável a ela.

3.2 CONSTRUÇÕES COM TERRA NO BRASIL

No Brasil, segundo Smith (1955), ao aqui chegarem, os primeiros colonizadores portugueses se depararam com índios morando em casas feitas com estrutura de madeira, recobertas por barro. Entretanto, para Neves (1995), as técnicas de construção em terra, que representam quase que a totalidade da arquitetura colonial, foram, seguramente, trazidas por portugueses e africanos, uma vez que não se têm notícias da adoção da terra, enquanto material construtivo, por parte dos indígenas. Milanez (1958) corrobora essa afirmação, ao mencionar que, anteriormente à chegada dos colonizadores portugueses, os índios não utilizavam a terra para construir, mas madeira, paus roliços, com vedações de palha e folhagens.

Assim, o adobe, o pau-a-pique e a taipa de pilão aqui surgiram através dos imigrantes portugueses e dos africanos, que tinham conhecimento da utilização de terra, enquanto material construtivo. Milanez (1958) destaca que os nativos da Guiné, descendentes dos escravos enviados para o Brasil, utilizam, ainda hoje, em seu país, técnicas de pau-a-pique (ou taipa de mão), com enchimento de lama e cobertura de palha, enquanto sistema construtivo. Nas Figuras 08a e 08b, apresentam-se exemplos de típica arquitetura colonial brasileira, com edificações erguidas em terra, por portugueses.



Figura 08: (a) edificações coloniais em Salvador, Bahia; (b) edificações coloniais em Tiradentes, Minas Gerais. Fonte: 08a e 08b – Rodrigues (2002).

A partir de então, segundo Smith (1969), as técnicas paulistas de construção com terra, por exemplo, especialmente a de pau-a-pique, foram levadas a Minas Gerais, pelos bandeirantes, e passaram a representar o sistema construtivo principal, durante o período da arquitetura colonial mineira, de 1700 a 1750. O autor salienta que importantes edificações, como o Museu do Ouro, antiga Intendência em Sabará, eram feitos com pau-a-pique.

Sendo assim, muitas construções brasileiras, feitas em terra, foram edificadas antes do aparecimento de materiais industrializados, de maneira que representam um notável patrimônio, principalmente em cidades que tiveram seu apogeu nos tempos coloniais, como Mariana, Ouro Preto e tantas outras. Na Figura 09, tem-se a Igreja Matriz de Pirenópolis, Goiás, cidade tombada pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico Nacional), em 1988. A Igreja foi construída no período colonial, misturando duas épocas distintas, a colonial e a barroca, entre 1732 e 1736, por escravos.



Figura 09: Igreja Matriz Nossa Senhora do Rosário, edificada em taipa de pilão.

Já, de acordo com Muniz (1994), os imigrantes italianos e alemães desconheciam técnicas de pau-a-pique no seu país de origem e passaram a conhecê-las quando aqui chegaram, pois eram utilizadas nas paredes dos barracões rústicos que os abrigavam, o que pode ser observado, ainda hoje, em construções remanescentes, no Espírito Santo. Segundo o autor, a partir do momento em que tomaram conhecimento da técnica de pau-a-pique, passaram a utilizá-la, sendo que alemães e italianos utilizaram abordagens estruturais distintas: enquanto aqueles de origem alemã adotaram o estilo enxaimel⁵, construindo casas de um só pavimento, os italianos reforçaram a trama de pau-a-pique, dando maior estabilidade às paredes e permitindo, assim, que os mesmos construíssem dois pavimentos.

No Brasil, principalmente no sertão nordestino, as condições político-sociais da população definiram a forma como a mesma vê a sobrevivência: com caráter transitório. Por isso, faz parte dessa estratégia construir também de forma efêmera, de maneira que algumas técnicas, nesse caso o pau-a-pique, passaram a ter aparência de

⁵ Técnica construtiva na qual se utiliza entramado de madeira, com elementos verticais, horizontais e diagonais, apoiado em estrutura de pedra que, a seguir, é preenchida com barro.

rústico, não acabado, transitório, e contribuíram para uma série de preconceitos em relação à terra que, assim como nos demais países, passou a ser negligenciada, em favor de materiais industrializados.

Por outro lado, algumas entidades, como a Associação Brasileira dos Construtores com Terra – ABCTERRA (sede em São Paulo), a Associação Brasileira de Ciências em Materiais e Tecnologias Não Convencionais - ABCMTENC (sede no Rio de Janeiro) e a rede Terra Brasil vêm debatendo a respeito dos impactos e do esgotamento de matérias-primas derivados da atividade de construção civil e das alternativas possíveis, como a utilização da terra, enquanto material construtivo, sempre considerando a questão de políticas públicas para a habitação sustentável e de interesse social, e a preservação do imenso patrimônio histórico em terra existente no Brasil.

Já, em relação ao histórico de projetos e organizações que promovem e discutem a utilização da arquitetura de terra no Brasil e Íbero-América, a coordenadora da rede Terra Brasil, Célia Neves, esclarece que, em outubro de 2001, foi criado o Projeto de Investigação Proterra, promovido e orientado pelo CYTED (*Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo*)⁶, que contava com recursos financeiros para suas atividades e cujo objetivo era estimular e divulgar o uso da arquitetura e construção com terra na Íbero-América, sendo que, quando encerrado, em 2006, foi criada a Rede Íbero-americana PROTERRA. Essa, por sua vez, embora tivesse algumas semelhanças com o Projeto de Investigação Proterra, ofereceu inovações, como a inclusão de países de fora do âmbito íbero-americano, que antes eram tratados como Instituições Amigas – Estados Unidos, França, Itália, etc. e a inclusão da preservação do patrimônio nos seus objetivos. Ainda, conforme Célia Neves, “a Rede Ibero-americana PROTERRA não tem um agente financeiro. As atividades são desenvolvidas com recursos obtidos pelos próprios membros. Por exemplo: ao organizar um Seminário (o SIACOT – *Seminário Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra*, por exemplo), os organizadores procuram os recursos financeiros no seu próprio país; o trabalho dos membros do PROTERRA é de caráter voluntário, sem remuneração, entre outras ações”. Em novembro de 2006, organizou-se um seminário internacional no Brasil, em parceria com Portugal, denominado Terra Brasil 2006. No ato de finalização do evento, foi proposta a criação de uma rede brasileira, que se denominou Rede Terra Brasil. Muito a exemplo da Rede Ibero-americana PROTERRA, a Rede Terra Brasil dispõe de um estatuto e de um protocolo para associação dos interessados. A atividade mais marcante da Rede Terra Brasil é a promoção do evento Terra Brasil a cada dois anos. Em 2008, o mesmo foi realizado em São Luís, em parceria com a UEMA (Universidade Estadual do Maranhão) e, em setembro de 2010, o encontro do Terra Brasil 2010 ocorreu em Campo Grande, organizado em parceria com a UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul).

Da mesma forma, outras instituições, com os mesmos objetivos, têm-se destacado no panorama nacional, como o Ecocentro IPEC (Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado) e o IPEMA (Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica), a primeira situada em Pirenópolis-GO e a segunda, em Ubatuba-SP, instituições que

⁶ www.cyted.org

trabalham com transferência de tecnologia de construção em terra. Ainda, abordam os demais princípios vinculados à permacultura - método de *design* criado pelo australiano Bill Mollison, em 1970, que objetiva desenvolver áreas humanas produtivas, de forma sustentável, respeitando os ciclos e o equilíbrio dos ecossistemas naturais. As técnicas de construção em terra geralmente adotadas nesses espaços, que funcionam como Ecovilas são, principalmente, adobe, superadobe, pau-a-pique, taipa de pilão, taipa leve e *cob*. Na Figura 10, apresenta-se uma edificação realizada no IPEC, em *cob* e lajes, em taipa leve (ou terra-palha). Trata-se do resultado de uma oficina de transferência tecnológica, realizada em 2008, durante o evento Bioconstruindo.



Figura 10: rolo de *cob* e edificação de dois pavimentos, sendo construída no Ecocentro IPEC, durante o Bioconstruindo 2008.

Quanto a normas relativas à construção de estruturas em terra, no Brasil, são ainda inexistentes. Entretanto, um passo já foi dado ao serem elaboradas normas para solo estabilizado com cimento, ou seja, solocimento, pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas): NBR10836:1994, NBR10835:1994, NBR10834:1994, NBR10833:1989, NBR10832:1989, NBR11798:1990, NBR12023:1992, NBR12024:1992, NBR12025:1990 e NBR12254:1990.

A Escola de Engenharia de São Carlos – USP tem trabalhado em questões relativas à construção com terra, tendo construído dois protótipos no *campus* da mesma, entre 1998 e 1999, com utilização de recursos renováveis e técnicas como a taipa-de-mão, colchões de ar e impermeabilização à base de óleo de mamona. Dez anos depois, a instituição avaliou o desempenho das edificações, quanto à durabilidade e estanqueidade, destacando aspectos que devem ser melhorados e não apenas condenados. Ou seja, à medida que também as universidades do país se comprometem a avaliar e testar novos sistemas, os mesmos tendem a adquirir maior confiabilidade, promovendo, assim, sua replicabilidade.

Ainda, a Caixa Econômica Federal, ao permitir o financiamento de construções em terra, abre precedente para que outras localidades no país, assessoradas por grupos de técnicos especializados, forneçam às pessoas a possibilidade de construírem suas casas de maneira amigável com o meio-ambiente, além de conferir maior credibilidade ao próprio sistema construtivo em questão.

Recentemente, muitas são as edificações erguidas em terra no Brasil. Na Figura 11, destaca-se residência construída em pau-a-pique, em São Bento do Sapucaí, por José Ricardo, ex-professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), inspirado nas famosas obras de pedra do arquiteto americano Frank Lloyd Wright. A obra foi revestida com barro desempenado, misturado com areia e cal, pintadas com tinta acrílica, de maneira que a parede ficou fechada e lisa, impedindo a entrada de eventuais insetos, como o barbeiro, por outro lado, ao utilizar tal pintura, acabou também perdendo sua principal característica – a de respirar.



Figura 11: residência em pau-a-pique, construída em São Bento do Sapucaí, São Paulo. Fonte: Revista Arquitetura & Construção, Out/2008.

4. A TERRA ENQUANTO MATERIAL CONSTRUTIVO

Para Minke (2008), as pessoas têm percebido que a terra, enquanto material construtivo de origem natural, tem melhores qualidades do que materiais industriais, como o concreto, tijolos cerâmicos e sílico-calcários. Cada vez mais, acentua-se a busca por edificações eficientes, tanto econômica, quanto energeticamente, valorizando a saúde e o equilíbrio do clima interior. Jungblut (1993) complementa:

“Além de toda a experiência histórica de construção de moradias com este material, em determinadas regiões do mundo, recentemente muitas são as pesquisas desenvolvidas neste setor, colaborando para o desenvolvimento do emprego deste tipo de material. Apesar disso, ainda se está muito longe de uma definição de parâmetros de utilização mais adequados, de acordo com as diferentes técnicas e sistemas de construção. Isso se deve ao fato de que o material empregado é bastante heterogêneo, sendo influenciado por diversos fatores naturais, como o clima, relevo, material de origem, etc. Outro problema importante é justamente a questão relativa ao conhecimento técnico das pessoas envolvidas, tanto quanto ao material, como ao conhecimento de soluções arquitetônicas compatíveis com a técnica de construção com solo.”

Segundo CEPED (1984), para os distintos métodos de construção com terra, o solo é empregado, basicamente, de duas formas diferentes: como uma massa de consistência plástica, com alto teor de umidade, também chamada “argamassa de solo” (para adobes e preenchimento de taipas); ou como uma mistura com teor de umidade mais baixa (umidade ótima), compactada (para fabricação de tijolos, fundações, paredes e muros monolíticos) ou prensada (para fabricação de tijolos e telhas).

A primeira opção apresenta problemas de porosidade elevados, decorrentes da evaporação da água adicionada durante a preparação da massa. Conseqüentemente, as propriedades mecânicas e de impermeabilidade são inferiores ao obtido no outro processo, com menor teor de umidade. Além disso, é comum a ocorrência de trincas, devido às tensões capilares de retração do material, também originadas pela evaporação da água.

No segundo caso - solos compactados ou prensados, devido ao menor teor de umidade existente, estes problemas são bastante amenizados, de forma a caracterizar um material de maior durabilidade e com maior resistência mecânica.

As características do solo podem ser melhoradas, a fim de adquirir as propriedades adequadas para construção, através da adição de estabilizantes. O fato de se estabilizar o solo a ser utilizado na construção contribui para uma maior durabilidade da mesma, devido ao clima bastante chuvoso em grande parte do país. Algumas universidades brasileiras pesquisam e já adotam materiais naturais para estabilizar o solo, como cal, fibras, cinza volante do resíduo de queima do carvão (aquela que sai pela chaminé e se dissipa no ar), ou para aumentar sua resistência, como resíduo da indústria de papel e celulose, fibra de coco, fibra de cana-de-açúcar, entre outros.

Conforme o efeito que proporciona, a estabilização⁷ é agrupada, por Bardou e Arzoumanian (1979), em quatro categorias:

- a) estabilização por cimentação: adição de substância que solidariza os grãos de areia e as partículas argilosas, de modo a evitar absorção de água. Materiais adequados: o cimento Portland; a cal, virgem ou hidratada; a mistura de cal e cimento; ou, ainda, uma mistura de cal com cinzas (de coque, de hulha, etc);
- b) estabilização por armação: adição de material de coesão (grãos ou fibras), que confira maior firmeza ao material. Materiais adequados: fibras vegetais;
- c) estabilização por impermeabilização: consiste em se envolver as partículas de argila com uma camada impermeável, tornando-as estáveis e mais resistentes à ação da água. O material mais conhecido para esta finalidade é o asfalto (ou betume), utilizado em emulsão. Ainda, pode-se utilizar óleo de coco, seiva de plantas oleaginosas, látex e resíduos do azeite de oliva;
- d) estabilização por tratamento químico: adição de substâncias capazes de formar compostos estáveis com os elementos da argila. Materiais adequados: cal, soda cáustica e urina de gado.

4.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Ao ser utilizada como material de construção, a terra possui vantagens e desvantagens. Em relação aos materiais industrializados, segundo Minke (2008), a terra apresenta as seguintes desvantagens:

- a) não é um material de construção padronizado: sua composição depende do lugar de onde é extraída, podendo conter diferentes quantidades e tipos de argila, areia e agregados. Por isso, a preparação da mistura correta, para uma aplicação específica, varia também;
- b) retração: em consequência da evaporação da água da mistura, necessária para ativar a capacidade aglomerante da argila e para que a terra possa ser manipulada, podem aparecer fissuras nas paredes de terra. A retração linear, durante a secagem, oscila entre 3 e 12%, em técnicas de terra úmida, e entre 0,4 e 2%, em técnicas com misturas secas. Entretanto, pode-se diminuir a retração, reduzindo a quantidade de água e de argila, otimizando a composição granulométrica, mediante o emprego de materiais estabilizantes;

⁷ A expressão estabilização de solos refere-se, em seu sentido mais amplo, a todo processo através do qual o solo melhora suas características, adquirindo assim as propriedades necessárias ao fim a que se destina. (NEVES et.al., 2005)

- c) permeabilidade alta: as paredes de terra necessitam serem protegidas contra a chuva e as geadas, o que pode ser feito, por exemplo, com a utilização de beirais, barreiras impermeabilizantes e tratamento de superfícies.

Por outro lado, Minke (2008) salienta também vantagens na utilização do barro, enquanto material construtivo, dentre elas:

- a) regulação da umidade ambiental: o material tem capacidade de absorver e eliminar umidade de forma mais acelerada e em maior quantidade que os materiais industrializados, o que faz com que a umidade relativa no interior da edificação seja praticamente constante ao longo do ano;
- b) armazenamento de calor: por sua alta densidade, o material armazena calor por vias passivas, permitindo o equilíbrio da temperatura interna;
- c) economia de energia e diminuição da contaminação do meio-ambiente: para preparar, transportar e trabalhar com o barro, necessita-se de, apenas, 1% da energia requerida para os mesmos processos, envolvendo concreto armado ou tijolos cozidos;
- d) reutilização: não há produção de resíduos na desconstrução, ou seja, após ser triturado e umedecido com água, o barro pode voltar a ser utilizado;
- e) economia de materiais construtivos e de custos com transporte: geralmente, o barro pode ser utilizado no estado em que é escavado, em alguns casos, quando há excesso de argila, acrescenta-se areia ou vice-versa. Ainda que seja transportado de outro local, que não o sítio da obra, o custo de transportes é mais acessível do que aquele que envolve materiais convencionais;
- f) adequabilidade à auto-construção: podem ser construídas por mão-de-obra não especializada; desde que assessoradas por profissional experiente da área, não exigem ferramentas complexas e de alto valor;
- g) preservação da madeira e de outros materiais orgânicos. O barro mantém secos e preservados os elementos de madeira, devido ao seu baixo equilíbrio de umidade, de 0,4 a 0,6% e alta capilaridade, que são ambientes inadequados para a proliferação de fungos e insetos.

Os autores Guillaud e Houben (1995) complementam mencionando, ainda, outras vantagens do material:

- a) saudável: material não poluente, equilibra efeito de emissões gasosas e de componentes tóxicos no interior da edificação e contribui para o bem-estar psicológico, através da exploração de suas características inerentes, como textura, cor, forma e luminosidade;
- b) cultural e humanitário: contribui para a manutenção da herança cultural de países que adotam materiais naturais de construção, garantindo a sobrevivência do patrimônio cultural, arquitetônico e urbano. Também permite à população a apropriação da tecnologia e produção da moradia, o que é um direito humano.

4.2 TIPOS DE SOLO

Segundo Dietz (1979), o solo é, provavelmente, o material de construção mais comum e abundante, sendo, em muitos casos, o material mais fácil e ao mesmo tempo, o mais difícil de ser empregado. O solo no estado natural é extremamente variável, sendo óbvio que nem todos os tipos de solos são indicados para construção, mesmo de pequenas moradias. As propriedades necessárias dependem dos métodos de construção e das técnicas empregadas, além das necessidades da moradia e das condições climáticas locais (JUNGBLUT, 1993).

Em geral, os solos apropriados ao uso na construção são aqueles encontrados no subsolo, por estarem livres de matéria-orgânica, à exceção de zonas áridas ou semi-áridas, onde é possível aproveitar o solo superficial.

4.2.1 Propriedades do Solo

As propriedades mais importantes do solo para o uso na construção são, durante o processo de seleção: composição granulométrica, plasticidade e retração; durante a execução: umidade e grau de compactação.

4.2.1.1 Composição granulométrica

Segundo Neves *et. al.* (2005), as dimensões do grão que compõe o solo, caracterizadas como pedregulho, areia (grossa, média e fina), silte e argila, influenciam o comportamento do mesmo, quando utilizado na construção.

A composição granulométrica do solo é determinada por meio de dois ensaios. Para as partículas maiores (pedregulho e areia), efetua-se o processo de peneiramento e, para as partículas mais finas, o de sedimentação.

O Quadro 01, a seguir, apresenta a classificação granulométrica brasileira de solo e a caracterização de cada faixa, definidas pela NBR 6502 (ABNT, 1995):

Quadro 01: classificação granulométrica dos constituintes do solo

Dimensão dos grãos d (mm)	Classificação das partículas	Características principais
$2 \leq d \leq 20$	pedregulho	elemento inerte e resistente
$0,06 \leq d < 2$	areia	elemento inerte, sem coesão
$0,002 \leq d < 0,06$	silte	sem coesão, diminui a resistência da areia
$d < 0,002$	argila	possui forte coesão, sem estabilidade volumétrica, expande na presença da água; apresenta propriedades físicas e químicas bastante variadas, segundo sua origem

(Fonte: ABNT, 1995)

4.2.1.2 Plasticidade

Conforme a quantidade de água presente no solo, o mesmo é classificado como sólido, líquido ou plástico, através de ensaios de limite de liquidez e de limite de plasticidade, sendo que a diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade – derivados da quantidade e do tipo de argila presente - define o índice de plasticidade, que depende exclusivamente da quantidade de argila existente no solo analisado.

4.2.1.3 Retração

Segundo Neves *et. al.* (2005), os movimentos de retração e expansão, observados quando há variação de umidade, são diretamente vinculados à quantidade e tipo de argila presentes no solo. Nas paredes edificadas com terra, as fissuras causadas por esse tipo de movimentação permitem a penetração de água e, conseqüentemente, a ocorrência de patologias, que prejudicam o desempenho do material.

4.2.1.4 Umidade e compactação

Segundo Neves *et. al.* (2005), para cada tipo de solo e para cada esforço de compactação, existe uma determinada umidade ótima de compactação, determinada em laboratório, na qual ocorrem as condições para obter o melhor adensamento. Essa condição proporciona menor porosidade, originando maior durabilidade e resistência mecânica. Ainda, os autores definem o grau de compactação do solo como sendo a relação entre a massa específica de uma amostra colhida em campo e a determinada em laboratório, pois em algumas técnicas construtivas, o solo, ao secar, atinge massa específica distinta da massa específica ótima, obtida por compactação.

4.2.2 Ensaio de Campo

Segundo Neves *et al.* (2005),

“independentemente (*sic*) da qualificação do solo, através de ensaios em laboratório, o conhecimento popular na arte de construir com terra pode indicar decisões, mesmo empíricas, tão eficientes quanto à quantificação resultante de ensaios normalizados, executados em laboratório. Os testes de campo, que resultam de uma saudável combinação entre o saber popular e o conhecimento do meio técnico, são, muitas vezes, as únicas provas que se podem fazer para selecionar a terra e construir”.

Um grande número de trabalhos (CEPED, 1984; CONESCAL, 1982 *apud* NEVES *et al.*, 2005; CRATerre, 1979 *apud* NEVES *et al.*, 2005; França, 1975 *apud* NEVES *et al.*, 2005; Hernández e Márques, 1983 *apud* NEVES *et al.*, 2005; Houben e Guillaud, 1984; Keable, 1996 *apud* NEVES *et al.*, 2005; Merrill, 1949 *apud* NEVES *et al.*, 2005; Minke, 2008; Rigassi, 1995 *apud* NEVES *et al.*, 2005) menciona a importância da realização de testes expeditos com a terra – testes do vidro, do cordão, da fita, de exsudação, da caixa, etc. - para que, através da avaliação das propriedades da mesma, seja possível verificar sua textura e seu comportamento, em distintas situações, e, assim, estabelecer a técnica construtiva mais apropriada. Antes da realização dos mesmos, segundo Neves *et al.* (2005), realizam-se testes tátil-visuais:

- a) tamanho das partículas: espalhar amostra de terra seca em uma superfície plana e, com as mãos, separar os grãos visíveis a olho nu. Se houver mais partes visíveis (areia ou pedregulho) do que o material fino resultante (silte e argila), a terra é arenosa ou pedregosa. Se ocorrer o oposto, é siltosa ou argilosa;
- b) cor: cores claras e brilhantes, são características de solos inorgânicos; cores marrom escuro, ver oliva ou preta, identificam solos orgânicos;
- c) brilho: amassar o material fino com água, até formar uma bola compacta do tamanho da mão e cortá-la pela metade. Superfícies muito brilhantes caracterizam terra argilosa; com pouco brilho, terra siltosa; opacas, terra arenosa;
- d) tato: esfregar entre os dedos uma porção de terra seca e observar sua textura: a areia arranha e o silte é macio, como talco. Para verificar a existência de argila, umedecer uma porção da terra e formar uma bola – quanto mais argila tiver, mais fácil será moldar a bola.

Segundo Neves *et al.* (2005) e Minke (2008), após os testes anteriormente descritos, procedem-se a ensaios, para determinar a composição da terra e verificar qual a técnica de construção mais adequada para a mesma:

- a) queda da bola: utiliza-se barro o mais seco possível e suficientemente úmido para formar uma bola de 4cm de diâmetro, aproximadamente, e depois faz-se a mesma cair de uma altura de 1,5m sobre superfície plana. Terras arenosas se espalham, de forma esfarelada e, argilas, com maior coesão (ver figura 12);



Figura 12: teste de queda da bola - à esquerda, terra argilosa; à direita, arenosa. Fonte: NEVES *et. al.* (2005)

- b) teste do vidro ou sedimentação: coloca-se uma porção de terra seca e sem torrões em um recipiente cilíndrico, liso e transparente, preenchendo 1/3 do mesmo. A seguir, acrescentar água até 2/3 de sua altura e um pouco de sal, que atua como defloculante das partículas de terra. Tampar o vidro e agitá-lo, deixando-o, em seguida, em repouso, por uma hora. A seguir, agitar novamente e deixá-lo em repouso sobre superfície horizontal. O pedregulho e a areia, por serem mais pesados, decantam primeiro, seguidos de silte e, por último, da argila. Na presença de matéria orgânica, a mesma flutuará, próximo à superfície. Minke (2008) salienta, entretanto, que é errônea a afirmação de que a medida de cada extrato no vidro corresponde à proporção de argila, silte e areia;
- c) teste do cordão ou consistência: tomar uma porção de terra seca e acrescentar água até que, rolando a mesma sobre uma superfície lisa, seja possível formar um cordão, que se rompe quando tiver 3mm de diâmetro. A seguir, formar uma bola com a terra, nessas condições de umidade, e verificar qual a força necessária para esmagá-la entre o dedo polegar e o indicador. Se for necessário muito esforço, a terra é argilosa; se for pouco resistente e fissurar, é terra argilo siltosa, arenosa ou areno argilosa; se for frágil, impedindo a remodelagem da bola, a mesma apresenta bastante silte ou areia e pouca argila; se for suave e esponjosa, apresenta material orgânico;
- d) teste da fita: tomar uma porção de terra e, com a mesma umidade do teste do cordão, fazer um cilindro do tamanho de um cigarro. A seguir, amassá-lo formando uma fita de 3 a 6 mm de espessura e com o maior comprimento possível. Se for possível formar uma fita de 25 a 30 cm de comprimento, a terra apresenta muita argila; se for formada uma fita de 5 a 10 cm, a terra é argilo siltosa, arenosa ou areno argilosa; se não for possível fazer a fita, há bastante silte ou areia e pouca argila;
- e) teste de exsudação: pegar uma porção de terra bastante úmida e colocá-la na palma da mão. A seguir, golpear essa mão com a outra, até que a água saia para a superfície e se

obtenha uma amostra lisa e brilhante. Se com 5 a 10 golpes a água aflorar para a superfície, a terra apresenta areia fina inorgânica ou silte grosso inorgânico, terra arenosa ou siltosa; se com 20 a 30 golpes a água aparece e desaparece lentamente, e a pressão faz com que a bola se deforme, trata-se de silte ligeiramente plástico ou silte argiloso; se forem dados mais de 30 golpes, sem haver mudança notável, a terra apresenta grande plasticidade, característica da argila;

- f) teste de resistência seca: fazer duas ou três pastilhas de terra bem úmida, com 1 cm de espessura e de 2 a 3 cm de diâmetro e deixá-las secar ao sol por dois dias ou mais. A seguir, tentar esmagá-las entre o indicador e o polegar. Se for bastante resistente, sem pulverizar-se, trata-se de terra argilosa; se for pouco resistente, permitindo transformar os pedaços em pó, trata-se de terra argilo siltosa, arenosa ou areia argilosa; se não for resistente, trata-se de solo siltoso inorgânico ou outro, com pouca argila;
- g) teste do rolo: verifica a quantidade de argila existente e sua adequação à construção com taipa. Tomar uma porção de terra umedecida e plana e formar um rolo, com 200 mm de comprimento e 25 mm de diâmetro. Deslizar o rolo até a borda da mesa, de forma que sua extremidade fique em balanço e observar a ruptura. Se o cordão for rompido com menos de 80 mm, a argila é insuficiente para utilização em taipa; se o comprimento for entre 80 mm e 120 mm, a quantidade de argila é ideal; acima de 120 mm, há argila em excesso.

Em função da realização desses últimos testes mencionados, pode-se associar as técnicas construtivas mais adequadas aos tipos de solo ensaiados. No Quadro 02, adaptado de CEPED (1984) por Neves *et.al.* (2005), apresenta-se tal correlação:

Quadro 02: tipo de solo e técnica construtiva adequada, indicada por testes expeditos. Adaptada de CEPED (1984) por Neves *et.al.* (2005).

Teste do cordão	Teste da fita	Teste de exsudação	Teste da resistência seca	Tipo de terra	Técnica construtiva
Cordão frágil ou resistência nula	Fita curta ou não se consegue fazer a fita	Reação rápida a lenta, mas jamais muito lenta	Fraca a nula, geralmente nula	Arenosa; areno-siltosa; areno-argilosa; silto-argilosa	Tijolo prensado, adobe e terra compactada
Cordão frágil a mole	Fita curta	Reação lenta a muito lenta	Fraca a média	Siltosa	De difícil utilização, mas possível com aglomerante
Cordão mole	Fita curta à longa	Reação muito lenta ou sem reação	Média a grande	Argilosa com pedregulho argilo-arenosa e argilo-siltosa	Possível usar para a terra compactada ou tijolo prensado, com aglomerante
Cordão duro	Fita longa	Sem reação	Grande	Argilosa	Possível usar em adobes, com adição de fibras e barreamento de técnicas mistas

4.3 TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

A construção com terra pode ser executada de distintas maneiras. Geralmente, a ampla gama de técnicas utilizada é vinculada às características sócio-culturais dos construtores envolvidos e, também, do tipo de solo disponível. Conforme Guillaud e Houben (1995), o estudo das tradições populares, assim como do conhecimento tradicional, permitiu a identificação de 18 diferentes métodos construtivos, cada qual podendo ser utilizado de diversas maneiras. Abaixo, a Figura 13 apresenta um diagrama formulado pela CRATerre (*Centre de Recherches de la Construction en Terre*), grupo francês formulado no intuito de estudar a tradição antiga de construir com terra e aplicá-la à atualidade.

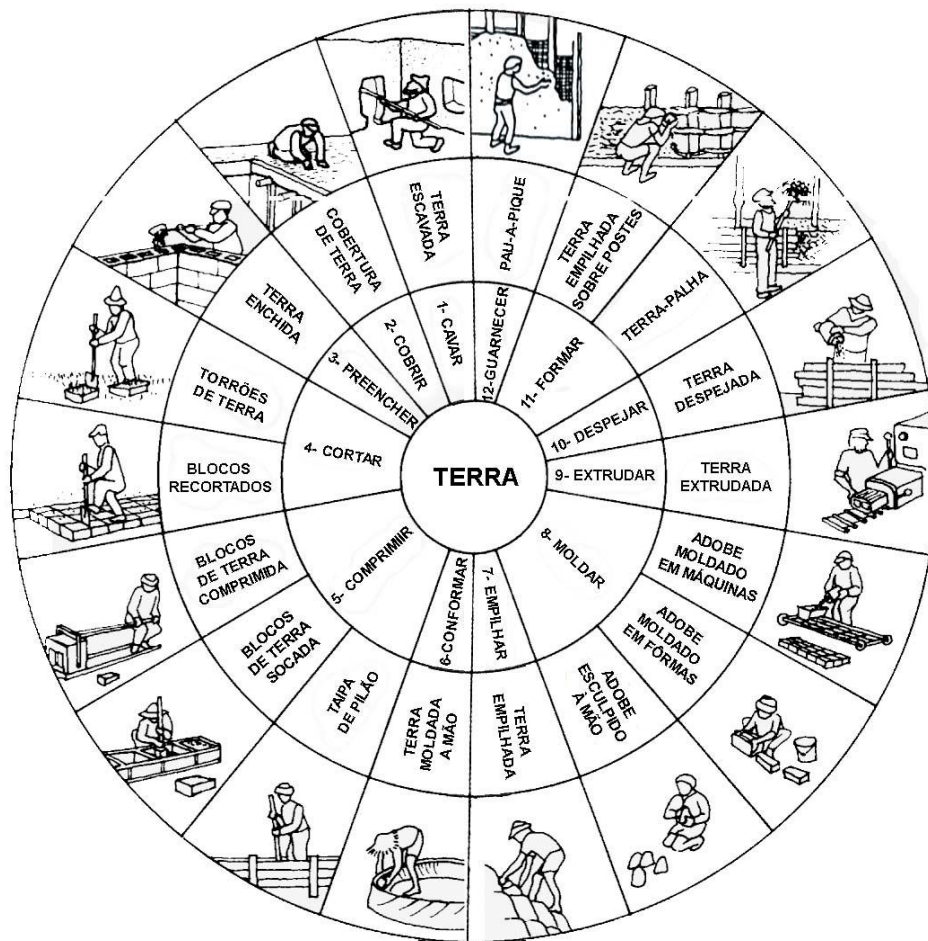


Figura 13: diagrama das técnicas construtivas com terra, elaborado pelo grupo CRATerre (baseado em CRATerre, 2006).

Algumas das técnicas citadas no diagrama são bastante frequentes, em determinadas regiões, enquanto que outras se encontram em desuso. Segundo Guillaud e Houben (1995), os sistemas construtivos mais utilizados, atualmente, são conhecidos como adobe, taipa de pilão, pau-a-pique, terra empilhada e bloco de terra comprimida – BTC. Ainda, na América do Sul, verifica-se a freqüente aplicação da técnica de torrões de terra.

Conforme Doat *et. al.* (1979), a técnica de adobe consiste em moldar, sem compactar, tijolos de terra, deixando-os secar ao sol. Segundo os autores, o tijolo de adobe é utilizado há milênios, sendo um dos primeiros materiais de construção elaborados pelo homem.

Em comparação com a produção de tijolos cerâmicos, essa, segundo Oliveira (2005), envolve alto consumo energético e várias etapas até a modelagem, sendo que, após essa, há ainda outras três: a primeira constitui na secagem; a segunda, na primeira queima; a terceira, na requeima, sendo que, depois, há ainda o resfriamento e todas as etapas consomem energia. Ainda, segundo a autora, além do fator energia, há o problema de extração de matéria-prima (argila), que envolve impactos ambientais e degradação da paisagem. Somando-se a isso, o fato de que há perda em mais de 10% de tijolos produzidos, por má queima e quebra, durante o processo, como um todo. Por outro lado, o entulho resultante da produção de adobe e até mesmo após a demolição dessas obras, é completamente reincorporado ao meio-ambiente: a terra volta ao solo e as fibras vegetais se decompõem naturalmente. Entretanto, a fabricação de tijolos de adobe produz um impacto ambiental a ser considerado: o buraco remanescente, após a retirada de matéria-prima.

Ainda, em relação à produção de tijolos de adobe, Middleton (1982) salienta que é necessária uma grande área para a produção dos tijolos de adobe: deve-se acomodar os recém moldados, sem movimentá-los, até o quarto dia, sendo que, a cada dia, os tijolos são rotacionados, para que sequem de maneira uniforme. A média de produção gira em torno de 100 tijolos diários, com dimensões de 125x x 250 x 375 mm. Ainda, o autor atenta para a importância da escolha das dimensões dos tijolos a serem utilizados, pois aqueles que geralmente são adequados à base das paredes podem ser difíceis de levantar, à medida que a parede cresce.

Os adobes são utilizados, tanto para a produção de paredes, quanto para a de cúpulas e de abóbodas, sendo que as formas abobadadas foram destacadas pelo trabalho do arquiteto Hassan Fathy, que também resgatou a técnica da abóboda núbica, no Egito. A seguir, a Figura 14 apresenta a *New Barris Village*, espécie de aldeia construída em terra, por Fathy, em 1967, para abrigar 250 famílias de agricultores, assim como às frutas e legumes colhidos pelos mesmos, antes de serem revendidos.



Figura 14: *New Barris Village*, em Kharga – Egito, construída com tijolos de adobe, por Hassan Fathy, em 1967. Fonte: <http://www.pushpullbar.com/forums/showthread.php?8829-Egypt-Hassan-Fathi>.

A taipa de pilão, segundo Doat *et. al.* (1979), configura a técnica construtiva na qual as paredes de terra são construídas sem estruturas permanentes de madeira, e sem misturar a terra a outros componentes, como palha ou fibra. A terra é socada entre pranchas de madeira, camada por camada, originando paredes monolíticas, de forma que sua espessura se assemelhe àquela de paredes de pedra. Para ser suficientemente compactada e assim garantir a coesão entre as partículas que o compõe, o barro é socado com auxílio de um pilão.

Minke (2008) salienta que a taipa de pilão foi bem conhecida, durante séculos, em todos os continentes, como técnica tradicional de construção, sendo que, na Assíria, se encontram fundações que datam de 5000 anos a.C.. Segundo o autor, atualmente a técnica é mais adotada em países em via de desenvolvimento, sendo que sistemas mais sofisticados, envolvendo pilões elétricos ou pneumáticos, reduzem significativamente os custos de mão-de-obra e transformam a taipa de pilão em uma opção relevante, para países industrializados. Na Figura 15, apresenta-se um edifício residencial com cinco pavimentos, erguidos com a referida técnica, em *Hampshire*, na Inglaterra.



Figura 15: edifício residencial com cinco pavimentos, em taipa de pilão - *Hampshire*, Inglaterra. Fonte: Maniatidis e Walker (2003).

Conforme Di Marco (1984), a taipa de mão, barro armado ou pau-a-pique é caracterizada por apresentar uma estrutura de madeira ou bambu, formada por ripas horizontais e verticais, amarradas com tiras de couro, cipó, barbante, prego ou arame, e preenchida por uma mistura de terra, água e fibras. Essa estrutura, juntamente com peças verticais portantes de madeira, formará as paredes da edificação. A mistura de barro é, a seguir, arremessada com as mãos dos dois lados da parede e, após seca, é rebocada e pintada.

A Figura 16 demonstra a execução de paredes em taipa de mão: o embarramento ocorre de baixo para cima, preenchendo os ocios da trama de madeira com a mistura em estado plástico, podendo ser feita dos dois lados da parede, ou em apenas um.

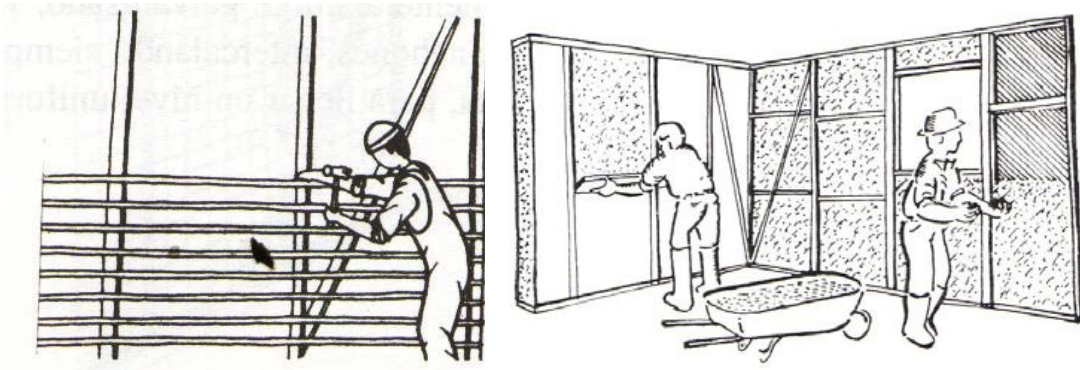


Figura 16: trama de madeira, barreamento e acabamento dos painéis (ETCHEBARNE, 2004, p. 14).

Etchebarne (2004) aponta para a aplicação de três camadas de mistura, sendo a primeira composta por quatro partes de terra e uma de palha; a segunda, quatro partes de terra, duas partes de esterco e uma parte de areia; a última, duas partes de esterco e uma de areia. A autora destaca, ainda, a importância da aplicação do reboco, que cumpre funções como a melhoria do aspecto exterior da parede, ao cobrir falhas, proteção à chuva e impermeabilização, proteção mecânica e melhoria do isolamento térmico.

Conforme CEPED (1984), são muito visíveis os efeitos da retração da massa de enchimento nessa técnica, devido à heterogeneidade do material. Existem, ainda, inconvenientes no que tange à durabilidade da madeira embutida nas paredes, o que faz com que paredes externas durem, em média, de 5 a 15 anos, dependendo de proteções auxiliares que as mesmas recebam, como varandas, por exemplo.

Entretanto, Lopes e Ino (2003), salientam que muitas edificações em taipa de mão, construídas há muito tempo, perduram até os dias de hoje, confirmando seu potencial de uso e durabilidade. Ainda, as autoras afirmam que diversas edificações contemporâneas, em que foram empregados corretos procedimentos construtivos, comprovam a versatilidade e o excelente desempenho da técnica.

A técnica de terra empilhada, conhecida como *bauge* na França, ou *cob* na Inglaterra, torna possível a modelagem da terra, sem o auxílio de fôrmas, fazendo uso apenas da plasticidade dos solos úmidos.

Segundo Silva (1995), há cidades inteiras no Yêmen construídas em terra empilhada, sendo a arquitetura resultante de caráter simples e, ao mesmo tempo, espetacular e monumental, devido à sua qualidade estética. Segundo o autor, a terra argilosa é empregada em seu estado plástico, misturada com fibras, para melhorar o seu desempenho, em relação aos movimentos de dilatação e retração. A Figura 17 apresenta o processo construtivo com utilização da técnica de *cob* e uma edificação assim erguida.



Figura 17: desenhos esquemáticos e exemplar de edificação em terra empilhada (*cob*), em Victoria, Canadá. Fontes: Minke (2008) e <http://ilovecob.com/archive/eco-sense-cob-house>

Segundo Etchebarne *et. al.* (2007), os blocos de terra comprimida – BTC resultam da mistura de terra, água e, eventualmente, cimento, em proporções adequadas, comprimida em uma prensa, manual ou mecânica, a fim de adquirir altas densidades, seguido por um processo de cura, que garantirá seu endurecimento efetivo. Quando há adição de cimento, o BTC é também chamado de tijolo de solo-cimento.

CEPED (1984) esclarece que, o tijolo obtido por meio de prensa, é muito superior àqueles de adobe, citados anteriormente, sendo que podem ser empilhados dois dias após sua fabricação: em prensas manuais, a pressão de moldagem varia de 20 a 40 Kg/cm², enquanto que, naquelas com prensagem hidráulica, tais valores podem superar 1000 Kg/cm². Devido às altas pressões, o consumo de cimento freqüentemente adotado é, geralmente, de 5%. Já, em relação ao rendimento da produção dos tijolos prensados, tem-se que dois operadores de máquinas manuais devem chegar a 800 blocos/dia, em 8 horas de trabalho, enquanto que, em prensas hidráulicas, pode ser de 800 a 1200 tijolos/dia.

Outro tipo de técnica construtiva em terra, freqüentemente utilizada, denomina-se torrão de terra que, segundo Alderton (2003), corresponde ao bloco de alvenaria, formado por um pedaço de terra com pasto, e à técnica construtiva responsável pelo empilhamento dos mesmos. Foram os colonizadores e imigrantes europeus os responsáveis pela disseminação da técnica no mundo, sendo que, cada localidade adaptou tanto a técnica, quanto a forma de colocar os torrões na parede. Na Figura 18, exemplifica-se o corte, a extração e o transporte de torrões de terra.



Figura 18: corte, extração e transporte de torrões (ALDERTON, 2003, p. 04).

A estrutura das paredes de torrão pode ser portante, suportando facilmente o peso dos telhados. Entretanto, costuma-se adotar pilares de madeiras nos cantos, de forma a evitar que o telhado voe com o vento. Nesse caso, utilizam-se os torrões apenas como elementos de vedação.

Na Figura 19, apresenta-se uma residência construída no ano 2000, com a técnica de torrões, em Canelones, no Uruguai.



Figura 19: residência Flía Urrestarazu, em torrões de terra – Canelones, Uruguai. (ALDERTON, 2003, p. 04).

Na Figura 19, acima, pode-se observar, também, o resultado de uma edificação construída com torrão, por duas arquitetas, confirmando, para ambas, a importância de colocar em prática as orientações de outros bioconstrutores, para alcançar a melhoria dos detalhes técnico-construtivos-estéticos, além do processo de gestão, para materialização da obra.

5. MÉTODO DE PESQUISA

Nesse capítulo, pretende-se informar e justificar o método de pesquisa adotado para responder às questões e objetivos propostos. Inicialmente, será abordada a estratégia de pesquisa a ser aplicada e, a seguir, o delineamento da pesquisa, acompanhado da descrição de cada etapa.

5.1 ESTRATÉGIA DA PESQUISA

Para esta pesquisa, ao propor diretrizes para o desenvolvimento da arquitetura em terra, a partir da observação das estratégias adotadas pelo país vizinho - Uruguai, envolvendo análise documental e preenchimento de questionário, a estratégia ideal a ser adotada é o estudo de caso. Segundo Yin (2005), esta estratégia conta com muitas técnicas, dentre elas, a observação direta dos acontecimentos que estão sendo estudados e entrevistas com as pessoas neles envolvidas. Assim, o poder diferenciador do estudo de caso é a capacidade de lidar com uma ampla fonte de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações (YIN, 2005).

A opção pelo estudo de caso, enquanto estratégia de pesquisa, torna-se ainda mais necessária pelo fato de este trabalho envolver uma questão de pesquisa principal, do tipo *como* (*como* as estratégias adotadas no Uruguai podem contribuir para a implementação e difusão de construções em terra no Rio Grande do Sul, local de clima semelhante?). Segundo Yin (2005):

Em geral, os estudos de caso representam a estratégia preferida, quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos, inseridos em algum contexto da vida real (YIN, 2005).

Gil (1995) *apud* Leite (2008) cita as principais vantagens do estudo de caso: o estímulo a novas descobertas, já que o planejamento é flexível, permitindo o surgimento de novos temas, por vezes mais importantes que o anteriormente definido; a ênfase na qualidade, já que se refere a um problema específico, reduzindo a ocorrência de julgamentos baseados na ideologia do pesquisador; e a simplicidade dos procedimentos, uma vez que as técnicas e análise de dados são, em geral, mais simples, originando relatórios de linguagem mais acessível.

Como a intenção do trabalho foi a elaboração de diretrizes para o Rio Grande do Sul, a partir de estratégias uruguaias, optou-se pela adoção da estratégia de estudo de casos múltiplos pois, para propor alternativas para determinada situação, é necessário, inicialmente, conhecê-la. Dessa forma, analisou-se o caso da arquitetura de terra no Rio Grande do Sul (estudo de caso 1) e da arquitetura de terra no Uruguai (estudo de caso 2), demonstrando que as mesmas são, de fato, contrastantes, embora as características climáticas e geomorfológicas de seus sítios sejam semelhantes.

Herriot e Firestone (1983) esclarecem que, em geral, projetos de casos múltiplos apresentam algumas vantagens, em comparação aos projetos de caso único: suas evidências resultantes são consideradas mais convincentes, e o estudo global é visto, conseqüentemente, como algo mais robusto.

5.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

As etapas desenvolvidas nesse trabalho são seqüenciais e, por vezes, interativas. Essas estão discriminadas na Figura 20 e detalhadas nos itens que seguem.

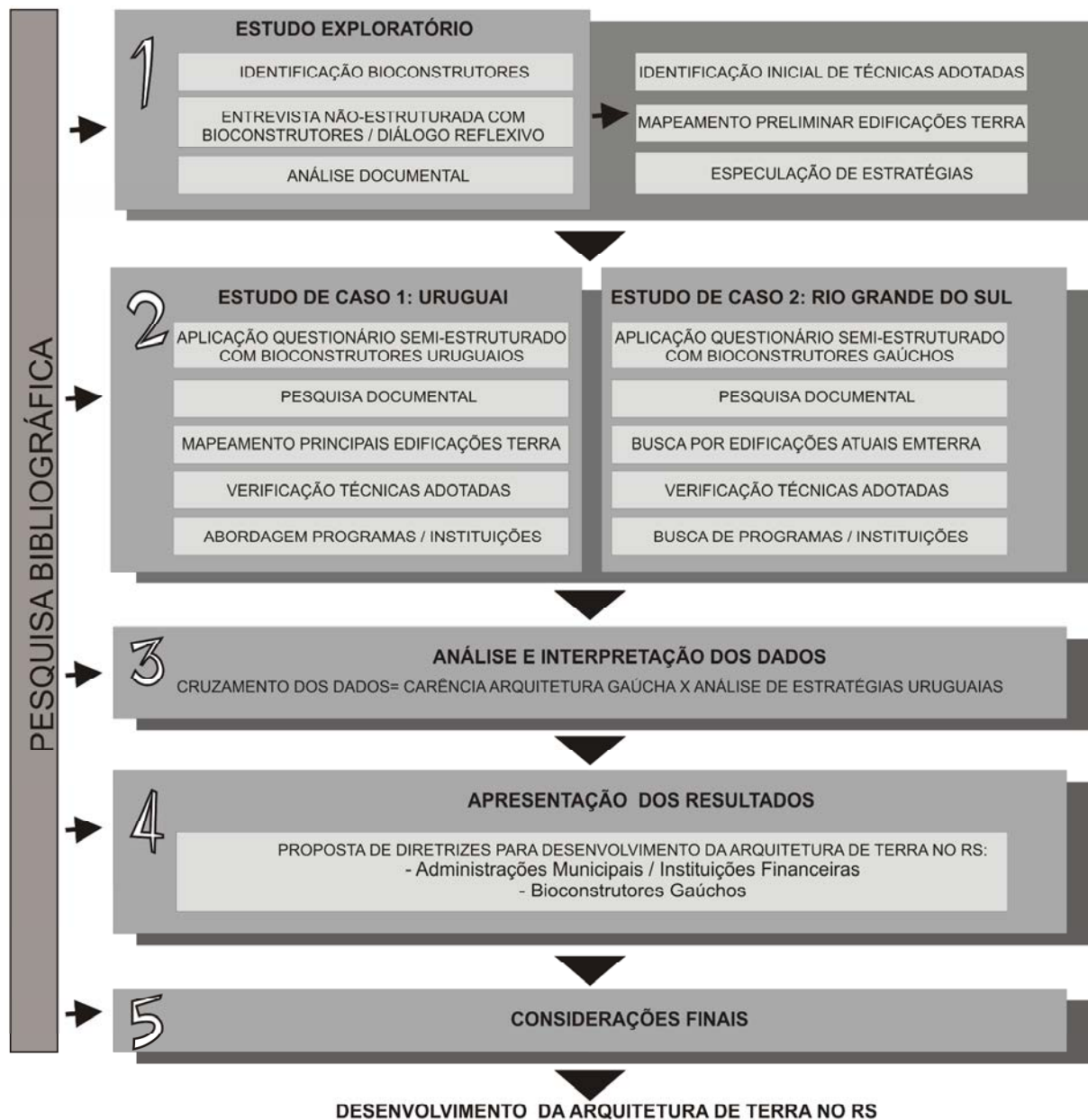


Figura 20: delineamento da pesquisa

5.2.1 Pesquisa Bibliográfica

As consultas à literatura foram constantes ao longo do trabalho, sendo que iniciaram com revisões a respeito de sustentabilidade e de como esta se insere no campo da construção civil, além de histórico e situação atual da arquitetura de terra no mundo e considerações em relação ao material construtivo em questão – a terra. Concomitantemente, foram investigados os programas de incentivo à arquitetura de terra existentes no Uruguai, padrões exigidos por instituições que financiam obras em terra e literatura de possíveis construtores. Da mesma forma, pretendeu-se efetuar explicações a respeito das diversas técnicas com as quais se constrói em terra no país vizinho, visando o esclarecimento de eventuais pendências conceituais.

Por outro lado, foi realizado o delineamento do panorama da arquitetura de terra no Rio Grande do Sul, antigamente freqüente, e analisados eventuais programas de apoio à arquitetura em terra existentes no Estado, bem como, publicações relativas a obras recentemente executadas com barro.

O resultado da revisão bibliográfica foi a obtenção de uma base de dados, que extraiu as necessidades gaúchas e orientou a análise de estratégias uruguaias para desenvolvimento da arquitetura em terra, formulação de questionários semi-estruturados e abordagens aplicadas ao longo do trabalho para que, ao final do mesmo, fossem alcançadas diretrizes adaptadas ao contexto do Rio Grande do Sul.

5.2.2 Estudo Exploratório

Nessa etapa, foram obtidos esclarecimentos iniciais, bem como, foi averiguada a fonte de dados disponível, o que permitiu realizar uma especulação inicial das estratégias e técnicas construtivas adotadas no Uruguai.

5.2.2.1 Identificação dos Bioconstrutores⁸

Inicialmente, foram identificados construtores que trabalham com terra no Uruguai e no Rio Grande do Sul para permitir que, posteriormente, eles fossem entrevistados, fazendo com que se conhecesse e localizasse maior número de edificações. Esse processo foi possível, no país vizinho, devido ao auxílio de arquitetos que trabalham, tanto individualmente com a técnica, quanto no meio acadêmico, que indicaram uns aos outros e devido a artigos publicados por outros construtores. No Uruguai não existe cadastro de profissionais que utilizem a terra, enquanto material construtivo, o que foi confirmado por contato com as prefeituras municipais uruguaias; já, no Rio Grande do Sul, alguns construtores também publicaram suas obras e, outros, de alguma forma, vinculam-se ao meio acadêmico (ainda em graduação ou ex-alunos de mestrado).

⁸ Embora o conceito de bioconstrutor remeta ao construtor que segue princípios de bioconstrução - uso de materiais locais, resgate de sabedoria popular, baixo impacto ambiental, tecnologia adequada à região, otimização de energia e de recursos naturais, dentre outros - no presente estudo, o termo bioconstrutor está sendo utilizado para caracterizar o construtor que utiliza, especificamente, a terra enquanto material construtivo local.

Não se discriminou a formação das pessoas envolvidas; ou seja, eventualmente ocorre o exercício da técnica por pessoas que não possuem formação em arquitetura ou engenharia, mas que, por outros motivos, tiveram interesse na arquitetura de terra e, hoje, atuam no ramo.

Os construtores uruguaios identificados são: Alejandro Ferrero, Andrés Nogués, Cecília Alderton, Denize Entz Lagrotta, Helena Inés Gallardo, Javier Márques, José Luis Mazzeo, Kareen Herzfeld (sócia de Carlos Placitelli), Pablo Miguez e Rosário Etchebarne.

Já, no Rio Grande do Sul, os construtores identificados são: Fernando Campos Costa, Karin H. Brakemeier, Leticia Thurman Prudente, Márcio Rosa D'Ávila e duas instituições, IPEP (Instituto de Permacultura do Pampa) e IPERS (Instituto de Permacultura do Rio Grande do Sul).

5.2.2.2 Entrevista Não-Estruturada com Bioconstrutores / Diálogo Reflexivo

Alguns dos construtores uruguaios identificados responderam a um questionário piloto, com questionário não-estruturado, formado por perguntas abertas, originando um diálogo reflexivo e contribuíram, assim, para um mapeamento preliminar das edificações e técnicas de construção em terra existentes no Uruguai. Para o desenvolvimento do presente estudo, os construtores envolvidos foram identificados por codinomes de sua escolha e tiveram seu mini-curriculum detalhado no Apêndice C. Nessa etapa de diálogo reflexivo, os construtores uruguaios abordados tiveram, por codinome, "João-de-barro" e "Sabiá".

Tais entrevistas permitiram a formulação do questionário semi-estruturado posteriormente respondido (que pode ser visualizado no Apêndice B), tanto por profissionais uruguaios, quanto por gaúchos, orientando a elaboração das diretrizes para desenvolvimento da arquitetura de terra no Rio Grande do Sul.

5.2.2.3 Análise Documental

A análise de documentos, nessa fase do estudo, serviu, principalmente, para identificar, inicialmente, obras que estavam em fase de desenvolvimento, ou que tinham sido recentemente concluídas, tanto no Rio Grande do Sul, quanto no Uruguai. Da mesma forma, a análise serviu para especular sobre possíveis estratégias adotadas no país vizinho e, através da consulta a publicações existentes sobre arquitetura de terra, identificar bioconstrutores. A partir dessa base de dados, pôde-se formular o questionário, que foi aplicado na etapa seguinte.

5.2.3 Estudo de Casos Múltiplos

O Estudo de caso, como referido anteriormente, foi realizado no Uruguai (estudo de caso 1) e no Rio Grande do Sul (estudo de caso 2), caracterizando, assim, a estratégia de pesquisa como estudo de casos múltiplos.

O estudo de caso 1 teve, como principais metas, abordar a arquitetura de terra no país vizinho, além de analisar as técnicas e estratégias que são utilizadas para promover a arquitetura em terra naquele país. Já, o estudo de

caso 2, fez, principalmente, uma abordagem da situação atual da arquitetura de terra no Rio Grande do Sul, ainda em fase inicial, além de ter abordado as técnicas já empregadas no Estado e de ter buscado possíveis programas que apoiassem a arquitetura de terra no Estado através, principalmente, de pesquisa documental. A partir da análise dos resultados daí decorrentes, foi possível formular diretrizes de desenvolvimento à arquitetura de terra, adequadas ao contexto gaúcho.

5.2.3.1 Aplicação de Questionário Semi-Estruturado com Bioconstrutores

Nessa etapa, foi elaborado e aplicado o questionário semi-estruturado (disponível no Apêndice B), com questões respondidas por bioconstrutores, graduados ou não, em arquitetura ou engenharia civil, e que, eventualmente, possuíam vínculo acadêmico com instituições de ensino superior, tanto no Uruguai, quanto no Rio Grande do Sul.

Dessa forma, os bioconstrutores que contribuem com o presente estudo, respondendo ao questionário enviado foram, assim como durante o estudo exploratório, tratados por codinomes, por eles próprios eleitos, sendo que o mini-curriculum dos mesmos pode ser encontrado no Apêndice C. Assim, os respondentes, bioconstrutores uruguaios, tiveram por codinome: *Biguá, Cardeal, Verão, Canário e Colibri*. Por outro lado, o único bioconstrutor gaúcho que respondeu ao questionário, escolheu, por codinome, *Rabo-de-palha*.

As cartas de apresentação e os questionários aplicados no Rio Grande do Sul e no Uruguai (Apêndice A e Apêndice B) são, conforme característica da estratégia de estudo de casos múltiplos, elaborados de forma semelhante. Os questionários envolvem questões fechadas, relacionadas ao perfil do bioconstrutor e caracterização de suas obras e técnicas, além de questões semi-abertas, de caráter mais subjetivo, onde se pôde verificar as motivações dos profissionais para trabalharem com terra, programas de apoio a essa arquitetura e carências existentes, dados essenciais para a formulação das diretrizes que são propostas neste trabalho.

5.2.3.2 Pesquisa Documental

Nessa etapa, a análise de documentos permitiu conhecer, principalmente, programas uruguaios de apoio a construções em terra, bem como documentos, por exemplo, do *BHU – Banco Hipotecário del Uruguay* e *Ministério de la Vivienda*, apresentando os requisitos necessários para aprovar financiamentos, para esse tipo de técnica. Ainda, permitiu confirmar que, no Estado gaúcho, tais iniciativas eram, no momento da pesquisa, inexistentes.

5.2.3.3 Mapeamento das Principais Edificações Atuais em Terra

Após localizar os bioconstrutores e ter acesso aos dados relativos a suas obras, além daqueles obtidos através da pesquisa documental, pôde-se localizar as principais obras em terra edificadas recentemente e verificar as técnicas construtivas adotadas nas mesmas. Em alguns casos, efetuou-se o caminho contrário: ao se conhecer determinada obra, passou-se a conhecer o construtor responsável e, conseqüentemente, outras obras.

Dessa maneira, também se verificaram as técnicas mais adotadas pelos uruguaios, já que, como apurado durante a aplicação de questionário não-estruturado, na fase de estudo exploratório, são as mais simples de executar e, conseqüentemente, têm grande potencial para alavancar a arquitetura de terra no Rio Grande do Sul.

Confirmou-se, através do mapeamento das principais edificações atuais em terra, que o Uruguai, menor que o Rio Grande do Sul, tanto em área, quanto em população, mesmo apresentando clima semelhante ao Estado, apresenta um número significativo de edificações a mais que o Rio Grande do Sul, sendo edificadas em terra.

5.2.3.4 Verificação das Técnicas Adotadas

Nesse item foram analisadas as técnicas que os construtores utilizam para construir em terra e constatadas quais técnicas são utilizadas, tanto no Uruguai, quanto no Rio Grande do Sul. Através das diretrizes, que foram formuladas visando os bioconstrutores gaúchos, são fornecidas informações para aprimorar as técnicas aqui desenvolvidas, inspiradas nas técnicas uruguaias, ao mesmo tempo em que se detalham as técnicas uruguaias, que ainda não costumam ser utilizadas no Rio Grande do Sul, para que as mesmas possam ser incorporadas neste Estado.

5.2.3.5 Abordagem de Programas e Instituições

Nesse item foram analisadas as estratégias que os uruguaios adotam para promover a arquitetura de terra. Ou seja, foram levantadas universidades e programas de apoio do governo, além de incentivos de instituições financeiras e iniciativas de eventuais organizações não-governamentais, privadas, ou pessoas físicas que atuam no sentido de promover a arquitetura de terra naquele país. Quanto ao Rio Grande do Sul, não foram encontrados programas que visem apoiar, especificamente, a utilização da terra, enquanto material construtivo e nem instituições que financiem esse tipo de solução.

5.2.4 Análise e Interpretação dos Dados

A partir dos dados levantados, questionários, observações e pesquisa documental, correlacionado à bibliografia, desenvolveu-se a análise e interpretação dos mesmos.

5.2.4.1 Cruzamento dos Dados

De posse dos dados coletados, partiu-se para a verificação das necessidades ou entraves ao desenvolvimento da arquitetura de terra no Rio Grande do Sul, mencionadas nos questionários, ou mesmo, extraídos da pesquisa documental e revisão de literatura.

Quanto às diretrizes propostas para bioconstrutores gaúchos, por exemplo, a forma de registro dos dados permitiu apresentar as principais obras edificadas em terra no Uruguai, mencionando a técnica correspondente

e, a partir de então, formulando tais diretrizes, com dados específicos sobre as principais técnicas adotadas no Uruguai que, por já estarem consolidadas naquele país, têm sua viabilidade comprovada.

A análise dos dados apoiou-se no referencial teórico apresentado na revisão bibliográfica, buscando relacioná-los, de forma a alcançar os objetivos propostos. As considerações oriundas dos objetivos secundários embasaram a análise mais ampla. Considera-se que a interpretação alcançada tem suas limitações, uma vez que o estudo aborda locais com culturas distintas, o que pode ser um motivo de diferenciação nas respectivas arquiteturas, razão pela qual, a comprovação das diretrizes se dará posteriormente, fora dos limites dessa pesquisa, com a aplicação das propostas por construtores e entidades interessadas.

5.2.5 Apresentação dos Resultados

Os resultados obtidos foram apresentados a seguir, seguindo uma ordem que prioriza a compreensão da temática, de uma forma ampla, orientando o leitor às interpretações, ao longo do documento. É de suma importância a apresentação de imagens, de forma a retratar a realidade da arquitetura de terra contemporânea no Rio Grande do Sul e no Uruguai, uma vez que esse recurso gráfico esclarece a descrição e enriquece a apresentação dos dados.

Por fim, são apresentadas as diretrizes que, ao serem aplicadas, conferem ao Rio Grande do Sul maior viabilidade para realizar construções com terra, através de proposição de meios de incentivo e esclarecimentos a respeito da técnica, em si.

O produto final da pesquisa foi a proposição de diretrizes, para alavancar a arquitetura de terra no Rio Grande do Sul, sendo essas, destinadas a dois enfoques: instituições financeiras / administrações municipais e bioconstrutores gaúchos.

Cabe salientar que, provavelmente, as mesmas estratégias servirão para outras localidades, conquanto sejam feitas análises e adequações semelhantes às propostas neste estudo, para o novo sítio em questão.

5.2.5.1 Proposta de Diretrizes para Administrações Municipais / Instituições Financeiras

No Rio Grande do Sul, a falta de apoio à utilização do barro, enquanto material construtivo, é evidente, motivada, em muitas situações, por falta de conhecimento em relação ao comportamento do material e do produto e, conseqüentemente, devido ao preconceito existente em relação a esse tipo de bioconstrução.

Com a falta de conhecimento evidenciada, as instituições financeiras desconsideram a possibilidade de oferecer financiamento a edificações em terra, já que sequer possuem a noção de como avaliar esse tipo de solução. Ou seja, é necessário que as mesmas saibam quais os padrões técnicos que devem ser exigidos, para que, com a sua satisfação, seja proporcionado o acesso facilitado a moradias edificadas com esse material não-convencional.

Da mesma forma, as prefeituras municipais também se sentem inseguras em aprovar edificações em terra, pelo mesmo motivo, ou seja, não sabem o que devem exigir e como devem supervisionar essas obras e, ainda, como exigir os cuidados e manutenções necessárias.

Assim, essas diretrizes, destinadas a instituições financeiras e administrações municipais, visaram preencher essa lacuna, oferecendo as informações que as mesmas devem exigir do construtor, para que as edificações em terra, a serem construídas, tenham, no mínimo, o mesmo desempenho e segurança daquelas edificadas com materiais convencionais.

5.2.5.2 Proposta de Diretrizes para Bioconstrutores Gaúchos

Em relação aos bioconstrutores gaúchos, pretendeu-se oferecer aos mesmos, as informações necessárias para que possam iniciar experiências e progredir no desenvolvimento de edificações em terra. Assim, foram oferecidas informações sobre ensaios de campo, para testar a terra *in loco*, explicações a respeito de como construir (formuladas a partir das principais técnicas construtivas utilizadas no Uruguai) e de como conservar.

Caso haja interesse, ainda, em testar os materiais e a edificação de forma precisa, os ensaios de laboratório a serem realizados são os mesmos indicados nas diretrizes anteriores, destinadas a instituições financeiras e administrações municipais.

5.2.6 Considerações Finais

Nesse sentido, as considerações abordam exposições relativas ao que foi proposto e ao que se obteve no final do trabalho, avaliando o processo desenvolvido. São avaliados objetivos propostos e os resultados finais da pesquisa, além de ser analisado o caráter de interface entre áreas de conhecimento, diferenciando-se enquanto trabalho acadêmico. Por fim, são sugeridos encaminhamentos para futuros trabalhos, com recomendações de como prosseguir nessa linha e contexto de pesquisa.

6. CARACTERIZAÇÃO DOS OBJETOS DE ESTUDO

Neste capítulo, serão apresentadas as situações das arquiteturas de terra contemporâneas no Uruguai (estudo de caso 1) e no Rio Grande do Sul (estudo de caso 2). Cabe salientar que as informações aqui detalhadas foram obtidas com ajuda de profissionais do setor da construção civil, que trabalham com arquitetura de terra, mesmo não sendo de forma exclusiva, quer seja por fornecimento de documentos para consulta, diálogo reflexivo na

fase exploratória ou através de questionários semi-estruturados, aplicados com os mesmos durante a etapa de campo da pesquisa.

Assim, foram mapeadas as principais edificações em terra presentes nos objetos de estudo, partindo-se, a seguir, para uma abordagem das técnicas construtivas adotadas, programas para desenvolvimento da arquitetura de terra e instituições que apóiam essa solução construtiva, além de especulações acerca da aceitação desse tipo de solução construtiva no Uruguai. Tais itens são sempre apoiados e vinculados, ao longo do trabalho, à bibliografia existente sobre o tema.

6.1 A ARQUITETURA EM TERRA NO URUGUAI

Conforme mencionado anteriormente, a arquitetura em terra no Uruguai é bastante evidente, pelo menos, em comparação com a existente no Rio Grande do Sul, estado brasileiro com o qual se limita.

Ainda assim, metade dos respondentes ao questionário enviado manifestou que não considera a arquitetura em terra uruguaia muito desenvolvida: *"a verdade é que não tenho essa visão. Sem dúvida, há uma tradição presente na maneira de construir, mas que está muito longe do mundo acadêmico e profissional. As experiências são bastante pontuais e individuais. Nem sequer dispomos de uma legislação a respeito"* (construtor de codinome "Verão"). Acosta (2010-a) corrobora esta afirmação ao destacar que, no Uruguai, é cada vez maior o número de pessoas que optam por construir residências de forma ecologicamente correta, sendo o maior entrave ao desenvolvimento das mesmas, aquele oriundo da falta de mercado e de mão-de-obra especializada para a chamada bioconstrução. Segundo a autora, ainda falta que o Estado considere a técnica válida para incorporá-la às suas políticas públicas: o problema é que a técnica ainda não conta com normativas, nem com um mercado destinado à venda e elaboração de materiais ecológicos, para que se promova como uma verdadeira alternativa pública à construção tradicional (ACOSTA, 2010-b).

Por outro lado, no meio rural do Uruguai era bastante comum a construção de edificações com a utilização de materiais naturais disponíveis, como terra, madeira e palha. Tais técnicas foram transmitidas de geração a geração e, ainda hoje, continuam sendo executadas por alguns, mesmo que de forma quase que invisível. O construtor de codinome *Biguá* esclarece que existem alguns registros de edificações, sem assessoria técnica, recentemente erguidas no Uruguai, sendo ao menos três ou quatro no município de *Rocha* (algumas em cob, outras em pau-a-pique e outras em fardos de palha) e quatro ou cinco em *Maldonado* (em cob, pau-a-pique e adobes). Em *Canelones*, próximo a *Progreso*, há uma igreja construída por jesuítas, nos anos 60, em adobe e pau-a-pique e, em *Colonia*, há, também, uma capela assim construída, em uma estância turística chamada *"El Teruño"*. Já, em *Paysandu*, no meio rural, há um povoado chamado *Ceballos*, com mais de vinte casas erguidas em terra, assim como em outro povoado, conhecido como *Cañas*, no município de *Cerro Largo*.

Dessa forma, alguns consideram o Uruguai como país exemplar na construção em terra: “em relação a outros países da América Latina, o Uruguai está mais avançado em alguns aspectos” (ACOSTA, 2010-b). Assim também concordam alguns dos bioconstrutores entrevistados, que destacam, principalmente, o papel da universidade para o desenvolvimento da técnica e a consciência dos uruguaios em relação às questões ambientais, além das características do material, frente às condições climáticas do país: “*o desenvolvimento das técnicas de construção em terra no Uruguai deve-se ao fato de que o mesmo contou com a experiência universitária, enquanto pilar de sua difusão. Ainda, em todo o país, qualquer pessoa tem alguma referência do comportamento térmico deste tipo de construção, através de experiências próprias ou por tradição oral (Biguá) e “a técnica adapta-se bem a outros tipos de materiais naturais e às possibilidades do local e da população destinatária. O bom desempenho térmico é fundamental em um clima como o do Uruguai, com variações importantes” (Canário).* Cabe aqui, mais uma vez, fazer menção à semelhança climática existente entre o Uruguai e o Rio Grande do Sul, inseridos na mesma classificação climática de Köppen.

Em relação ao auge da bioconstrução no Uruguai, segundo Acosta (2010-a), o mesmo ocorreu na década de noventa, quando um grupo de arquitetos começou a pesquisar o uso da terra, enquanto material construtivo, ao mesmo tempo em que o tema passou a ser incorporado nos programas da Faculdade de Arquitetura da *Universidad de la República* (UDELAR). Com o respaldo da universidade, a partir de 1994, tem-se executado muitas ações de capacitação e transferência tecnológica, que praticamente ficaram no anonimato, mas foram mobilizadoras no âmbito local. Mas o verdadeiro impulso a esse tipo de solução construtiva aconteceu em 1995, enquanto alguns profissionais participavam de uma oficina de construção em terra e moradores de um bairro – *La Tablada*, apareceram e demonstraram seu interesse em ter suas casas construídas com terra. A partir de então, foi armado um programa interdisciplinar e interinstitucional, envolvendo a UDELAR, como centro de capacitação e transferência tecnológica, que apoiou e deu forma à demanda, integrando arquitetos, psicólogos e assistentes sociais; o *Ministerio de la Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA)*, cobrindo os custos; um instituto de assistência técnica privada, firmando convênio com o ministério; e a prefeitura municipal, apoiando com materiais. O projeto financiava cinquenta casas, das quais, por questões políticas, apenas sete foram edificadas, o que, ainda assim, bastou para comprovar a viabilidade do modelo seguido.

Ainda, em 2009, foi realizado, pela primeira vez, processo licitatório, em que foi aprovada a construção de um *edificio aulario*, ou seja, de uma edificação que abriga salas de aula, em BTC (Blocos de Terra Comprimida) e paredes internas em pau-a-pique.

De acordo com Acosta (2010-b), há cerca de dez construtores em todo o país e vários autoconstrutores, que integram comunidades e estão trabalhando nessas áreas. Mesmo assim, ainda é necessário gerar uma linha de financiamento para centros de produção em vários pontos do país, com fundos públicos e privados, para incentivar o Uruguai a apresentar projetos de caráter profissional.

6.1.1 Principais Edificações Atuais em Terra no Uruguai

A fim de demonstrar a distribuição de edificações em terra, ao longo do território uruguaio, optou-se por mapear as principais obras recentemente edificadas no país, o que é apresentado na Figura 21, abaixo.

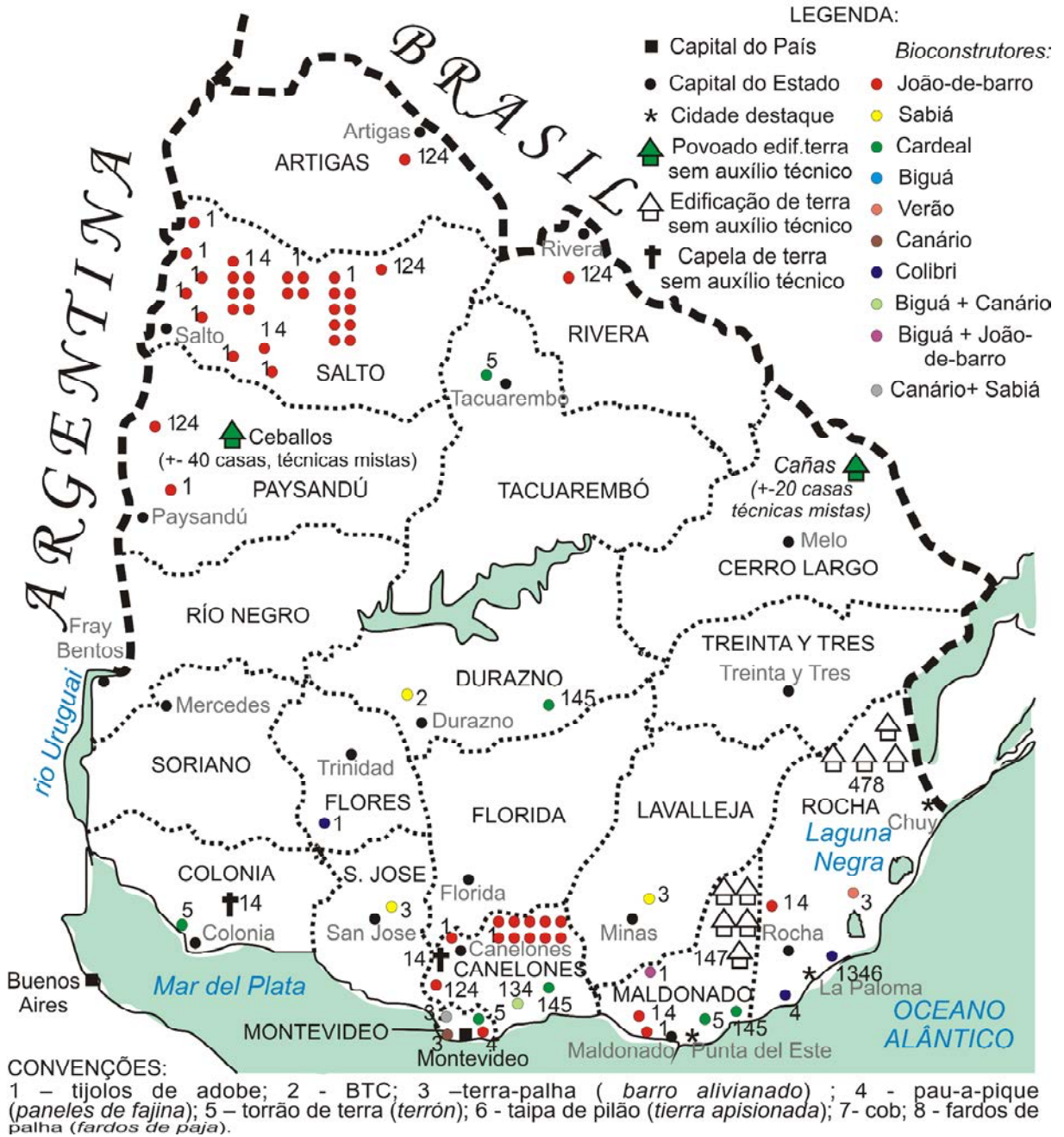


Figura 21: mapeamento das principais edificações em terra construídas recentemente no Uruguai.

Cabe ressaltar que essas principais edificações foram localizadas por meio de informações encontradas na bibliografia, contato com construtores, e respostas ao questionário enviado, uma vez que foi enviado *email* para a prefeitura de *San José*, por exemplo, que retornou informando a inexistência de qualquer controle de edificações construídas especificamente com terra. Ou seja, para verificar quantas edificações foram erguidas

em terra junto às prefeituras, seria necessário analisar todo o cadastro das mesmas, verificando os materiais utilizados em cada projeto, especificamente, sendo o mesmo processo necessário para localizar profissionais que adotem esse sistema construtivo. Assim, torna-se inviável a localização, tanto de construtores, quanto de obras erguidas em terra junto às prefeituras ou demais órgãos: no Uruguai, ainda não existe tal cadastramento específico.

Através da Figura 21, na página anterior, percebe-se que as edificações em terra encontram-se dispersas pelo território uruguaio, tanto na zona urbana, quanto no campo. Ainda, as técnicas empregadas são diversas, variando conforme o domínio técnico do construtor e adequabilidade ao contexto de materiais complementares necessários e existentes nas regiões em que são adotados.

Além de caráter residencial, há restaurantes e escolas também construídos com terra. Onde aparecem séries de construções com a mesma técnica, verifica-se a ocorrência de cooperativas habitacionais. Nessa situação, houve uma associação entre moradores - que cooperaram com o sistema de execução das obras em mutirão, empresas construtoras, universidade UDELAR - que desenvolveu o projeto e prestou assessoria e, ainda, *Ministerio de la Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA)* ou *Banco Hipotecário del Uruguay (BHU)* - entidades financiadoras.

Através do levantamento realizado, percebe-se a predominância da técnica de adobe, isolada ou associada ao pau-a-pique, em que a primeira é usada internamente e, a segunda, externamente e a do BTC - Blocos de Terra Comprimida. Ainda, verificou-se que a maioria das obras realizadas com apoio técnico foi acompanhada pelo construtor de codinome "*João-de-barro*", que possui apoio da universidade uruguaia - UDELAR.

Ainda, em relação às edificações autoconstruídas, ou seja, edificadas sem assessoria técnica, foram essas as mais difíceis de serem localizadas, sendo, por isso, retratadas as mais marcantes, quais sejam, aquelas presentes em dois povoados: *Ceballos (Departamento de Paysandú)* e *Cañas (Departamento de Cerro Largo)*.

Na Figura 22, podem ser observadas duas edificações erguidas em terra, no povoado de *Ceballos*, onde, pelo visível estado precário das mesmas, percebe-se a falta de assessoria técnica no processo construtivo.



Figura 22: edificações no povoado de *Ceballos* (Fotos: Alejandro Ferrero, 2007).

Atualmente, há um processo de melhorias sendo realizado no local, envolvendo a contribuição da Prefeitura e do *Ministerio de Desarrollo Social*, fazendo com que os vizinhos trabalhem de forma conjunta na reforma das habitações, assessorados pela arquiteta Rosário Etchebarne, da UDELAR.

Ainda, existem outras edificações em *Cerro del Burro* (*Departamento de Maldonado*), onde os próprios proprietários edificaram suas residências, sem qualquer apoio técnico, como pode ser visualizado na Figura 23:





Figura 23: residências em *Cerro del Burro*, *Maldonado*, edificadas pelos proprietários, sem assessoria técnica (Fotos: Alejandro Ferrero, 2010).

A seguir, serão abordadas as principais edificações erguidas em terra, atualmente, considerando os construtores envolvidos no presente estudo. Devido a diferentes contextos, tanto em termos de localização geográfica dos trabalhos, quanto em relação à formação dos construtores, há variados estilos de edificações e, embora as técnicas sejam as mesmas, o modo de executá-las varia, principalmente, em função das composições de solo utilizadas.

A seguir, no Quadro 03, apresentam-se as principais obras executadas, até então, pelo construtor de codinome "Biguá".

Quadro 03: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome "Biguá".

EDIFICAÇÕES EM TERRA NO URUGUAI – "Biguá" ●		
● "Biguá" PROJECTO HORNERO Progreso, Canelones		Caracterização da obra:
	 <p style="text-align: center;">Fonte: Alejandro Ferrero</p> <p style="text-align: center;"><i>Considerações do cliente: "difícil descrever, aparentemente o cliente - Faculdade de Agronomia, não estava convencida e não participava do processo construtivo (Biguá).</i></p> <p style="text-align: center;">Grau de satisfação do cliente = 2 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>	<p>Uso: residência universitária Duração: jul/2005 – abr/2008 Área: 72m² cobertos Financiamento: <i>Proyecto PDT16/14</i></p>
		Especificações Técnicas:
		<p>Técnica: adobe, pau-a-pique e terra-palha.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): adobe (0,30 x 0,15 x 0,10), painéis de pau-a-pique (0,45x0,45x0,15) e blocos de terra-palha (0,50x0,25x0,13).</p> <p>Origem: terra - entorno próximo e próprio local; palha, maravalha e areia – Montevideu (35Km), madeira – Tacuarembó (200Km) e Paysandu (300Km).</p> <p>Traço: adobe – 1 terra argilosa : 1 areia : ¼ palha de trigo; painéis de pau-a-pique: barbotina⁹ de 1 água : 1 de terra argilosa, a seguir 1 barbotina : 10 de palha; terra-palha com maravalha – 1 barbotina : 3 ou 4 de maravalha.</p> <p>Rendimento: adobe – 60 a 70 tijolos, com duas pessoas, em duas horas; pau-a-pique – 10 painéis de 45x45x15cm, com duas pessoas, em uma hora; blocos de terra-palha – 10 blocos, com duas pessoas, em uma hora.</p> <p>Observações: foram elaborados ensaios técnicos e análise de desempenho, corrigindo eventuais deformações.</p>

⁹ Barbotina caracteriza a mistura de terra com água, em estado cremoso, que funciona como cola para a argila.

"Biguá" ● VIVIENDA LARRABURU Cerro del Burro, Maldonado		Caracterização da obra:
	Fonte: Vicente Ruétalo	Uso: residencial Duração: jun/2009 – dez/2009 Área: 60m ² cobertos Financiamento: proprietário
		Especificações Técnicas:
	Fonte: Alejandro Ferrero	Técnica: adobe. MATERIAIS: Dimensões (m): adobe (0,40x0,17x0,10). Origem: adobes comprados de olaria em <i>Costa de Oro, Canelones</i> , a 70Km da obra. Observações: a residência está ocupada a apenas dois meses, o que impediu análise de desempenho até o momento.
	<p><i>Considerações do cliente: "esta será a residência permanente do cliente e está de acordo com o estilo de vida natural que o mesmo possui"(Biguá).</i></p> <p>Grau de satisfação do cliente = 4 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>	

A partir da descrição das principais obras realizadas pelo construtor de codinome *Biguá*, observa-se que, nesse caso, são utilizados materiais oriundos de locais um tanto distantes da obra, principalmente a madeira utilizada no *Proyecto Hornero*, uma vez que a terra, nessa obra, foi retirada das redondezas. Já, no segundo caso, os tijolos de adobe não foram confeccionados no local, mas sim, comprados de uma olaria situada a 70 Km da obra.

Ainda em relação ao primeiro projeto, foram realizados ensaios de compressão em adobes utilizados na obra, com dez corpos de prova, resultando uma resistência à compressão de 1,2 N/mm², com variação de 12%. Ou seja, ao existir o comprometimento com a universidade local, a realização de testes, para garantir o correto desempenho da estrutura, foi viabilizada.



Quanto ao desempenho da edificação, o construtor manifesta que os rebocos externos, compostos de barro e cal, sofreram com a ação constante da chuva e do vento sobre esses, mesmo com a presença e generosos beirais, demonstrando a necessidade de que os mesmos tenham algum tipo de proteção.




Assim, evidencia-se, nas principais obras do construtor de codinome "Biguá", a preocupação com aspectos técnicos da edificação, que possivelmente só puderam ser aprofundados devido à interação com demais profissionais do ramo e a participação da universidade. Por outro lado, com a utilização de mais materiais locais, as obras seriam ainda mais ecológicas.

No Quadro 04, a seguir, são apresentadas as principais edificações erguidas, atualmente, pelo construtor de codinome "Cardeal".

Quadro 04 – edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome "Cardeal".

EDIFICAÇÕES EM TERRA NO URUGUAI – "Cardeal" ●

<p>"Cardeal" ● VIVIENDA URRESTARAZU Barros Blancos, Canelones</p>		<p>Caracterização da obra:</p>
	<p>Fonte da imagem: Cecília Alderton</p>	<p>Uso: residencial Duração: nov/1999 – nov/2000 Área: 200m² Financiamento: proprietário</p>
		<p>Especificações Técnicas:</p>
	<p>Fonte da imagem: Cecília Alderton</p>	<p>Técnica: adobe, pau-a-pique e torrão.</p>
	<p><i>Considerações do cliente: "econômica, saudável, bela e ecológica (Cardeal)."</i></p> <p>Grau de satisfação do cliente = 5 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>	<p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): torrões (0,20 x 0,20 x 0,55).</p> <p>Origem: terra - próprio local; madeira – Flores; pedra – Maldonado; palha, esteiras de junco e taquaras - Canelones.</p> <p>Traço: torrões – terra local; adobes – 1 terra argilosa : 2 areia : 8 palha.</p> <p>Observações: os torrões, cortados do próprio terreno, são utilizados nas paredes externas (60cm na base e 45cm na parte superior); o adobe é utilizado para fazer lareiras, bancos, muretas, nichos, decorações; e o pau-a-pique é adotado junto às divisórias internas (espessuras entre 10 e 20cm, conforme necessidade) e os painéis de pau-a-pique são feitos em obra, e não pré-fabricados.</p>

<p style="text-align: center;">"Cardeal" ● VIVIENDA BAGLIERO Arandenera del Solís, Maldonado</p>	  <p>Fonte das imagens: Cecília Alderton</p> <p><i>Considerações do cliente: "muito contentes com o resultado e têm intenções de ampliar a residência a curto prazo" (Cardeal).</i></p> <p>Grau de satisfação do cliente = 5 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>	<p style="text-align: center;">Caracterização da obra:</p> <hr/> <p>Uso: residencial Duração: mai/2007 – dez/2007 Área: 120m² Financiamento: proprietário</p> <p style="text-align: center;">Especificações Técnicas:</p> <hr/> <p>Técnica: adobe, pau-a-pique e torrão.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): torrões (0,20x0,20x0,55).</p> <p>Origem: terra do terreno, varas para pau-a-pique do terreno, palha e madeira tratada de Maldonado.</p> <p>Traço: torrões – composição do solo local; adobe – 1 de terra argilosa : 2 de areia : 8 de palha; pau-a-pique – 1 de terra argilosa : 10 de palha de trigo.</p>
	<p style="text-align: center;">"Cardeal" ● VIVIENDA JEAN PAUL BRISSON Estancia La Patrona, Durazno</p>	 <p>Fonte: Cecília Alderton</p>



Fonte: Cecília Alderton

Considerações do cliente: "muito satisfeitos, porém ocorreram alguns inconvenientes com os rebocos internos, posteriormente substituídos por rebocos de areia e cal. Assim, o cliente apenas lamenta que não se veja a terra internamente na edificação da maneira que se vê externamente" (Cardeal).

Grau de satisfação do cliente = 4

Observações: problemas com os rebocos internos fizeram com que fosse necessário realizar testes com distintas amostras de terra e composições. A terra continha pouca argila, o que tornou os rebocos frágeis, sem coesão e com pouca aderência à base. Finalmente, após quatro anos, foram retirados os rebocos de terra, substituindo-os por uma mistura contendo areia e cal.

Nas obras do construtor de codinome "Cardeal", apresentadas acima, destacam-se, principalmente, a preocupação na utilização de materiais locais e o interessante resultado estético.



A técnica principal adotada nas obras, que representa as paredes externas, é a de torrão de terra, sendo as divisórias internas executadas em pau-a-pique e adornos e estruturas secundárias, em adobe. Assim, quando a obra é realizada em Canelones, cidade onde atua o construtor, geralmente os tijolos de adobe são comprados de uma mesma olaria, situada ao lado da residência do construtor. Segundo o construtor, esses adobes são fabricados no campo, de maneira informal e artesanal, não são empresas formais, são os mesmos locais em que são produzidos tijolos cerâmicos, queimados. Geralmente, esses adobes são produzidos com medidas-padrão (12x25x5cm), com uma mistura de terra, estrume de gado e casca de arroz. Esta é uma eficaz alternativa para acelerar o processo construtivo, uma vez que, além de os tijolos utilizados já estarem prontos, costuma-se, também, comprar à granel apenas a mistura de terra, estrume e casca de arroz, para utilizar em rebocos ou na construção de painéis em pau-a-pique.



Em relação à técnica de torrões, esta é a característica mais evidente das obras executadas pelo construtor, aqui denominado "Cardeal". Conforme Alderton (2003), é essa, talvez, a técnica mais simples e rápida de ser executada, as paredes são largas, maciças e isolantes; a estética evoca a imagem do tradicional rancho, gravada em nossa memória e as construções se adaptam ao local, já que nascem dele.

A seguir, no Quadro 05, são apresentadas as principais edificações realizadas, pelo construtor de codinome "Canário".

Quadro 05: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome "Canário".

EDIFICAÇÕES EM TERRA NO URUGUAI – "Canário" ●

<p>"Canário" ● VIVIENDA RODRIGUEZ Camino Maldonado Km19, Montevideú</p>		<p>Caracterização da obra:</p>
	<p>Fonte: ETCHEBARNE e PIÑERO (2005)</p>	<p>Uso: residencial Duração: mai/1997 – jan/1998 Área: 120m² Financiamento: proprietário</p>
		<p>Especificações Técnicas:</p>
	<p>Fonte: ETCHEBARNE e PIÑERO (2005)</p>	<p>Técnica: terra-palha.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): paredes de terra-palha com 0,20m de espessura.</p> <p>Origem: terra e taquaras – próprio ao terreno; palha de trigo – zona rural próxima.</p> <p>Traço: 5 terra : 4 água : palha até saturar.</p> <p>Rendimento: um pedreiro experiente no sistema e mais dois colaboradores inexperientes realizam 0,5m³, ou seja, 5m² de parede por jornada de trabalho, incluindo a preparação do material.</p> <p>Observações: foram realizadas medições de temperatura interna e externa, observando-se diferença de 8°C, em média.</p>
	<p><i>Considerações do cliente: "o mesmo ficou satisfeito em relação ao resultado final e à qualidade do habitat, reduzindo a temperatura e umidade existente no ambiente (Canário).</i></p> <p>Grau de satisfação do cliente = 4 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>	

<p>“Canário” ● CABAÑA PARA EXPO-PRADO JARDÍN 2001 Feria Prado</p>		<p>Caracterização da obra:</p>
		<p>Uso: exposição desmontável Duração: nov/2001 – dez/2001 Área: 45m² Financiamento: projetista e colaboradores</p>
		<p>Especificações Técnicas:</p>
		<p>Técnica: painéis de terra-palha.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): painéis (0,50x0,50x0,15).</p> <p>Origem: terra argilosa, fardos de palha e madeira da zona rural (10Km).</p> <p>Observações: obra executada em cinco dias, ficando exposta durante quinze. Segundo o projetista, a validade do sistema adotado dependeu da elaboração antecipada dos painéis (dois meses), já que havia apenas uma semana disponível para realizar a montagem do mesmo.</p>
	<p>Grau de satisfação do cliente = 5 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>	

Fonte das
imagens: José
Luis Mazzeo

As obras executadas pelo construtor de codinome “Canário” utilizam, principalmente, a técnica de terra-palha, quer seja moldada em fôrmas de madeira ou em forma de blocos, e de painéis “pré-fabricados de terra-palha”.

Em relação à *Vivienda Rodrigues*, a mesma foi realizada em conjunto com o construtor aqui denominado “Sabiá” e contemplou, principalmente, a implantação, considerando a orientação solar como fator fundamental. Segundo o construtor de codinome “Canário”, a abertura de vãos em direção ao norte, protegidos por amplos beirais, permite acumular energia solar no inverno, ao mesmo tempo em que a proteção da fachada sul diminui o impacto de aspectos climáticos mais adversos.

Já, a segunda obra apresentada, *Cabaña Prado 2001*, serviu para apresentar um novo conceito, que está sendo elaborado pelo construtor e colaboradores, no sentido de atender à demanda dos seus clientes, que buscam residências econômicas e de simples realização, já que, normalmente, possuem escassos recursos. Dessa maneira, nessa obra, buscou-se inovar em sistemas que envolvessem conceitos básicos para a economia da mesma, como na racionalização e na velocidade da obra.

Conforme Mazzeo (2003), o sistema resultante, envolvendo painéis de 50x50 cm, recheados com terra-palha, permite a execução dos mesmos em locais onde haja a infra-estrutura e a terra necessária, a pré-fabricação dos

componentes e a secagem natural do mesmo, com tempo suficiente e a montagem a seco dos painéis, através de simples encaixe entre esses.

Dessa forma, pode-se verificar que os sistemas construtivos com utilização de terra no Uruguai continuam evoluindo, já que associam inovações tecnológicas aos sistemas tradicionais. A utilização de painéis de terra-palha, no Uruguai, permite otimizar os recursos disponíveis, de materiais e de mão-de-obra, o que gera emprego e permite que cooperativas ou grupos organizados possam realizar trabalhos preliminares de obra, com o suporte de mão-de-obra apropriada. Por outro lado, mais uma vez percebe-se o caráter de experimentação, na *Cabaña Prado*, que pôde ser concretizada com o apoio de técnicos e pesquisadores vinculados à UDELAR. Dessa maneira, o novo sistema desenvolvido nessa ocasião surgiu, mais uma vez, a partir da vinculação existente entre técnicos e a instituição de ensino.

Em continuidade, no Quadro 06, são apresentadas as principais edificações erguidas, atualmente, pelo construtor de codinome “Colibri”, que é estudante de arquitetura e vem construindo há dez anos edificações em terra, com base em experiências próprias, como autodidata.

Quadro 06: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome “Colibri”.

EDIFICAÇÕES ATUAIS EM TERRA NO URUGUAI – “Colibri” ●

● “Colibri” SAPABILONA Barra de Maldonado, Maldonado		Caracterização da obra:
		Uso: residencial Construção: 2007 Área: 120m ² Financiamento: proprietário
		Especificações Técnicas:
		Técnica: adobe, painéis de terra-palha e taipa de terra-palha.
		MATERIAIS: Dimensões (m): adobe (0,25 x 0,12 x 0,05); taipa de pilão (0,35 espessura); painéis de terra-palha pré-fabricados (0,40x0,70x0,10) em estrutura de madeira (1,50x2,0); taipa de terra-palha (parede de 0,35 de espessura).
		Origem: terra - próprio terreno; madeira eucalipto – San Carlos (13Km).
		Traço: adobes – 2 terra argilosa: 2 areia grossa : 2 maravalha : 0,75 água; taipa de terra-palha – 2 terra : 2 areia : umidade de campo.
		Rendimento: corte de 600 a 800 adobes por jornada de trabalho (8 horas).
	Fonte das imagens: Pablo Miguez Grau de satisfação do cliente = 5 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)	

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">"Colibri" ● VIVIENDA SOLANA ANTOGÑASA Manantiales, Maldonado</p>	 <p>Fonte: Pablo Miques</p>  <p>Fonte: Pablo Miques</p> <p>Grau de satisfação do cliente = 5 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>	<p>Caracterização da obra:</p> <p>Uso: residencial Duração: nov/2008 – mar/2009 Área: 57m² Financiamento: proprietário</p> <p>Especificações Técnicas:</p> <p>Técnica: pau-a-pique.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): painéis de pau-a-pique (2,1x1,2). Origem: terra e madeira de San Carlos (8Km da obra). Traço: 1 de terra : 1 de areia : 1 maravalha. Observações: a residência foi revestida externamente com painéis de fibrocimento.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">"Colibri" ● PRODUCCIÓN ACEITE ARTESANAL Piriapolis, Las Flores</p>	 <p>Fonte: Pablo Miques</p> <p>Grau de satisfação do cliente = 5 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>	<p>Caracterização da obra:</p> <p>Uso: oficina (produção de azeite artesanal) Duração: out/2009 – fev/2010 Área: 50m² Financiamento: proprietário</p> <p>Especificações Técnicas:</p> <p>Técnica: adobe.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): adobe (0,18 x 0,42 x 0,15). Origem: adobes manufacturados comprados em Ciudad de la Costa (70Km), argamassa feita com terra do próprio terreno.</p>


A partir do quadro acima, visualiza-se a importância dada, pelo construtor, principalmente, à conservação das edificações por ele propostas, pois as mesmas apresentam beirais bem avantajados e base feita de pedra ou de concreto, evitando a ascensão de umidade. No segundo caso – *Vivienda Solana Antognasa*, destaca-se, ainda, o tratamento dado às paredes externas, na tentativa de protegê-las da chuva. Entretanto, o construtor peca, sob

o aspecto ambiental, ao escolher painéis de fibrocimento como revestimento, uma vez que o material contém amianto, substância altamente tóxica e cancerígena.

Por outro lado, chama à atenção a satisfação do cliente, uma vez que as edificações resultantes possuem bom isolamento termo-acústico e, ainda, resultado estético satisfatório. Como em obras abordadas anteriormente, também o construtor de codinome “Colibri” opta, em algumas de suas obras, pela compra de adobes já manufaturados, de maneira a acelerar o processo construtivo. Em relação aos demais materiais utilizados, facilmente é percebida a escolha por fornecedores das redondezas e a utilização de terra do próprio terreno, enfatizando o caráter ecológico das edificações. Ainda, por ser o construtor autodidata, observa-se que as técnicas de construção em terra podem, sim, ser assimiladas e transferidas com certa facilidade, dependendo do interesse e dedicação do aspirante à profissão de bioconstrutor.

A seguir, no Quadro 07, são apresentadas as principais edificações erguidas, atualmente, pelo construtor de codinome “Verão”.

Quadro 07: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome “Verão”.

EDIFICAÇÕES EM TERRA NO URUGUAI – “Verão” ●	
<p>● “Verão” CASA EXPERIMENTAL EM LA CAÑADA Punta Rubia, Rocha</p>	 <p>Fonte da imagen: Javier Márquez</p>
	<p>Caracterização da obra:</p> <p>Uso: residencial Duração: dez/2006 – mar/2007 Área: 80m² Financiamento: proprietário</p> <p>Especificações Técnicas:</p> <p>Técnica: bloco de terra-palha e telhado verde.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): blocos de terra palha: 0,10 x 0,15 x 0,25.</p> <p>Origem: terra – margem Arroyo Pando, Canelones (200Km) e lascas de madeira de Canelones (200Km).</p> <p>Traço: 1 barbotina (0,5 terra argilosa : 0,5 água) : 4 maravalha.</p> <p>Rendimento: 80 blocos por hora, por pessoa.</p> <p>Observações: foram realizados ensaios de campo de compressão, mas não foram armazenados os resultados.</p>
	<p>Grau de satisfação do cliente = 5 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>


Conforme pôde ser observado, no quadro anterior, a edificação executada pelo construtor de codinome “Verão” utilizou blocos de terra-palha confeccionados com materiais oriundos de *Canelones*, distante 200 Km da obra. Assim, se descaracteriza, um pouco, a principal função da utilização da terra enquanto material construtivo: de fazer uso de materiais locais, diminuindo os impactos ambientais decorrentes da atividade construtiva, através da eliminação do transporte dos mesmos.



Embora os blocos não tenham sido produzidos ao pé da obra, o que, segundo o construtor, fez com que o controle da execução dos mesmos fosse esporádico, ainda assim, a estimativa de rendimento da produção dos mesmos é bastante alta, o que acelera a consolidação da obra e contribui para uma considerável redução de custos.

Ainda, ao adotar fôrmas metálicas com ranhuras na produção de blocos, o construtor permitiu que fosse conquistada, assim, uma diferenciação estética interessante nas paredes da edificação, que passaram a imitar madeira. Além disso, a ranhura assim produzida nas paredes também é uma forma de proteger a mesma, pois uma superfície lisa sofreria desgaste ainda maior de água da chuva.

O construtor que, segundo dados coletados no presente estudo, possui maior participação na execução de obras em terra, possivelmente por estar apoiado pela universidade, é aqui tratado pelo codinome “João-de-barro”, e tem algumas de suas principais obras apresentadas no Quadro 08, que segue.

Quadro 08: edificações erguidas em terra pelo construtor de codinome “João-de-barro”.

EDIFICAÇÕES EM TERRA NO URUGUAI – “João-de-barro” ●	
● “João-de-barro” SIERRA CARRERE Salto, Salto	
	<p>Caracterização da obra:</p> <p>Uso: residencial Construção: 1996 Área: 150m² Financiamento: <i>Banco Hipotecário del Uruguay (BHU)</i></p> <p>Especificações Técnicas:</p> <p>Técnica: adobe.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): adobe (0,40 x 0,17 x 0,10).</p>

<p>● "João-de-barro" DAYMÁN Termas de Daymán, Salto</p>	 <p>Fonte das imagens: Rosário Etchebarne</p>	<p>Caracterização da obra:</p> <p>Uso: comercial (restaurante) Construção: 2006 Área: 100m² Financiamento: proprietário</p> <p>Especificações Técnicas:</p> <p>Técnica: adobe, pau-a-pique e telhado verde.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): adobe (0,40 x 0,17 x 0,10)</p>
<p>● "João-de-barro" Aulário San António, Salto</p>	 	<p>Caracterização da obra:</p> <p>Uso: educacional (salas de aula) Construção: 2009 Área: 120m² Financiamento: proprietário (Faculdade de Agronomia, UDELAR).</p> <p>Especificações Técnicas:</p> <p>Técnica: adobe, pau-a-pique e BTC (Bloco de Terra Comprimida).</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): adobe (0,40 x 0,17 x 0,10)</p> <p>Observações: Essa foi a primeira obra que a UDELAR realizou mediante chamado público de licitação a empresas construtoras.</p> <p>O projeto e o gerenciamento da obra foram divididos entre o departamento de arquitetura e o <i>Proyecto Terra Uruguay</i>.</p>

Não só nos trabalhos apresentados acima, mas também na maioria das obras executadas pelo construtor de codinome "João-de-barro", destaca-se a ocorrência de financiamento por instituições como o *BHU - Banco Hipotecário del Uruguay*, *MVOTMA - Ministério de la Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente* ou outros. A terceira obra apresentada, por exemplo, compreende salas de aula para a faculdade de agronomia e é a primeira obra que utiliza a terra, enquanto principal componente construtivo, a ser licitada no Uruguai.

Os materiais utilizados nas obras do construtor aqui denominado "João-de-barro" são produzidos *in loco*, utilizando matéria-prima local. Pelo fato de o construtor estar vinculado à *UDELAR (Universidad de la República)*, as obras do mesmo tem grande potencial técnico, ou seja, os materiais são altamente testados. Os tijolos de adobe, por exemplo, seguem padrões, possuindo sempre medida de 0,40 x 0,17 x 0,10m e pesando,

aproximadamente, 10Kg. Assim, tais tijolos foram testados em laboratório e, seu padrão, cuja eficiência estrutural foi comprovada cientificamente, segue sendo utilizado nas construções subseqüentes, o mesmo ocorrendo com os demais materiais.

Ainda, observa-se que as construções respeitam sempre características idênticas, como a utilização de beirais avantajados, base de concreto e três técnicas utilizadas conjuntamente: adobe, BTC (Blocos de Terra Comprimida) e pau-a-pique. Segundo o construtor, são essas as técnicas mais simples e mais recorrentes no país, sendo os tijolos de adobe e BTC usados externamente e, nas divisórias internas, o pau-a-pique. Como os tijolos de BTC e adobe são portantes, em alguns casos costuma-se, ainda, adotar estrutura de madeira nas quinças das edificações para melhor amarrar o telhado, em situações em que o mesmo esteja sujeito a ações constantes do vento, assim como ocorre no *Aulário*, em *San Antonio*. Ainda, em relação aos aspectos técnicos, destaca-se a utilização de peitoris e vergas de concreto junto às esquadrias, garantindo que as mesmas sejam bem vedadas e auxiliando na proteção das paredes contra a ação da chuva. Ou seja, não é necessário erradicar a utilização de cimento nas bioconstruções, o uso racionalizado do mesmo, integrado aos demais materiais, serve como contribuição para suprir algumas deficiências que outros materiais possuem.

6.1.2 Técnicas Construtivas em Terra Adotadas

Através do levantamento realizado, percebe-se a predominância da técnica de adobe ou técnica mista, em que são utilizados tijolos de adobe nas paredes externas e a taipa de mão ou pau-a-pique (*paneles de fajina*), nas internas. Segundo Acosta (2010-a), tal afirmação é corroborada pela arquiteta Rosário Etchebarne, da UDELAR, que afirma que as três técnicas mais utilizadas no Uruguai são o adobe, que é um tijolo não queimado; o BTC – Bloco de Terra Comprimida, que é feito em uma máquina à qual estão sendo incorporadas novas tecnologias; e o pau-a-pique, um painel de madeira que utiliza terra estabilizada com palha e outros componentes. Dessa maneira, serão detalhadas, a seguir, as técnicas de construção com terra adotadas no Uruguai.

6.1.2.1 Tijolos de Adobe

Os tijolos de adobe confeccionados no Uruguai são, freqüentemente, ensaiados no laboratório da Faculdade de Arquitetura, da UDELAR, em Montevideú. Normalmente, as dimensões utilizadas são de 40x17x10cm, e os tijolos são confeccionados com terra arenosa. A Figura 24 apresenta uma residência construída em Salto, com adobe, em 1996, de 150m² e financiada pelo *BHU - Banco Hipotecário del Uruguay*. Passa-se da parede portante de adobe, a uma linguagem onde há um diálogo da terra com a madeira, o perfil de ferro e os componentes de concreto (ETCHEBARNE, 2003).



Figura 24: Residência *Sierra Carrere*, em adobe. Fonte: Rosário Etchebarne.

Em relação aos cuidados necessários em estruturas edificadas em adobe, o mais difícil de ser tratado é o comportamento de rebocos e revestimentos, frente ao contato com a água, que decompõe a terra em médio prazo. Tal questão somente pode ser resolvida por meio de decisões de projeto, como o controle da dimensão de beirais, utilização de outros materiais na base da edificação, como pedra e tijolo cerâmico ou, através de rebocos contendo cal e adição de cimento.

Segundo o CEPED (1984), em locais onde a precipitação pluviométrica supera 600 mm/ano, convencionou-se adotar algum tipo de estabilizante, a fim de reduzir a retração e/ou impermeabilização, sendo mais comuns, a adoção de palha ou qualquer espécie de fibras, emulsões asfálticas e/ou cimento.

Atualmente, cada vez a produção de adobes ocorre de forma mais criteriosa, ou seja, sua composição em geral envolve 20% de argila e 80% de areia, o que deve ser ajustado em função da composição do solo, ou seja, quanto mais argiloso, mais areia se acrescenta.

Em relação às desvantagens da utilização de adobes, as mesmas estão associadas ao processo de fabricação, que pode ser lento, em função do período de secagem necessário que, no Uruguai, corresponde a cerca de três semanas, no verão, estação que se apresenta com comportamento similar ao ocorrente no Rio Grande do Sul. A velocidade do processo depende, ainda, das áreas de pisadeiro, seca e armazenagem, que ditarão o ritmo da obra, enquanto se espera a secagem das peças anteriormente produzidas. A Figura 25 identifica um pisadeiro, local onde ocorre a preparação da massa utilizada para confecção dos tijolos de adobe e a secagem dos mesmos.



Figura 25: pisadeiro, onde é preparada a argamassa que originará os tijolos de adobe; e os mesmos sendo desformados, aguardando secagem ao sol. Fonte: Ecocentro – IPEC.

Assim, a eficiência, na utilização desta técnica, está vinculada, também, à disponibilidade de espaço físico – superfícies horizontais e limpas, além de zonas cobertas, para evitar que a chuva afete a produção, o que deve ser observado quando da escolha da técnica construtiva.

6.1.2.2 *Bloques de Tierra Comprimida* – BTC (Blocos de Terra Comprimida)

No Uruguai, é bastante freqüente a utilização de BTC – Blocos de Terra Comprimida e, normalmente, seu processo de fabricação envolve atividades de capacitação, transferência de tecnologia e experimentação, não só para a equipe técnica envolvida, mas também para a comunidade interessada. Conforme Etchebarne *et. al.* (2006), o rigor técnico e científico aplicado nas pesquisas realizadas em nível internacional, permitem hoje garantir a qualidade desta técnica construtiva.

A Figura 26 ilustra a utilização de bloco de terra comprimida em um edifício que abriga duas salas de aula, da Faculdade de Agronomia, em San António, Salto. A edificação é construída com técnica mista: adobe, BTC e taipa de mão, para proporcionar melhor exposição do sistema construtivo e experimentação à equipe envolvida em sua construção.



Figura 26: (a) vista externa de alvenaria de BTC, sem revestimento, em salas de aula – San António, Salto; (b) vista interna das salas de aula em construção, demonstrando a utilização de peitoris de concreto.

Os BTCs são adequados para edificações de dois e, até mesmo, três pavimentos. Para realizar a compressão dos blocos, utiliza-se uma prensa manual ou mecânica, sendo que uma das mais utilizadas é a CINVA-RAM, projetada, em 1956, pelo engenheiro chileno Raúl Ramirez, do *Centro Interamericano de la Vivienda (CINVA)*, de Bogotá, Colômbia. A prensa utilizada para a confecção dos blocos BTC, nas salas de aula da faculdade de agronomia e que passou a ser recentemente utilizada pela UDELAR, aparece abaixo, na Figura 27.



Figura 27: prensa CINVA-RAM, adotada para a fabricação de BTC, ou solo-cimento, nas obras apoiadas pela UDELAR.

Etchebarne *et. al.* (2006) apontam uma série de vantagens referentes ao BTC, tais como a sua forma regular, com arestas vivas; o aumento de densidade por compactação, que melhora a resistência à compressão, à erosão e à ação d'água; o custo da terra, que é nulo quando não envolve transporte e não requer gastos com energia; diminuição de fissuras na parede, já que a contração ocorre durante a secagem, em cada bloco; maior flexibilidade no projeto e na autoconstrução; a superfície lisa dos blocos e da parede, daí resultante, torna desnecessária a utilização de rebocos, o que implica em menores custos; pode-se aplicar pintura diretamente

sobre a superfície não rebocada; o custo da alvenaria com solo-cimento é cerca de 50% inferior ao de blocos cerâmicos ou concreto, sem considerar fretes; a resistência ou isolamento térmico de uma parede de solo-cimento é maior que a de tijolo cerâmico, e ainda mais que a de bloco de concreto.

Ainda, em comparação com os tijolos de adobe, os mesmos autores destacam que os blocos de terra comprimida possuem vantagens, como: a maior possibilidade de armazenamento imediato, área de fabricação e de secagem menores, peças mais regulares, possibilidade de fabricar blocos com formas especiais (ocas, por exemplo), limitação da estabilização à superfície do bloco, maior resistência à compressão e melhor acabamento.

6.1.2.3 *Barro Alivianado* (Terra-palha)

A técnica de terra-palha compreende a adição, ao barro, de aditivos porosos, como palha, algas marinhas, cortiça e outras fibras vegetais leves. Assim, obtém-se uma mistura, que confere maior isolamento térmico às paredes.

Conforme a norma alemã DIN 18951, denomina-se terra-palha, o barro com agregados leves, cuja densidade é menor que 1200 Kg/m³. Segundo Minke (2008), existem três tipos de terra-palha, conforme sua composição (podendo ser utilizado palha, lascas de madeira ou minerais porosos) e que, por isso, diferem quanto às suas propriedades e métodos de preparação.

No Uruguai, é utilizada a terra-palha com palha, especialmente, a de trigo. Há uma discussão muito grande para definir qual a palha mais adequada; é necessário que, em cada caso, sejam feitos ensaios comprobatórios.

Na Figura 28, apresenta-se uma edificação de caráter residencial, construída em 1997 com terra-palha, estruturada por troncos de eucalipto, em Montevideu. Nesta, pode-se comprovar a utilização da técnica para edificações de dois pavimentos e o satisfatório resultado formal.



Figura 28: Vivienda Rodriguez, em terra-palha, Montevideu, 1997 (MAZZEO, 2003).

No Uruguai é comum, ainda, a confecção de blocos de terra palha, ou seja, a mistura é lançada em fôrmas menores, assim como ocorre com os tijolos de adobe, porém, os blocos originados não possuem função estrutural. Também é possível fabricar painéis de terra palha, ou seja, a mistura de terra-palha é lançada em uma fôrma de madeira e não é retirada da mesma, de maneira que a parede se forma a partir dos encaixes de um painel no outro. A seguir, na Figura 29, demonstram-se as três formas de utilização da terra-palha no Uruguai: taipa, painéis e blocos.



Figura 29: formas de utilização da técnica de terra-palha no Uruguai, respectivamente: taipa, painéis e blocos. Fonte: www.proyecto-hornero.edu.uy/proyecto.htm.

6.1.2.4 Paneles de Fajina / Bahareque (Pau-a-pique, ou taipa de mão)

O pau-a-pique, ou taipa de mão, conhecido como *paneles de fajina* ou *quincha* no Uruguai, *bahareque* em Honduras e Guatemala, ou *encañizado*, é muito utilizado no país vizinho, principalmente, em divisórias internas. Na Figura 30, demonstra-se a aplicação dessa técnica no interior de um edifício, que abriga duas salas de aula, em San António, Salto. A parede que emprega a referida técnica divide as duas salas de aula; por isso, é composta de duas faces de painéis, cujo interior é preenchido com espumas expansivas de poliuretano, isolante termo-acústico.



Figura 30: parede divisória em taipa de mão, salas de aula – San António, Salto.

Ainda, atualmente, são encontradas, no Uruguai, edificações em pau-a-pique, principalmente na zona rural, como se visualiza na Figura 31.



Figura 31: técnica de pau-a-pique, utilizada em habitações rurais no Uruguai, em Tacuarembó e Rivera, respectivamente. Fonte: Etchebarne *et. al.* (2006).

O sistema de painéis de pau-a-pique permite fabricar os painéis, de forma modular, para várias casas ao mesmo tempo. De acordo com Etchebarne *et. al.* (2006), a pré-fabricação dos materiais pode ser realizada com diversos

graus de mecanização, a partir da produção em pequenas oficinas (com muito trabalho manual, poucas ferramentas e pouca capacidade de armazenamento), oficinas semi-industriais, com um relativo nível de mecanização, racionalização, capacidade de armazenamento e transporte adequado, até indústrias com infraestrutura, pessoal e maquinaria especializada para uma alta produção. Segundo os autores, os painéis de pau-a-pique consistem em uma estrutura de madeira, que recebe uma trama de taquaras, amarradas ou encaixadas, de maneira unidirecional (nas direções vertical, horizontal e diagonal), ou multidirecional, sobre as quais se deposita recheio de barro em estado plástico, estabilizado. A seguir, a Figura 32 apresenta a estrutura que forma o painel de pau-a-pique, junto com a trama de taquara, varas ou ramos e a aplicação de recheio de barro, sobre a mesma.



Figura 32: estrutura de pau-a-pique, ou taipa de mão, com trama de taquaras encaixadas e amostra de barreamento, sobre trama em diagonal. Fonte: Etchebarne *et. al.* (2006).

As vantagens da utilização de painéis de pau-a-pique são, segundo Etchebarne *et. al.* (2006): a racionalização do sistema construtivo, uma vez que o trabalho manual em obra é simplificado, a partir da pré-fabricação dos componentes, permitindo a utilização de uma estrutura articulada e independente; economia, já que permite substituir a escassez de recursos econômicos por recursos humanos; durabilidade; eficiência; estabilidade; e, permite a intervenção do usuário durante o processo de projeto e construção, já que as técnicas são de fácil apropriação.

6.1.2.5 *Terrón* (Torrão de Terra)

No Uruguai, as edificações com torrões têm influência da habitação rural ibérica, principalmente espanhola, e de construções de indígenas locais. Segundo Alderton (2003), os povoadores costumavam construir suas casas com teto de palha e piso de cupim, ou seja, no acabamento dos pisos, utilizava-se o ninho de cupins, feito com terra misturada à saliva do inseto, pois esses ninhos possuem grande resistência à água. Mas, a partir das décadas de 70 e 80, foi realizada, no país, uma forte campanha de erradicação de habitações insalubres, culminando com a demolição de muitas dessas e posterior aumento de preconceito em relação às casas em terra.

Apesar dos benefícios e vantagens da edificação de torrões, esse tipo de técnica deixou de ser utilizado, em todo mundo, e, segundo a autora, o professor arquiteto Hubert Guillaud, do CRATerre, afirma ser o Uruguai o único país a seguir adotando e desenvolvendo essa técnica.

Atualmente, a arquiteta Cecília Alderton, associada a Estella Lorenzo, é a principal construtora que utiliza a técnica de torrões no Uruguai. Abaixo, na Figura 33, se encontram duas edificações erguidas pela mesma, utilizando torrões nas paredes externas, pau-a-pique nas internas e adobe para lareiras, bancos e adornos.



Figura 33: residências em terra edificadas com a utilização da técnica de torrões, respectivamente, *Flia. Montero*, em Montevideu e *Flia. Weiss*, em Maldonado. Fonte: Alderton (2003).

6.1.3 Programas de Apoio à Construção em Terra no Uruguai

O preconceito a que a terra é sujeita, atualmente, surge da falta de informação da comunidade, da imagem passada por construções precárias, erguidas sem qualquer apoio técnico e, também, devido às grandes empresas que tendem, por interesse próprio, a promover a utilização dos chamados “materiais modernos”.

Assim, mesmo que um grande número de construtores esteja interessado em desenvolver técnicas de construção que adotem o barro, como principal componente construtivo, é de fundamental importância o apoio de instituições que estejam dispostas a promover tais bioconstruções.

Dessa maneira, o Uruguai possui, de forma cada vez mais acentuada, o apoio do governo (*Ministerio de la Vivienda*), de instituições de ensino (UDELAR), de instituições financeiras (BHU), de prefeituras municipais e de outras entidades que, através de associações e trabalhos conjuntos, elaboram programas, como os a seguir relatados, que contribuem para a multiplicação das edificações em terra no país.

6.1.3.1 MEVIR – *Movimiento por la Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural*

Conforme Folle e Silveira (2002), a “*Comisión Honorária para la Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural (M.E.V.I.R.)* é um organismo de direito público, não estatal (executa fundos públicos mediante operação de empresa privada, em forma autônoma, sem inserções políticas), sem fins lucrativos, criado em 1967 pelo Dr.

Alberto Gallinal, produtor rural, que, fiel às suas convicções cristãs, e sensibilizado pelas condições de vida do trabalhador rural, promoveu, organizou e implantou, no Uruguai, o movimento que se transformaria na referida Comissão Honorária (Lei 13.640)" (FOLLE e SILVEIRA, 2002).

Durante os primeiros anos do programa, eram produzidas 200 habitações por ano, patrocinadas pelo *BHU – Banco Hipotecário del Uruguay* e, a partir de 1985, foram quintuplicados os recursos financeiros, fazendo com que essa produção chegasse a mil habitações por ano.

O processo construtivo é desenvolvido segundo o esquema de ajuda mútua, em que cada família envolvida no projeto tem uma cota mensal de horas de trabalho a cumprir, sem saber, até a finalização de todas as obras, qual casa irá ocupar. Assim que os produtores se conscientizaram do poder que tinham ao atuar como grupo, e não individualmente, surgiram os primeiros programas de desenvolvimento local e rural: Cooperativa Florestal, em *Arévalo*, Fundo de Crédito Solidário, Queijaria Artesanal em *Mendoza* e o Projeto de Desenvolvimento Integral para Comunidades Rurais em Extrema Pobreza (em convênio com a União Européia).

Segundo Folle e Silveira (2002), em uma economia de subsistência, a prioridade dos recursos disponíveis é direcionada para o setor produtivo: animais, ferramentas, maquinaria e depósitos, ficando os investimentos na habitação para último plano. Além disso, quando há disponibilidade de recursos, normalmente é restrito o acesso a materiais e mão-de-obra de qualidade. Assim, acabam resultando em obras incompletas (investimentos perdidos), tempo perdido (às vezes, anos) e defeitos graves de construção.

A intervenção do M.E.V.I.R., normalmente, ocorre conforme a necessidade da família e dos recursos disponíveis, nos seguintes âmbitos: habitação, construções para a produção (sala de ordenha, galpões, depósitos), infraestruturas e melhorias prediais. Além disso, são oferecidos complementos para o desenvolvimento, como capacitação para administrar uma micro-empresa, assistência técnica para a orientação produtiva da micro-empresa, aproveitando, ao máximo, o potencial de cada prédio e acesso a créditos.

Com o apoio ao produtor rural, auxiliando para que o mesmo tenha uma melhor qualidade de vida, evita-se, também, o inchaço do meio urbano, que tende a se degradar quando seu povoamento supera às capacidades de sua infra-estrutura.

Entretanto, ao mesmo tempo em que o M.E.V.I.R. promove a remoção da habitação insalubre, muitas edificações construídas em terra foram demolidas e substituídas por outras, de alvenaria. Ou seja, ao invés de efetuar a manutenção dessas habitações, erradicou-se a cultura e a sabedoria popular: deixou-se de valorizar a tecnologia autóctone e incorporada pelas pessoas.

Por outro lado, o modelo de gestão do programa funciona de maneira exemplar, renovando a vida das famílias que vivem no campo e dando, às mesmas, ferramentas para desenvolver seu sustento futuro. Com o apoio técnico de construtores que utilizem a terra, as construções teriam qualidade igual ou superior àquelas

tradicionalmente sugeridas e a inserção de tecnologias que adotem a terra, enquanto material construtivo, certamente traria uma série de vantagens ao proprietário, como economia, conforto e saúde.

6.1.3.2 PDT – Programa de Desarrollo Tecnológico

Segundo a UREGH (2005), o PDT – Programa de Desarrollo Tecnológico faz parte de uma ação, que pretende mobilizar o potencial de inovação e fortalecer a capacidade produtiva das pequenas e médias empresas, além de promover a capacidade de desenvolvimento científico e tecnológico. Tem como objetivo geral melhorar os atuais processos de gestão, projeto e construção com terra no Uruguai.

Financiado pelo *Ministerio de Educación y Cultura del Uruguay (MEC)*, o PDT é dividido em três subprogramas: apoio à inovação e melhora da competitividade das empresas; desenvolvimento de aplicação e tecnologia, aumentando a capacidade de geração de conhecimentos científicos e tecnológicos em áreas pré-identificadas de interesse social e econômico para o país; fortalecimento institucional do *Sistema Nacional de Innovación*, responsável por criar uma rede de instituições públicas e privadas, que objetivem iniciar, modificar e disseminar novas tecnologias.

Etchebarne e Piñeiro (2005) apontam que o modelo de gestão do programa envolve a colaboração entre universidade, município e população e tem, como eixo principal, a construção de três protótipos: em taipa de mão, na Cooperativa Vaimaca, em Montevideu; em adobe, na Escola de Agronomia, em Salto; em bloco de terra comprimida – BTC, em Artigas. Esses protótipos serão submetidos a ensaios, para que, em seguida, seja formulada uma norma técnica, que envolva sistematização de construção e montagem, ensaios estruturais, estudos higrotérmicos e plano de manutenção. Cabe salientar que todos os protótipos serão ocupados e foram aprovados e apoiados pelas prefeituras de cada cidade.

Como já mencionada, no ano de 2009, ocorre a primeira realização de licitação para construção de uma pequena edificação, que abriga duas salas de aula da Faculdade de Agronomia, em San Antonio, Salto. A partir desse momento, passa a surgir uma nova relação, envolvendo: centro de pesquisa – que desenvolve o projeto e transfere a tecnologia a empresas; empresas – que são responsáveis por efetuar a construção e confeccionar os materiais; e entidade financiadora – nesse caso, a faculdade. Com o desenvolvimento desse novo modelo de gestão, tornou-se possível construir obras que não têm apenas caráter experimental e possibilitou-se que mais edificações surgissem, já que os interessados podem contratar a empresa construtora diretamente, pois a mesma é assessorada por um centro de pesquisa.

6.1.3.3 Incentivo à Bioarquitetura, na Universidade Pública - UDELAR

A *Universidad de la República – UDELAR*, de caráter público, vem trabalhando com pesquisa e capacitação em arquitetura de terra desde 1993. Ela tem, como princípios, investir em pesquisa científica e experimental, a partir das políticas públicas, participar a partir do setor privado, com alta qualidade de projeto, e formar em nível de pós-graduação regional.

Uma série de atividades acadêmicas é realizada na Faculdade de Arquitetura, principalmente, através do assessoramento a alunos e no desenvolvimento de atividades para a elaboração de teses, além da construção de protótipos, para a aprendizagem. Ainda, os alunos visitam as obras dos professores, que exercem atividade profissional de construção com terra, para que ocorra a transferência de conhecimentos.

Segundo Mazzeo (2003), uma série de atividades acadêmicas vem sendo desenvolvida pela faculdade, no sentido de promover a arquitetura de terra em meio universitário. Tem-se, por exemplo, uma experiência de extensão universitária, onde há transferência de conhecimento de algumas técnicas para o assentamento *El Monarca*, onde pessoas de menos recursos econômicos tentavam construir em adobe e que, sem apoio técnico, obtinham resultados ruins, mas que foram melhorados, a partir do assessoramento da faculdade, que passou a realizar jornadas de trabalho coletivo. Ainda, o projeto de pesquisa denominado *Plan de Emergencia II*, onde a docência procura soluções para aspectos da precariedade construtiva, que possam ser generalizadas, com utilização da terra, nos seguintes aspectos: estanqueidade e isolamento da cobertura e das paredes e redução da ascensão de umidade de pisos sem impermeabilização.

Dessa forma, destaca-se a importância dada ao resgate das técnicas de construção com terra no meio acadêmico uruguaio. Além da presença de disciplinas apoiadas em conceitos de sustentabilidade, há o interesse, por parte dos alunos, na participação das atividades práticas propostas, o que tende a contribuir para a formação de profissionais de arquitetura, com interesses e aptidões voltados à sustentabilidade, especialmente, enfatizando a utilização de técnicas de construção com terra.

6.1.3.4 Proyecto Terra Uruguay

O *Proyecto Terra Uruguay* surgiu a partir da publicação de seu primeiro boletim, em setembro de 2005, pela *Unidad Regional de Estudios y Gestión Del Hábitat – UREGH*, departamento da Faculdade de Arquitetura da *Universidad de la República -UDELAR*, Regional Norte, Salto. Trata-se de um âmbito para onde convergem arquitetos pesquisadores e construtores de arquitetura de terra. Participam, como membros efetivos, os docentes da Área Tecnológica da UREGH e, eventualmente, outros colegas e estudantes de arquitetura (UREGH, 2005).

Ou seja, esse grupo de pessoas se reúne com o intuito de discutir e refletir sobre o patrimônio de arquitetura de terra deixado e a realidade dela nos dias atuais, pensando em meios de garantir a sua presença e desenvolvimento futuros. Além disso, o grupo promove eventos de capacitação e transferência ecológica, como a reabilitação do bairro urbano *La Tablada*, em Salto, onde o Ministério da Habitação financiou a construção, em adobe e taipa de mão, de sete habitações; e a Cooperativa Guyunusa, com a construção de 10 casas, utilizando as mesmas técnicas. Ainda, são organizados outros eventos, de caráter regional e também internacional, desde 1995, onde os profissionais reúnem-se para trocar experiências desenvolvidas na região. Trata-se de um intercâmbio de conhecimento, do "fazer arquitetônico" de construções em terra, realizado de forma prática.

O mesmo grupo promove, ainda, jornadas de capacitação, ensinando técnicas diferenciadas para estudantes universitários, comunidade e pedreiros. A exemplo disso, pode-se citar *Rivera e Artigas* (Uruguai), *Santa Fé* (Argentina), *Valencia* e *Valladolid* (Espanha), *Pelotas* (Brasil) e *Tampico* (México).

Segundo Etchebarne e Piñeiro (2005), o *Proyecto Terra Uruguay* tem, como principais objetivos: sensibilizar (para uma conservação valiosa do patrimônio arquitetônico), capacitar (através de cursos intensivos nas diversas técnicas de construção com terra), transferir (as tecnologias de terra para a comunidade e para quem toma as decisões das políticas públicas), pesquisar (e inovar as tecnologias de terra), participar (na Rede Ibero-Americana Proterra, compartilhando projetos de bioconstrução, que possibilitem acesso ao habitat urbano e rural) e fornecer (um compêndio ibero-americano de recomendações técnicas sobre os sistemas e procedimentos construtivos).

Pode-se verificar, assim, o esforço despendido por esse grupo, no sentido de promover a arquitetura de terra, transcendendo, inclusive, às fronteiras do país. Além de haver uma ajuda mútua, em que há intercâmbio de conhecimento, ocorre transferência tecnológica, para qualquer interessado em dar continuidade a essa técnica milenar.

6.1.3.5 BHU – Banco Hipotecario del Uruguay

O BHU – Banco Hipotecário Del Uruguay¹⁰ é uma instituição que financia habitações no Uruguai, oferecendo recursos às famílias alvo de políticas públicas de habitação e que podem ser complementados com subsídios estatais ou outros instrumentos.

Ao contrário do que ocorre no projeto M.E.V.I.R., relatado anteriormente, o BHU é a instituição que financia as edificações construídas com terra. Para que ocorra a aprovação do financiamento, é necessário que seja apresentado o projeto que originará a edificação, além de comprovação da viabilidade técnica da solução que será adotada.

Garcia (2002) destaca que, ao preconceito das pessoas em relação à utilização da terra, como material construtivo, soma-se a discriminação efetuada pelas instituições financeiras, ao proibirem o acesso ao crédito e recusarem financiamentos de habitações que tenham o barro como componente tecnológico; além disso, os governos, que privilegiam o desenvolvimento da pesquisa tecnológica e de normatização para outros materiais e não para os antigos.

De fato, no Uruguai, verifica-se o oposto: além de se obter recursos para construir com terra, há um estímulo para que as pessoas optem por ela, já que há o apoio, inclusive, de instituições reconhecidas, como o BHU, universidade e, principalmente, o próprio governo.

¹⁰ www.bhu.com.uy

6.1.3.6 *Proyecto Hornero*

No ano de 2002, um tornado afetou a região de *San José*, passando pelo Estado de *Canelones* em direção ao leste, com ventos de 240 Km/h, afetando as casas e instalações de, aproximadamente, 1500 produtores rurais. Também o *Centro Regional Sur, centro universitario y estación experimental* da *Facultad de Agronomía* foi atingido, de maneira que seus alunos procuraram os do curso de arquitetura, na tentativa de encontrar soluções para o problema. Assim surgiu esse projeto, na intenção de recuperar a casa de estudantes do referido centro e a zona afetada, através da experimentação de técnicas construtivas alternativas, com materiais econômicos e tecnologias facilmente apropriáveis.

Segundo o *Proyecto Hornero* (2003), o mesmo foi realizado entre os anos de 2002 e 2006, buscando uma alternativa sustentável, que permitisse uma resposta arquitetônica em harmonia com o meio. O grupo pesquisou o tema de construção com terra e manejo sustentável de energia e recursos. Os objetivos gerais do projeto foram promover o conhecimento, o resgate e a transferência de técnicas construtivas mais sustentáveis, a geração de espírito crítico sobre a problemática da habitação rural, o trabalho interdisciplinar, participativo e autogerido, a reivindicação da construção com terra, como uma técnica saudável, econômica e sustentável, através da ação interativa entre aprendizagem e prática real, que permitisse a formação de um conhecimento permanente e útil. Dentre os objetivos específicos, estavam a construção de um protótipo de experimentação (casa de estudantes), transferência das técnicas ensaiadas, sistematização dos processos construtivos, monitoramento das técnicas ensaiadas e a publicação e difusão dessa experiência. O ante-projeto foi desenvolvido pelos estudantes de arquitetura, em conjunto com os estudantes da agronomia, que definiram o programa de necessidades, assessorados por professores da faculdade de arquitetura, como Rosário Etchebarne e Alejandro Ferrero. Já, a construção da edificação, de 270 m², iniciou em 2005 e foi realizada como forma de trabalho de campo, em grupos formados por alunos e comunidade.

O projeto contou com o apoio do *Consejo de la Facultad de Agronomía*, do *Consejo de la Facultad de Arquitectura*, da *Dirección del Centro Regional Sur*, da *Asociación de Estudiantes de Agronomía*, do *Centro de Estudiantes de Arquitectura* e da *Dirección General de Arquitectura* da *Universidad de la República*. A partir do ano 2004, e durante dois anos, o projeto foi financiado pelo *Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT)* e estruturou-se em quatro fases: pesquisa, construção do Protótipo Global de Experimentação – PGE, transferência para replicabilidade tecnológica e a sistematização de processos e resultados, além de monitoramento posterior. Tais fases eram independentes, sendo que, algumas, sobrepunham-se e se completavam mutuamente.

Além de terem sido realizadas várias apresentações do *Proyecto Hornero* ao público composto por estudantes, produtores rurais e políticos, ao final do mesmo, em 2006, foi feita uma publicação de resultados, em que é relatada a experiência.

6.1.3.7 *Plan de Cohesión Social y Desarrollo Territorial y Sustentable de la Cuenca del Arroyo Carrasco (PCC)*

O *Plan de Cohesión Social y Desarrollo Territorial y Sustentable de la Cuenca del Arroyo Carrasco*¹¹, promovido pelas prefeituras de Montevideu e Canelones, e financiada pela União Européia, com plano de execução de 2009 a 2011, dirige-se à área metropolitana, onde vive 56% da população do país. Nessa região, há uma grande contradição, que busca ser amenizada pelo projeto: um importante dinamismo econômico, que contrasta com a pobreza e a falta e precariedade de fontes de trabalho produtivo.

Segundo Acosta (2010-b), a UDELAR, por intermédio da *Facultad de Arquitectura*, que é sócia nesse projeto, para realizar oficinas metropolitanas de construção e *habitat*. A estratégia do programa baseia-se em três componentes: junto com o CETP (Consejo de Educación Técnico Profesional), foram propostas oficinas de bioconstrução, de alvenaria, saneamento e eletricidade aos moradores. No ano passado, foram ministradas oficinas teórico-práticas sobre a produção de painéis de pau-a-pique e BTC.

Ainda, segundo a autora, outro foco de trabalho são as moradias. A prática das oficinas é realizada em obras reais, em residências para famílias da região metropolitana. São construídas casas de BTC, de pau-a-pique e de madeira, projetadas pela *Facultad de Arquitectura* da UDELAR.

Já, o terceiro ponto refere-se a um centro de produção de componentes, de maneira que sejam capacitadas pessoas na região, que dêem seguimento nesse centro construído, à autogestão e autoconstrução de partes de suas casas, apoiados por técnicos especializados.

Cabe salientar, ainda, que o projeto não engloba apenas o aspecto construtivo, mas tende a desenvolver na região, o trabalho e a produtividade, o meio-ambiente, a educação, a gestão do território e, também, a saúde da população.

6.1.4 Especulações Sobre a Aceitação da Arquitetura em Terra no Uruguai

O Uruguai é um país que conserva e dá grande importância ao seu meio-ambiente, estando entre os países com melhores indicadores de sustentabilidade, reconhecido pelos múltiplos organismos internacionais, segundo o *Ministerio de Turismo y Deporte de Uruguay*¹² e, por essa razão, possui como *slogan "Uruguay, País Natural"*.

Dessa maneira, o vínculo com o meio-ambiente, freqüente em qualquer cidade do país, quer seja pelo contato com o mar ou com grandes áreas verdes imersas na zona urbana, faz com que o uruguaio tenha, desde os primórdios, um contato e cuidado muito grande com a natureza. Tal fato foi citado pelo entrevistado "Sabía", como possível motivador pela intensa aceitação e procura pela arquitetura de terra no país.

¹¹ http://www.montevideo.gub.uy/sites/default/files/articulo/pcc_presentacion.pdf

¹² www.uruguaynatural.com

Herzfeld e Placitelli (2003) salientam que a análise da necessidade dos clientes, normalmente, trata de elementos objetivos e tangíveis, como o número e tamanho das peças, ou o uso das mesmas. Entretanto, existem, ainda, necessidades ocultas, até mesmo para o próprio cliente, que é necessário detectar e conhecer. No caso das arquiteturas de terra, essas motivações podem constituir a verdadeira causa de escolher esse material, ao invés dos demais. A construção com terra, por toda a carga histórica e característica ecológica do material, exerce sobre as pessoas sentimentos profundos e especiais, que devem ser conhecidos. Normalmente, o desejo de construir uma residência vem associado a uma vontade de mudança de vida, quer seja por formação de família, mudança de emprego, etc. Entretanto, quando o cliente opta por erguer essa nova residência, em terra, há algo mais profundo envolvido, com um alto conteúdo espiritual, que não pode ser desprezado. Trata-se de um desejo de proximidade à natureza, uma volta às raízes e recuperação de coisas perdidas, que constituem um motor vital muito importante.

Ainda, segundo os autores, seus clientes podem ser divididos em duas categorias: daqueles que buscam um produto exclusivo, inovador e sob medida; e daqueles que simplesmente buscam uma solução de residência, decorada, agradável e de custo acessível. Os autores observam que, atualmente, é maior o número de clientes que se insere na primeira categoria, muito embora, os da segunda estejam crescendo.

O entrevistado de codinome “*João-de-Barro*”, por outro lado, observa que os clientes de menos recursos recorrem à arquitetura de terra, principalmente, devido à possibilidade de autoconstrução com assessoria técnica da UDELAR. Segundo o mesmo, a sustentabilidade no meio rural está vinculada à redescoberta daquilo que sempre existiu. Já, os clientes da classe média e alta, geralmente buscam na bioarquitetura a possibilidade de viverem de forma mais saudável.

De modo que, no Uruguai, os profissionais também têm diferentes perfis, sendo que esses se distinguem, não só quanto à técnica que utilizam, mas também quanto ao cliente que atraem. Alguns se encontram mais envolvidos com a causa social, utilizando a terra para prover melhor qualidade de moradia àqueles com poucos recursos financeiros; outros buscam envolver a classe alta, para quebrar certos paradigmas e preconceitos em relação à utilização de terra, enquanto material construtivo, demonstrando que é possível obter obras de grande qualidade técnica e de aspecto visual interessante.

6.2 A ARQUITETURA EM TERRA NO RIO GRANDE DO SUL

No Rio Grande do Sul podem ser encontradas muitas edificações erguidas em terra na época da colonização por portugueses, espanhóis, italianos e alemães. Também no Estado são encontradas diversas reservas indígenas, especialmente de origem Guarani, que não só utilizavam, como ainda utilizam a terra, enquanto material construtivo.

Em relação às construções indígenas, conforme Zanin (2006), a durabilidade das mesmas é relativa, devido ao estilo de vida dos proprietários, composto, entre outros fatores, de princípios como mobilidade, desapego material e enaltecimento do espírito (ao evitar guerras e assim enaltecer o espírito, é necessário grande desapego, que conduz ao abandono da situação mais ou menos estável em que estavam), de forma que nem sempre é necessária a durabilidade da residência. Assim, frequentemente as casas são desmanchadas ou abandonadas, por motivo de mudanças ou necessidade de muitos reparos, oriundos da degradação dos materiais que as compõem. A autora destaca, ainda, que o domínio da técnica de revestimento com barro faz parte do saber construtivo *Mbyá* (assim é denominado um dos subgrupos da etnia Guarani), passado de geração para geração, de forma que a utilização da mesma reflete um conhecimento tradicional dos indígenas, atemporal, devido às vantagens que apresenta.

Ainda, segundo Zanin (2006), a técnica utilizada pelos indígenas, normalmente, é a de pau-a-pique, sendo que a aderência do barro à estrutura de troncos varia conforme o material utilizado: em troncos de *pindó*, o revestimento de barro adere melhor, devido a fibras e porosidade do material, chegando a durar dez anos; entretanto, se utilizadas taquaras, o desempenho cai de forma considerável, descolando e fragmentando-se em menos tempo. Assim, na Figura 34a, observa-se na *Tekoa Koenju* (em Guarani, *Tekoa* = lugar onde se vive; *Koenju* = amanhecer), em São Miguel das Missões, que o revestimento, feito sobre taquaras, há cinco anos, já descolou; já, na Figura 34b, a antiga *Opy* (que, em Guarani, significa casa de rezas) da Lomba do Pinheiro – *Anhetenguá* (que significa verdadeiro, em Guarani), em Porto Alegre, revestida sobre troncos roliços, apresenta revestimento quase intacto, com retrações de secagem, mas poucos vazios.

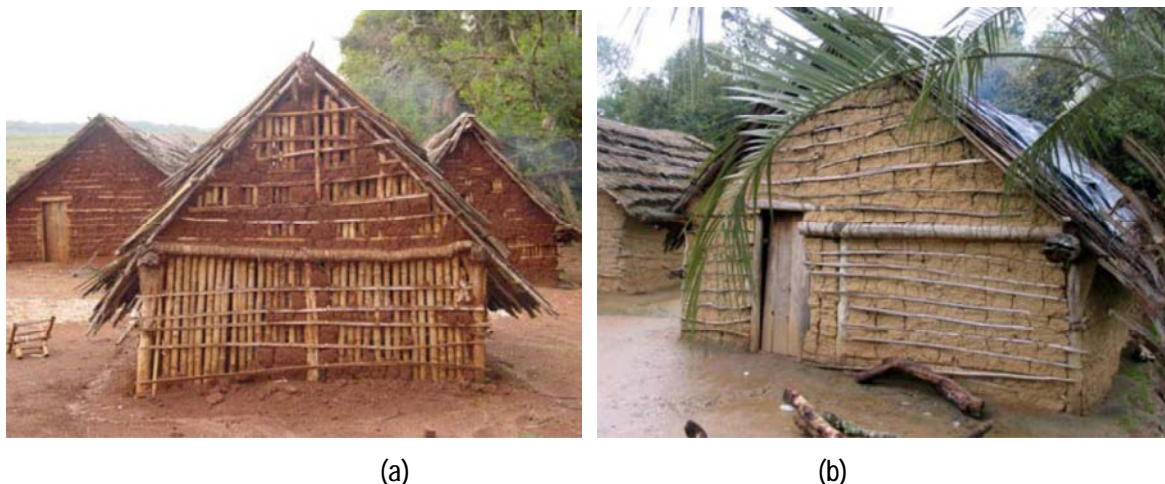


Figura 34: (a) revestimento deteriorado – *Tekoa Koenju*, em São Miguel das Missões; (b) revestimento conservado – *Tekoa Anhetenguá*, em Porto Alegre. Fonte: 34a – Naira Zanin; 34b – Vivian Ecker.

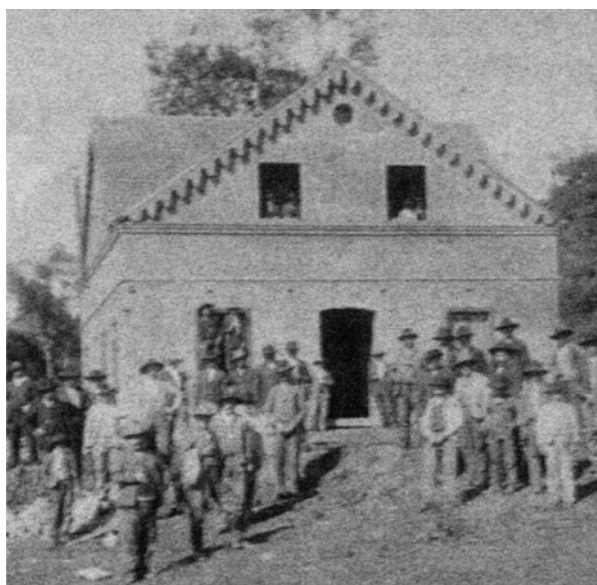
Conforme mencionado e como pode ser observado nas imagens acima, as edificações dos indígenas, por possuírem caráter efêmero, são igualmente precárias. Tal fato também é justificado pela falta de assessoria

técnica para a construção de tais edificações, já que o saber construtivo dos índios é baseado nos costumes passados de geração para geração.

Por outro lado, também são bastante conhecidas, no Rio Grande do Sul, as edificações erguidas por imigrantes italianos e alemães. No primeiro caso, as edificações geralmente eram compostas de dois pavimentos, sendo o térreo edificado em pedras e, o segundo pavimento, em madeira. Ainda assim, era freqüente a utilização de tijolos artesanais, feitos com barro, mas são poucos os exemplares que resistiram à modernização, que fez com que muitas edificações fossem demolidas ou “acidentalmente” consumidas pelo fogo. Dentre as estruturas que resistiram ao tempo e à urbanização acelerada, pode-se destacar, na Figura 35a, o Museu Ambiente Casa de Pedra, situado em Caxias do Sul e instalado em uma antiga casa construída no século XIX, por Giuseppe Lucchesi, integralmente com pedras rústicas de basalto, assentadas e rejuntadas com barro, esquadrias de *pinho* e janelas afixadas em tijolos artesanais; e, na Figura 35b, a Cooperativa de Laticínios Trabalho e Progresso, situada em Cotiporã, também na Serra Gaúcha e fundada em 1907, sendo o prédio todo edificado com tijolos artesanais, rejuntados com barro.



(a)



(b)

Figura 35: (a) Museu Ambiente Casa de Pedra, em Caxias do Sul; (b) Cooperativa de Laticínios Trabalho e Progresso, toda edificada em tijolos artesanais, rejuntados com barro. Fonte: 35a – Amador Pahim; 35b – Secretaria do Turismo, Cotiporã.

Os imigrantes alemães, em contrapartida, destacaram-se pela adoção do estilo enxaimel, composto por um entramado de madeira, apoiado em estrutura de pedra que, a seguir, é preenchida com barro. Segundo Weimer (2005), o tramado, inicialmente feito de madeiras verticais e horizontais, assentado sobre pedras, fez diminuir o apodrecimento da madeira, que antes era cravada diretamente no solo. Entretanto, o sistema perdia em rigidez, o que foi solucionado com a descoberta de que peças inclinadas e encaixadas nos tramos conferiam à estrutura a rigidez original.

Destaca-se o caráter altamente ecológico de tal estilo construtivo, pois nem mesmo pregos eram utilizados, as peças de madeira eram cortadas de maneira a originar encaixes, que serviriam para uni-las. Ainda, ao realizar paredes de considerável espessura, o conforto térmico de tais edificações era garantido, tanto em estações quentes, quanto no característico inverno gaúcho. A seguir, na Figura 36a, encontra-se exemplar típico da estrutura enxaimel, existente no Bairro Teutônia, em Teutônia; na Figura 36b, a edificação em estilo enxaimel apresentada serviu de cenário para gravações do filme “A Paixão de Jacobina”, sendo situada na Linha Frank, interior do mesmo município, na região central do Rio Grande do Sul.



(a)

(b)

Figura 36: (a) edificação em estilo enxaimel, de propriedade dos sucessores de Edmar Lüersen, em Teutônia; (b) Sítio Withölder, Linha Frank, Teutônia, também em estilo enxaimel.

Ainda, segundo Weimer (2005), as técnicas de preenchimento da estrutura de madeira, feitas com barro, eram diferenciadas: na taipa de sopapo, eram trançados, horizontalmente, alguns galhos finos entre os estais verticais e, sobre esse tramado, o barro era lançado, depois de devidamente amassado e misturado com fibras vegetais ou animais. Para que o barro se fixasse bem dentro dos tramados, era lançado ao mesmo tempo pelos dois lados da parede; quando utilizados estais horizontais de barro, os mesmos eram enrolados nas fibras impregnadas de barro e, a seguir, os cilindros eram batidos e encaixados em ranhuras verticais das peças estruturais do enxaimel; na taipa de pilão, a forma de fixação consistia em empregar sarrafos, na parte interna do tramo a ser vedado, permitindo socar a mistura de barro e palha, até as proximidades da peça superior do tramo; se utilizado pão-de-barro ou *cob*, ocorria a preparação de cilindros de barro, devidamente amassados (com os pés), no tamanho aproximado de um tijolo e na forma de pão francês. Colocados sobre um tabuleiro, eram levados até o canteiro, onde eram assentados, segundo a forma tradicional do tijolo. Como os “pães” eram comprimidos uns contra os outros, não havia necessidade de argamassa.

Dessa forma, atenta-se para o fato de que, tanto indígenas quanto colonizadores do Rio Grande do Sul, eram exímios bioconstrutores, conhecendo e executando edificações em terra, sendo que algumas permanecem ocupadas até hoje, o que mais uma vez evidencia a viabilidade de se construir com terra, em uma localidade que possui as características climáticas e geomorfológicas do referido Estado.

Ainda, em Aceguá, na fronteira do Estado com o Uruguai, próximo a Bagé, no Pampa gaúcho, segundo Morgado e Costa (2007), as características condicionantes locais moldaram a técnica construtiva, tanto para a população autóctone ali existente, quanto para os colonizadores ibéricos. Nessas condições, a manufatura da habitação passou a adotar torrões de leiva, enquanto componente construtivo, criando ferramentas que condicionavam a matéria-prima e a edificação, criando padrões variáveis da técnica, empilhando pedras, leivas de terra e palha, até desenvolver a pá de corte, com raízes e folhas de vegetação nativa e rasteira. De acordo com os autores,

“a técnica de construção dos ranchos, trazida pelos primeiros imigrantes europeus da Península Ibérica (notadamente portugueses e espanhóis), misturou-se ao conhecimento dos povos indígenas (charruas, guenoas e minuanos) e adaptou-se ao clima e à cultura local. Sua expansão na região atravessou o Uruguai e veio para a fronteira com o Brasil” (MORGADO e COSTA, 2007).

Na Figura 37, apresentam-se imagens dos ranchos de torrão encontrados em Aceguá, no Pampa, destacando-se a proximidade entre os mesmos, viabilizando uma funcionalidade do dia-a-dia, ao mesmo tempo em que dialoga com a restrição técnica do rancho, a planta retangular, com pequeno vão livre e paredes de grande espessura.



Figura 37: ranchos de torrão em Aceguá, região fronteira com o Uruguai. Fonte: Morgado e Costa (2003).

Existem ranchos, em comunidades de Aceguá, construídos mais recentemente, há cerca de 35 anos que, considerando o fato de que foram edificadas baseadas apenas no saber popular, encontram-se em relativo bom estado de conservação. Destaca-se o fato de que é o telhado de Capim Santa Fé, ali chamado de *quincha*, a parte que mais exige reparos e, pelo fato de o beiral ser curto, as paredes, de 60 a 80 cm de espessura, sofrem bastante com a ação das chuvas, mas garantem um excelente desempenho térmico.

Entretanto, as comunidades de Aceguá são, praticamente, um exemplo isolado aqui no Rio Grande do Sul, uma vez que, assim como ocorreu na maioria dos países que empregavam a terra em sua solução arquitetônica, também aqui a tradição foi enfraquecida pelo advento dos materiais modernos, que fez com que as pessoas preferissem a terra e com que se enfraquecesse o conhecimento até então adquirido.

6.2.1 Principais Edificações Atuais em Terra no Rio Grande do Sul

Muito recentemente, algum esforço vem sendo feito, no Rio Grande do Sul, para reinserir na cultura popular a tradição de construir utilizando a terra enquanto principal componente construtivo. Nesse sentido, algumas edificações têm surgido a partir da iniciativa de profissionais que, aos poucos, passam a se especializar na técnica e clientes que buscam um modo de vida mais saudável, através de construções que beneficiem o meio-ambiente.

Em Sentinela do Sul, por exemplo, numa propriedade rural produtora de arroz biodinâmico, foram utilizados materiais naturais para a construção de uma edificação em fardos de palha, com rebocos e paredes internas de terra.

Segundo Bohadana (2007), em abril de 2005, foi estabelecida uma parceria entre a fazenda Capão Alto das Criúvas e o Laboratório de Construções Experimentais (FEB) da Universidade de Kassel (UniK), da Alemanha, por intermédio do professor Gernot Minke e de seu doutorando Márcio D'Ávila, para a construção de um protótipo de baixo custo na fazenda, com a utilização de materiais locais, como a palha de arroz. A autora afirma que a edificação foi projetada por Minke e D'Ávila para a autoconstrução e teve sua execução predominantemente efetuada em cursos de bioconstrução, sendo o primeiro ministrado pelos projetistas e, o segundo, pela arquiteta uruguaia Kareen Herzfeld. Na Figura 38a, visualiza-se a edificação durante seu período de execução, onde se observa a execução das paredes, em fardos de palha de arroz e o telhado verde, enquanto que, na Figura 38b, observa-se a edificação rebocada com barro, já concluída.



Figura 38: (a) construção de protótipo de fardos de palha, na Fazenda Capão Alto das Criúvas; (b) protótipo concluído. Fonte: 38a e 38b – Ingrid Pontes Barata Bohadana.

As paredes divisórias internas foram edificadas com tijolos de adobe assentados com argamassa de barro, ao passo que os revestimentos externos foram feitos com argamassa de solo, cimento e cal, ou argamassa de solo e esterco de gado e, os internos, com terra e areia fina ou com terra e palha.

Mais uma vez, salienta-se a importância do apoio de uma instituição de ensino, aqui a Universidade de Kassel, que arcou com grande parte das despesas que envolveram a construção do protótipo, permitiu a vinda de profissionais experientes na utilização da terra enquanto material construtivo e proporcionou uma adequada transferência tecnológica aos interessados.

O Laboratório de Construções Experimentais (FEB) da Universidade de Kassel (UniK), também através do professor Gernot Minke, realizou ainda outras edificações em terra aqui no Rio Grande do Sul, situadas em Picada Café, no Centro Integria.

O Integria é um centro de aprendizado vivencial, para o desenvolvimento saudável e sustentável do ser humano, inspirado na permacultura e em valores da psicologia humanista e transpessoal. Ou seja, trata-se de um local para receber indivíduos ou grupos, interessados em desenvolver *workshops*, além de funcionar como local de descanso, com alimentação natural utilizando produtos do local e da região, meditação, yoga e massagem.

Segundo Daudt (2006), no Integria foram construídos dois projetos com utilização da terra pelo professor Dr. Gernot Minke: o primeiro, uma cúpula de adobes; o segundo, três cabanas conjugadas de terra, com interior de pau-a-pique e utilização de manguieiras nas paredes dos banheiros.

A cúpula de adobes, de 63,62m² (9m de diâmetro e 6m de altura), teve sua construção iniciada em outubro de 2004, utilizando técnica de adobe, piso de terra e telhado verde. O processo de edificação da cúpula envolveu dois cursos teórico-práticos com Minke, sendo concluído em abril de 2005, durante o último curso.

A seguir, na Figura 39, apresentam-se imagens de etapas construtivas e do interior da referida cúpula de adobes produzida no Integria, com adobes feitos à mão com material da região, abertura zenital oferecendo iluminação natural e ventilação, cobertura verde e temperatura interna praticamente constante durante o ano.



Figura 39: construção da cúpula de adobes do Centro de Vivências Integria, em Picada Café e visualização interna em direção à zenital. Fonte: Integria.

A fim de garantir o correto assentamento dos tijolos de adobe, foi trazido da Alemanha um compasso gigante, atualmente estocado no Centro de Vivências. Assim, garantiu-se a marcação do raio exato e a curvatura particularmente calculada para estabilizar a estrutura e garantir uma excelente acústica, exacerbada pela

produção dos mais de 9500 tijolos de adobes desenhados especificamente para esse tipo de construção, em que o bom efeito acústico e distribuição adequada do som são de grande importância.

Durante a etapa de conclusão da cúpula, iniciou-se a construção das cabanas, destinadas a servir de hospedagem, com cobertura em forma de abóbodas, também com técnica de autoconstrução em adobes. Na Figura 40, visualizam-se as três cabanas conjugadas, inacabadas.



Figura 40: cabanas conjugadas, em forma de abóbodas, edificadas em adobe e com tratamento de mangueiras de terra no interior.

Quanto ao interior das cabanas, o mesmo recebeu tratamento um ano depois, em 2006, no retorno do professor Minke ao Brasil, para concluir a construção e ministrar novos cursos, dessa vez utilizando mangueiras de terra e pau-a-pique em divisórias internas. Cabe salientar que, enquanto o professor esteve ausente, a finalização externa das cabanas foi feita por pedreiros locais, orientados por arquitetas brasileiras e pelo mestre de obras, participantes dos cursos anteriores.

Infelizmente, após a conclusão de tais obras no Centro Integria, necessitava-se que continuasse havendo um acompanhamento das mesmas, a fim de realizar manutenções. Durante o processo construtivo das cabanas, houve um choque com uma das máquinas na face superior de uma das abóbodas, fazendo com que essa fosse entrando em colapso, aos poucos, até desmoronar por completo. Entretanto, as demais cabanas, permanecem intactas e em fase de acabamento. Em relação à cúpula de adobes, lamentavelmente, apesar de estar revestida com manta asfáltica, sofreu com problemas de umidade e, estando em contato com o solo, também recebendo umidade e empuxo do mesmo, ocorreu que essa também ruiu, cinco anos após ter sido concluída. O fato de que o professor Minke não pudesse acompanhar a realização da técnica em tempo integral, apenas estando em contato com a mesma durante uma semana de cada curso, e também por ser a primeira experiência com utilização de cúpulas e abóbodas de barro em clima subtropical, possivelmente desencadeou tal tragédia. Percebe-se, assim, o ainda incipiente conhecimento de técnicas de construção em terra aqui no Rio Grande do Sul, especialmente quando para adoção de estruturas mais ousadas, tais como cúpulas e abóbodas.

Por outro lado, nota-se o surgimento de grupos de profissionais interessados em aperfeiçoar e desenvolver técnicas de construção em terra aqui no Estado, como o grupo CasaTierra, que atua com ações fundamentadas em agroecologia, permacultura, arte e conhecimentos livres através do diálogo comunitário, mobilização, bioconstrução e práticas de mutirão e artísticas. Esse grupo age em parceria com movimentos sociais, Organizações Não-Governamentais (ONGs) e cooperativas que compartilham matizes de pensamento revolucionário na América Latina.

O referido grupo, ao atuar com construções em terra, realizou uma série de projetos, dentre eles, o Projeto Arte Bioconstruída, no Quilombo do Sopapo, em Porto Alegre, com criação de um espaço de cinema ao ar livre, contemplando forno de barro, mosaico, ajardinamento e pintura com tintas naturais; Casa Nat - sede do Núcleo Amigos da Terra/Brasil, com técnicas de bioconstrução, em Porto Alegre; casa de rancho de torrão em Herval; mutirão de criação em bioconstrução de diversas estruturas no Camping e Pousada Recanto da Mata em Maquiné; e projeto e execução da Biblioteca Roseli Nunes, com telhado verde, no Instituto Preservar, do Centro de Formação Sepé Tiaraju, em Viamão.

Já, no Recanto da Mata, em Maquiné, observa-se que os proprietários desse local, que funciona como pousada e camping, não são técnicos especializados ou profissionais de engenharia ou arquitetura, mas sim, simpatizantes da utilização de estratégias que contribuem para a redução de impactos ambientais através de métodos construtivos saudáveis, atuando, assim, de forma autodidata, sendo que, para a criação de suas primeiras estruturas, buscaram auxílio de instrutores do grupo CasaTierra.

Assim, desde 1999, o casal proprietário do Recanto da Mata cria estruturas de baixo impacto ambiental, como sanitário compostável, telhado verde, captação de água da chuva, aquecimento de água por serpentina, iluminação por sistema de vidros-vela, hortas orgânicas, pequenos lagos de tratamento de água servida, biodigestor, paisagismo ecológico e sistemas agroflorestais, além de estar iniciando a adotar técnicas de construção com terra, tendo aplicado, até o momento, principalmente rebocos de barro a estruturas pré-existentes. Além disso, o sítio funciona como uma espécie de educador ambiental, uma vez que, desde 2003, recebe pessoas de diversas partes do mundo interessadas em tomar consciência da problemática ambiental, promovendo o desenvolvimento sustentável do turismo local e comprovando, através da prática, a viabilidade de atuar de forma ambientalmente responsável.

Por outro lado, em regiões do Pampa Gaúcho, outras iniciativas relativas a edificações bioconstruídas vêm acontecendo, a exemplo do que acontecia em tempos passados, como nas já mencionadas comunidades de Aceguá. Trata-se de um projeto concretizado recentemente, na cidade de Herval, em que duas de seis famílias beneficiárias do assentamento rural de reforma agrária Vista Alegre/Tamoios, interessadas em viver e habitar de forma integrada com o meio-ambiente, exigiram que os recursos destinados à construção de suas casas fossem re-direcionados a projetos de bioconstrução.

Segundo Prudente *et. al.* (2009), tal processo ocorreu com recursos do Programa de Habitação Social Rural do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) em convênio com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, através do Núcleo de Estudos em Assentamentos Humanos (NUC), da Faculdade de Arquitetura. Nessa experiência, chamada de Projeto Mutirão, foram conciliadas técnicas típicas da região – resgatando os ranchos de torrão de leiva de grama – e técnicas atuais mais ecológicas.

Nota-se que, embora o convênio UFRGS/INCRA tenha desenvolvido uma série de projetos “convencionais” para habitações em assentamentos, essa foi a primeira vez que o trabalho envolveu projetos de bioconstrução, mesmo sem que as instituições envolvidas (INCRA/UFRGS) tivessem referências desse tipo de solução construtiva. Assim, inicialmente, o projeto envolveu pesquisa sobre tecnologias existentes na região e/ou conhecidas pelos usuários. De acordo com Prudente *et.al.* (2009), algumas pessoas já possuíam algum conhecimento de bioconstrução, por haverem participado de cursos de bioconstrução no IPEP e também por terem auxiliado na edificação de uma habitação desse tipo no próprio assentamento, em superadobe. Em contrapartida, as pesquisas direcionaram o projeto para as construções tradicionalmente utilizadas na região, chamadas de “ranchos”, as quais adotam torrões (blocos de leiva de grama) para as paredes e capim santa-fé para a cobertura. Na Figura 41, a seguir, apresenta-se a construção em superadobe, pré-existente no assentamento, um rancho típico da região e de torrões de leiva retirados em um dos lotes dos beneficiários.



Figura 41: casa em superadobe, rancho tradicional da região e torrão de leiva de grama local. Fonte: PRUDENTE *et. al.* (2009).

Entretanto, segundo Prudente *et. al.* (2009), foram realizadas algumas modificações em relação ao projeto inicial, principalmente, em relação ao tipo de técnica de construção em terra adotado na parede. Decidiram fazer as paredes internas em pau-a-pique com taipa de mão, de maneira que foram testadas diferentes proporções de barro, água e areia, experimentados em partes da casa, até que se chegasse à medida adequada ao tipo de solo local. Devido à falta de assistência técnica em campo e aos conhecimentos adquiridos com a prática e as informações à distância, decidiu-se utilizar nas paredes externas a mesma técnica, abrindo mão das paredes de torrão de leiva de grama projetadas inicialmente.

Na mesma região dos ranchos recém mencionados das cidades de Herval e de Aceguá, está sediado o Instituto de Permacultura e Ecovilas da Pampa (IPEP)¹³, na cidade de Bagé. Tal instituição tem como finalidade promover cursos de bioconstrução e permacultura, divulgando tais conceitos através de oficinas teórico-práticas desenvolvidas no local. Também em Itapuã, distrito de Viamão, situada a 60 Km de Porto Alegre, o mesmo tipo de entidade é encontrada, sendo que aqui denomina-se Instituto de Permacultura e Ecovilas do Rio Grande do Sul (IPERS)¹⁴. Dessa forma, se tratam de instituições que contribuem para a formulação de iniciativas que tendem a informar a população também a respeito da utilização de terra enquanto material construtivo, sendo que, entretanto, até o presente momento, essas ações têm sido de caráter sobretudo local e esporádico.

No presente estudo, além das instituições recém mencionadas – IPEP e IPERS, foram localizados apenas quatro profissionais atuantes no meio das bioconstruções com terra, para os quais foram destinados questionários, reforçados por meio de chamada telefônica. Entretanto, apenas um dos profissionais, aqui referenciado pelo codinome “Rabo-de-palha”, respondeu o questionário enviado. No Quadro 09, a seguir, encontram-se as obras atualmente construídas com utilização de terra pelo construtor de codinome “Rabo-de-palha”.




Quadro 09: edificações erguidas com utilização de terra pelo construtor de codinome “Rabo-de-palha”.

EDIFICAÇÕES EM TERRA NO RS – “Rabo-de-palha”

<p>“Rabo-de-palha” RESIDÊNCIA FERNANDO & KARIN Zona Ackermann, Nova Petrópolis</p>		<p>Caracterização da obra:</p>
	<p>Fonte: Karin H. Brakemeier</p>	<p>Uso: residencial Construção: agosto/2005 a maio/2007 Área: 198,35m² Financiamento: proprietário</p>
		<p>Especificações Técnicas:</p>
		<p>Técnica: tijolo queimado e argamassa de barro, sendo a estrutura com madeira, em enxaimel, e os rebocos, com barro.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): tijolo queimado de demolição (0,06 x 0,14 x 0,26).</p> <p>Origem: barro para argamassa, madeira para recuperação estrutural (canjerana) e pedras do próprio terreno; <i>Pinus elliotis</i>, para forro, oriundo da Serra Gaúcha.</p>

¹³ Instituto de Permacultura e Ecovilas da Pampa – IPEP, em Bagé: www.ipep.org.br

¹⁴ Instituto de Permacultura e Ecovilas do Rio Grande do Sul - IPERS, em Itapuã – Viamão: www.permacultura-rs.org.br

	 <p>Fonte: Karin H. Brakemeier</p> <p><i>Considerações do cliente: "de maneira geral, a casa é ótima" (Rabo-de-Palha).</i></p> <p>Grau de satisfação do cliente = 4 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>	<p>Observações: residência reformada sem qualquer utilização de energia elétrica, com adoção de ferramentas manuais. A casa apresenta, segundo informações do cliente, possui bom desempenho térmico no porão (de pedra, semi-enterrado) e no térreo (tijolo assentado com barro), sendo quente no sótão (isolada com isopor).</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">"Rabo-de-palha" RESIDÊNCIA FERNANDO & KARIN Recanto do Sossego, Nova Petrópolis</p>	 <p>Fonte: Karin H. Brakemeier</p>  <p>Fonte: Juliana Moehlecke</p> <p><i>Considerações do cliente: "o cliente está muito satisfeito com a obra. Acompanha seu andamento com interesse e gosta de decisões fundamentadas" (Rabo-de-Palha).</i></p> <p>Grau de satisfação do cliente = 4, até o momento. (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</p>	<p>Caracterização da obra:</p> <p>Uso: residencial Construção: agosto/2008, em andamento Área: 467,87m² Financiamento: proprietário</p> <p>Especificações Técnicas:</p> <p>Técnica: tijolo queimado e argamassa de barro, sendo a estrutura com madeira, em enxaimel e os rebocos, com barro.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): tijolo maciço queimado (0,06x0,12x0,23) e tijolo maciço queimado de demolição (0,065x0,12x0,25);</p> <p>Origem: tijolo e barro para argamassa – Feliz (30km da obra); tijolo demolição - São Paulo/ SP (1.000km da obra), pedras de roça do porão - região (10km); madeira de demolição (peroba rosa, cedro, maçaranduba, ipê) – São Paulo/ SP (1.000km da obra), forro de eucalipto de Nova Petrópolis (20km da obra).</p> <p>Traço: argamassa assentamento - 1 barro com esterco : 2 areia média : 1 areia grossa.</p>

<p>"Rabo-de-palha" EDIF. COM. MARISA DRESCHLER e ALCIDO DILKIN Linha Brasil, Nova Petrópolis</p>		<p>Caracterização da obra:</p>
	<p>Uso: comercial (cachaçaria) Construção: janeiro a novembro de 2006 Área: 98,58m² Financiamento: proprietário</p>	<p>Especificações Técnicas:</p>
<p>Fonte das imagens: Karin H. Brakemeier <i>Considerações do cliente: "Sei que trocariam tranqüilamente sua casa de madeira antiga, em que moram, para morar nesta, tamanho seu conforto e seu charme." (Rabo-de-Palha). Grau de satisfação do cliente = 5 (1=insatisfeito; 5=muito satisfeito)</i></p>	<p>Técnica: tijolo queimado e argamassa de barro, sendo a estrutura com madeira, em enxaimel e os rebocos, com barro.</p> <p>MATERIAIS:</p> <p>Dimensões (m): tijolo queimado de demolição (0,06 x 0,14 x 0,26);</p> <p>Origem: barro para argamassa de assentamento - do próprio terreno (corte para acomodação da edificação), pedras de fundação: basalto - oriundo da região.</p> <p>Observações: é uma casa antiga, enxaimel, recuperada e reconstruída, à exceção das fundações, com todos os elementos estruturais e de vedação externa originais e adequações internas parcialmente novas.</p>	

Como principal característica das obras do profissional tratado pelo codinome "*Rabo-de-palha*", está a reinterpretação do estilo enxaimel, de origem alemã, bastante presente em distintas regiões do Estado gaúcho. Observa-se a preocupação com a adoção de estratégias ecológicas, através da minimização da necessidade de energia e utilização da argamassa feita com barro, reduzindo, assim, a necessidade de cimento e, além disso, a utilização de pedras e tijolos de demolição reaproveitados.

O referido profissional trabalha não só com construções, mas também com reformas e restauros de casas antigas construídas com barro, como é o caso da sua primeira e terceira obras, apresentadas neste estudo. Ou seja, a residência de Fernando e Karin e a cachaçaria eram casas antigas, em estilo enxaimel, recuperadas e parcialmente reconstruídas, com todos os elementos estruturais e de vedação externa originais, sendo feitas, apenas internamente, novas intervenções.

No primeiro caso, que corresponde à própria residência da autora, a mesma destaca o desempenho dessa, mencionando que os rebocos e o piso de barro do porão mereceriam maior investigação, por serem frágeis; e que, as esquadrias, por serem reaproveitadas, têm vedação complementar em espuma, não evitando a queda da temperatura interna durante o inverno. Em contraponto, o formato das aberturas, estreitas e altas, permite uma excelente iluminação e, a posição das mesmas, favorece a ocorrência de ventilação cruzada.

Já, no terceiro, uma vez que os clientes externaram satisfação com a aparência resultante dos tijolos, com a argamassa de assentamento de barro, foi suprimida, a pedido dos mesmos, a utilização de rebocos ou de hidrofugantes. Dessa maneira, observa-se que, com o passar do tempo, provavelmente ocorrerá o desgaste das juntas, já que a proteção de estruturas, feitas em terra, em relação à ação da água é fundamental, mas que poderão ser refeitas, devido à facilidade de se trabalhar com o barro.

Por outro lado, em relação à segunda obra, embora sejam utilizados tijolos de demolição, os mesmos são provenientes de São Paulo, ficando a uma distância de 1000 Km da obra, o que põe em dúvida os benefícios de sua utilização, do ponto de vista ecológico já que, embora haja reaproveitamento de material construtivo, o mesmo viaja uma distância enorme, consumindo combustível e liberando gases danosos ao ambiente. Por outro lado, ao seguir adotando o estilo enxaimel, valoriza-se a técnica adotada pelos colonizadores que originaram a região, o que é reforçado ao adotar argamassa de assentamento e rebocos de barro, como era feito no passado, reduzindo os impactos ambientais decorrentes da atividade construtiva.

Segundo o profissional de codinome *"Rabo-de-palha"*, os entraves à utilização de terra em construções no Rio Grande do Sul devem-se *"à falta de conhecimento da técnica e de seus benefícios, por profissionais (e a falta de persistência para com o cliente), ao preconceito de profissionais executores, e ao forte lobby do cimento. O barro ainda é associado a construções com cara de "bicho-grilo", e isto deve ser mudado. Há exemplos suficientes para isso no mundo, mas o preconceito do usuário / cliente e a falta de convicção / segurança do arquiteto acabam adiando esta mudança de hábito"*. O construtor destaca, ainda, a necessidade de o profissional ter sua própria casa construída com as técnicas que pretende desenvolver, a fim de divulgar esse trabalho e aumentar a percepção das pessoas, para que as mesmas conheçam outras vantagens, além dos benefícios térmicos e econômicos, normalmente vinculados a esse tipo de solução.

6.2.2 Técnicas Construtivas em Terra Adotadas

Embora as construções em terra atualmente erguidas no Rio Grande do Sul, sejam relativamente escassas, as técnicas construtivas adotadas nas mesmas não são muito distintas e variadas. No item a seguir, serão abordadas tais técnicas, no contexto gaúcho, a fim de que as mesmas, após associadas ao modo de produção uruguaio, originem diretrizes norteadoras para atuais e futuros bioconstrutores gaúchos.

6.2.2.1 Tijolos de adobe

As características dos tijolos de adobe produzidos no Rio Grande do Sul variam em função, principalmente, das características do solo de cada região. Assim, requerem a execução de ensaios de campo, ou de laboratório, para a sua caracterização, seguidos da mistura dos demais componentes: terra, areia e água, adicionando-se estabilizadores, quando necessário. A seguir, é realizado o amassamento da mescla, que pode ser feito pelos próprios pés dos construtores, garantindo a coesão da mescla, com as partículas de argila interagindo com a areia e água, modificando e qualificando o material. Geralmente, são feitas correções das mesclas, durante o

processo de fabricação, conforme resultados obtidos e mudanças nas condições climáticas ou de mão-de-obra, que acarretem alterações na forma de preparo e no tempo de amassamento.

Após preparada a mescla, o barro é arremessado em fôrmas. Segundo Daudt (2006), a fôrma pode variar de tamanho e características, segundo uso e costumes locais. Quando pequenas, facilitam o manuseio, mas a construção será mais lenta e necessitará de mais argamassa. Já, quando grandes, produzirão paredes mais sólidas e rápidas de construir, mas serão mais pesados e lentos para secar, além de tenderem a fissurar com mais facilidade. Após a desforma, os tijolos são postos para secar, à sombra, protegidos do vento e da chuva, estando prontos para serem utilizados dentro de uma a três semanas.

Nas atividades realizadas no Integria, foram utilizados dois tipos de fôrmas, de maneira a originar tijolos com propriedades diferenciadas. No caso da cúpula, onde a sua acústica seria de fundamental importância, foi utilizada uma fôrma metálica, semelhante à Figura 42, de 14x30x10cm, com formato arredondado, em uma das pontas, para garantir um bom desempenho acústico, e com protuberâncias que originam três furos no tijolo, melhorando o seu desempenho térmico.



Figura 42: fôrmas metálicas e tijolos resultantes, com propriedades termo-acústicas, utilizados na cúpula do Integria. Fonte: Minke (2008) e Integria.

Já, nas cabanas destinadas à hospedagem, foram utilizadas, conforme demonstrado na Figura 43, fôrmas de madeira, de formato retangular, de 12x15x10 cm. Esses tijolos foram mais difíceis de serem desenformados, já que a fôrma de madeira é mais rugosa que a metálica.



Figura 43: fôrmas de madeira e tijolos de adobe resultantes, aplicados na construção de cabanas, no Integria. Fonte: Daudt (2006).

Na Fazenda Capão Alto das Criúvas, também sob supervisão do professor Minke, onde foram produzidos adobes para as divisórias internas, foi adotado um terceiro tipo de fôrma, ou seja, metálica dupla, permitindo a produção de dois tijolos por fôrma, como pode ser observado na Figura 44.



Figura 44: fôrmas metálicas duplas, também aplicadas na Fazenda Capão Alto das Criúvas. Fonte: Daudt (2006).

Embora tal fôrma tenha permitido uma maior produção, no momento da desforma, devido a um maior peso resultante, isto dificultou a sua execução por mão-de-obra feminina.

De acordo com Daudt (2006), nas construções do Integria e da Fazenda, verificou-se que a falta de prática para a produção dos adobes fez com que esta fosse mais lenta do que costuma ser. Assim, as pessoas que mais produziram foram aquelas que já possuíam experiência, constituindo mão-de-obra da construção civil, sendo os leigos mais lentos. Entretanto, com o passar da primeira semana de treinamento, foi verificado que a produção aumentou consideravelmente.

6.2.2.2 Pau-a-pique

No Centro Integria, em Picada Café, foram adotadas estruturas de pau-a-pique nas divisórias internas da edificação destinada à hospedagem. Para verificar a qualidade da terra empregada, foram realizados testes de campo, como os mencionados no capítulo 4 e, a seguir, foi confeccionada a mescla, que foi aplicada,

posteriormente, sobre elementos de madeira e de bambu, combinados com galhos delgados tramados, como pode ser visualizado na Figura 45.



Figura 45: aplicação de terra sobre estrutura em pau-a-pique, combinando bambu e galhos tramados. Fonte: Integria.

A mescla utilizada para tais paredes em pau-a-pique envolveu, ainda, sua estabilização com esterco, para evitar a ocorrência de fissuras de retração e para aumentar a aderência da mesma aos elementos de madeira. Ao mesmo tempo em que tal técnica teve certa facilidade de execução, uma vez que é feita por duas pessoas atuando simultaneamente, em lado opostos da parede, pressionando a mescla contra a estrutura, de maneira a absorver a pressão oposta, preenchendo os vazios e recheando a trama, a mesma exige cuidados especiais para evitar deformações na parede.

Também os ranchos em Herval, cujas paredes foram inicialmente projetadas para serem executadas com torrões de leiva de grama, acabaram por envolver as técnicas de pau-a-pique.

6.2.2.3 Construção com mangueiras

A técnica de construção com utilização de mangueiras de terra foi desenvolvida pela Universidade de Kassel, na Alemanha, em 1992 e, segundo Minke (2008), a mesma compreende a utilização de uma mangueira elástica de algodão, preenchida manual ou mecanicamente, com uma mistura de barro e algum mineral.

No Rio Grande do Sul, a técnica de mangueiras tem aplicação restrita, restringindo-se aos produtos resultantes dos cursos do professor Minke, realizados no Centro Integria, em Picada Café. Nessa ocasião, as referidas mangueiras foram preenchidas manualmente.

De acordo com Daudt (2006), foram testadas diversas mesclas, sendo que a mais adequada é aquela mais seca possível, uma vez que esse material fica secando apenas por um dia, sendo utilizado no seguinte. Assim, as mangueiras devem estar bem secas, mas a ponto de ainda permitir a passagem, pelos poros, de água com barro. Segundo a autora, caso a mangueira não esteja coberta por esse barro, que sai pelos poros do tecido,

deve-se passar na mesma uma brocha umedecida em água e barro, cobrindo todo o algodão, de maneira a evitar o ataque de microorganismos. Na Figura 46a, visualiza-se a colocação de mangueiras nas paredes internas da hospedaria do Centro Integria, envolvendo o banheiro, e de maneira que o encanamento do mesmo também fique envolto pelas mesmas, assim desaparecendo. Na Figura 46b, tem-se um banheiro concluído, na residência do professor Minke, utilizando a técnica de mangueiras.

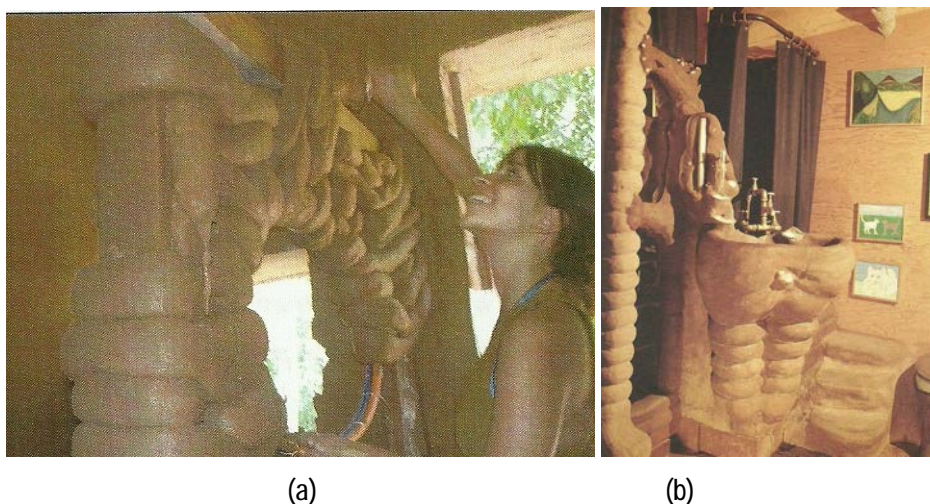


Figura 46: (a) confecção de uma parede, com utilização da técnica de mangueiras, no Centro Integria; (b) banheiro concluído, com utilização da técnica de mangueiras, em Kassel - Alemanha. Fonte: 46a - Integria; 46b - Minke (2008).

A fixação das mangueiras dispensa a utilização de argamassa, pois o barro, que sai pelos poros da mesma, faz com que uma mangueira se ligue à outra, sendo inseridos arames farpados, entre as camadas, a cada três ou quatro mangueiras sobrepostas, impedindo eventuais deslocamentos das mesmas. Para proporcionar um bom acabamento, passa-se uma brocha com barro e água, alisando o material. Minke (2008) esclarece que podem ser colocadas de três a cinco camadas por dia, porém, caso se deseje empilhar mais, pode ser acrescido cimento, que acelerará o processo de secagem.

6.2.2.4 Tijolos cerâmicos e argamassa de barro

Em Nova Petrópolis, na Serra Gaúcha, a arquiteta caracterizada, nesse estudo, pelo codinome "*Rabo-de-palha*", promove reformas de edificações antigas e constrói novas, em estilo enxaimel, utilizando argamassa de barro para assentar os tijolos cozidos oriundos de demolição.

A profissional aprendeu a técnica em oficinas conduzidas pelo professor Gernot Minke, no Centro Integria, e aplica a mesma também na recuperação de edificações antigas, que tenham sido construídas com terra, sendo que as proporções são, em geral, a mesmas. Ou seja, a argamassa de assentamento utilizada nas obras é composta por uma parte de barro com esterco, duas partes de areia média e uma parte de areia grossa. A preparação da mesma é feita com a fermentação da mistura envolvendo barro e esterco, deixando-a curtir por três dias e, a seguir, adicionando o restante da composição.

As edificações são produzidas em estilo enxaimel, característico da região em que se encontra, que foi colonizada por imigrantes alemães. Trata-se de estrutura de madeira, com elementos verticais, horizontais e diagonais, preenchidos com tijolos queimados de 6x14x26cm e aberturas, também em madeira. Na Figura 47, observa-se a montagem da estrutura enxaimel, destacando-se a utilização de argamassa de barro no assentamento dos tijolos.



Figura 47: construção em estilo enxaimel, com tijolos assentados com argamassa de barro. Fonte: Juliana Moehlecke.

Na figura acima se observa, ainda, que a argamassa de barro é substituída pela de cimento em áreas úmidas, como em banheiros, cozinhas e lavanderias, além de fachadas externas desprotegidas. Do mesmo modo, ocorre com os rebocos que, em algumas situações, são compostos de barro e, em outras, de cimento.

Nota-se, na aplicação desse tipo de técnica, a intenção de iniciar, aos poucos, a utilização de barro na construção de edificações, com preocupações de caráter ecológico, uma vez que também os tijolos utilizados, ainda que queimados, são reaproveitados. Por outro lado, o fato de excluir a argamassa de barro, no assentamento e em rebocos de alguns ambientes, denota, possivelmente, um caráter de experimentação da técnica, ou a aceitação ainda parcial da mesma por parte do cliente, já que é inovadora no Estado.

6.2.3 Programas de Apoio à Construção em Terra no Rio Grande do Sul

No presente estudo, embora se tenha tentado identificar a existência de programas destinados ao apoio da utilização da terra, enquanto material construtivo, no Rio Grande do Sul, através de busca junto à bibliografia, consulta a bioconstrutores locais, instituições atuantes na construção com terra no Brasil e entidades envolvidas na causa sustentável, nada foi encontrado.

Entretanto, algumas entidades possuem caráter ecológico e poderiam contribuir para a elaboração de tais programas, como o Núcleo Amigos da Terra/Brasil, único membro brasileiro da Federação *Friends of the Earth*

*International*¹⁵, sendo uma das entidades ambientalistas pioneiras no Rio Grande do Sul e no Brasil, tendo sede em Porto Alegre. Tal Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP) foi criada em 1964 e, sua atuação ao longo do tempo, tem ocorrido através de diversas atividades, de forma intensa. Assim, essa seria uma entidade com alto potencial para apoiar projetos de pesquisa e lutar pela inserção de materiais não convencionais, de caráter ecológico, como a terra, no setor da construção civil.

Já, uma instituição financeira como a Caixa Econômica Federal (CEF), embora não tenha programa específico de aprovação para construção com terra, aprovou projetos, principalmente em nível nacional e de caráter social, que envolviam a construção de moradias construídas em terra, conforme citado no final do capítulo 4. Segundo o responsável por aprovar sistemas inovadores na referida instituição, a construção com terra não é financiável, pois, por não ser convencional, é mais difícil e, assim, acaba se tornando inviável, de maneira que sistemas inovadores de construção precisam ser aprovados regionalmente (por Estado) e, para que isso ocorra, é exigida uma rotina específica. O responsável destaca ainda que *"esse tipo de solução construtiva está, normalmente, ligado a edificações na área rural ou em comunidades quilombolas, onde o difícil acesso justifica a adoção de tecnologias e materiais alternativos"*. Sendo que, uma vez comprovado o desempenho satisfatório do sistema por entidade habilitada, o mesmo poderá ser utilizado em larga escala, sem restrições, desde que aceito pelos clientes e pelo mercado. Nota-se, ainda, o desconhecimento dos benefícios e resultados de uma construção com terra, uma vez que a mesma ainda é vista como última opção, ou seja, apenas quando as soluções convencionais sejam impraticáveis. Por outro lado, já existe uma pequena abertura a propostas de caráter mais ecológico, pois, desde que seja realizada a rotina exigida pela instituição, é possível viabilizar e financiar construções em terra, no Rio Grande do Sul, o que seria um grande passo, considerando que grande parte dos gaúchos recorre a esse tipo de recurso para conquistar o acesso à casa própria.

Cabe, ainda, resgatar o importante papel desempenhado pela UDELAR, no Uruguai, financiando, originando projetos e dando apoio técnico à construção em terra naquele país. Da mesma maneira, deve-se mencionar a Universidade Federal do Rio Grande do Sul que, aos poucos, vem introduzindo soluções sustentáveis nos seus cursos de arquitetura (disciplina de Projeto Arquitetônico VII – ARQ01020, no penúltimo semestre do curso) e engenharia civil (disciplina Edificações e Comunidades Sustentáveis – ENG01018, de caráter eletivo).

De acordo com Zanin e Cruz (2009), o ensino da sustentabilidade dentro da disciplina ministrada na Faculdade de Arquitetura iniciou em 2005, sob enfoque da temática indígena, incentivando a utilização de materiais naturais e técnicas de construção vernaculares. Naquele primeiro semestre, o tema exigia um aprofundamento das questões culturais, sendo um ciclo de palestras orientado nesse sentido. Com o passar dos semestres e variações dos temas, se redefinem palestras de acordo com os mesmos, ao mesmo tempo em que são introduzidas, de forma cada vez mais presente, discussões acerca da sustentabilidade na arquitetura.

¹⁵ Maior base mundial de redes ambientais, faz campanhas para as atuais mais urgentes questões ambientais e sociais. Desafia o modelo atual de globalização econômica e empresarial, e promove soluções com fim de criar sociedades ambientalmente sustentáveis e socialmente justas (fonte: www.foei.org).

Dessa forma, percebe-se a inserção de temas relativos à sustentabilidade de edificações na UFRGS, embora ainda um pouco tímida, já que, na Faculdade de Arquitetura, o mesmo ocorre apenas no penúltimo semestre do curso, quando o ideal seria que ocorresse ao longo do mesmo e, na engenharia civil, apresenta caráter eletivo, ou seja, não está presente no curriculum de todos os profissionais recém formados. Por outro lado, a iniciativa, ao menos proporciona, ao aluno interessado, a oportunidade de se aprofundar no tema e de desenvolver maiores conhecimentos relativos à sustentabilidade, ainda que de forma autodidata.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES: DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA EM TERRA NO RIO GRANDE DO SUL

Neste capítulo, serão apresentadas as diretrizes que tem por finalidade contribuir com o desenvolvimento da arquitetura em terra no Rio Grande do Sul, sendo que as mesmas fundamentam-se na tradição e experiência uruguaia, somada à observação das iniciativas já manifestadas no Estado Gaúcho. Ainda, são consideradas normas internacionais de construção em terra, como os códigos do Novo México – EUA, Nova Zelândia (NZS 4297 – Engineering Design of Earth Buildings; NZS 4298 – Materials and Workmanship for Earth Buildings; NZS 4299 – Earth Building not Requiring Specific Design), Peru e Zimbábue (SAZS 724:2001).

Espera-se que, a partir dessas orientações, também outras instituições, de caráter não governamental, ou mesmo de ensino, por exemplo, sintam-se estimuladas a elaborar projetos que apoiem esse tipo de solução construtiva.

Dessa forma, as diretrizes a seguir apresentadas direcionam-se, especialmente, às instituições que têm condições de promover, financeiramente, o acesso à “casa própria natural”; àquelas com atribuição de aprovar, ou não, a construção das mesmas, ou seja, administrações municipais; e aos bioconstrutores, interessados em iniciar a atividade ou já em atuação, buscando algum tipo de esclarecimento adicional.

Por outro lado, tais diretrizes não têm como meta estabelecer normas para a construção em terra no Brasil, mas sim, contribuir para o início do processo de formulação das mesmas. Iniciativas nesse sentido já vêm ocorrendo no país, como a formulação das já mencionadas normas relativas à utilização de tijolos de solo-cimento: NBR10836:1994, NBR10835:1994, NBR10834:1994, NBR10833:1989, NBR10832:1989, NBR11798:1990, NBR12023:1992, NBR12024:1992, NBR12025:1990 e NBR12254:1990.

7.1 DIRETRIZES PARA ADMINISTRAÇÕES MUNICIPAIS E INSTITUIÇÕES FINANCEIRAS

As instituições financeiras, responsáveis por facilitar o acesso de moradia à população, geralmente estabelecem uma série de requisitos, aos quais a construção deve atender, caso o cliente queira receber facilidades de pagamento. Tais normativas estão, em quase 100% das ocorrências, vinculadas a materiais convencionais, como concreto, aço e alvenaria de tijolos cerâmicos. Entretanto, já existe, junto à Caixa Econômica Federal, uma alternativa, destinada ao que a instituição denomina de “sistemas construtivos inovadores”. Ou seja, há um documento que define os caminhos a serem percorridos para financiar um sistema construtivo não-convencional, junto à Caixa Econômica Federal. O mesmo ocorre no Uruguai, onde o *Banco Hipotecário del Uruguay* apresenta um documento de instrução, para solicitação de estudo técnico de sistema construtivo não tradicional, para avaliar a viabilidade técnica e econômica do mesmo e, assim, liberar financiamento.

Analisando a documentação solicitada pela Caixa Econômica Federal, percebe-se que a mesma vincula a aprovação de tais sistemas inovadores ao SINAT – Sistema Nacional de Avaliação Técnica¹⁶, projeto do PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat, promovido pelo Ministério das Cidades. Assim, a empresa interessada em apresentar um produto inovador no ramo da construção civil deve submeter o mesmo à avaliação do SINAT que, por sua vez, na falta de legislação específica, cria especificações a que o produto deve atender para ser aprovado e, assim, receber financiamento. O SINAT, por sua vez, transfere a avaliação técnica do produto em questão a instituições credenciadas, como o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, que verifica, quando existente, o cumprimento da diretriz proposta pelo SINAT, ou oferece dados técnicos para que uma diretriz específica seja constituída.

Para edificações que adotem a terra, enquanto material construtivo, no Brasil, assim como em grande parte dos demais países latino-americanos, não existe norma técnica específica. Desse modo, o SINAT poderia contribuir para aprovar materiais construtivos passíveis de serem produzidos em série, como o caso de tijolos de adobe ou de painéis de pau-a-pique pré-fabricados. Entretanto, enquanto isso não ocorre e, mesmo para a produção *in loco*, que utilize o solo local enquanto matéria-prima e que envolva outras técnicas diferenciadas, é necessário estabelecer diretrizes, que instruem, tanto instituições financeiras, quanto administrações municipais, para supervisionarem e, assim, aceitarem e promoverem esse tipo de solução construtiva. Nesse sentido, a partir de agora, será apresentado um roteiro que pode ser aproveitado, tanto por instituições dessa estirpe, como por administrações municipais, interessadas em contribuir para a disseminação de soluções construtivas, que adotem a terra, enquanto material construtivo, traduzido na forma de diretrizes, a saber:

¹⁶ O escopo do SINAT pode ser sintetizado na harmonização de procedimentos para a avaliação de novos produtos para a construção, quando não existem normas técnicas prescritivas específicas aplicáveis ao produto (Fonte: http://www4.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_sinat.php. Acesso em 25 fev 2010).

- **(1) Exigir dados gerais sobre o sistema**¹⁷ proposto. Seguindo critérios estipulados pelo *Banco Hipotecario del Uruguay*, inicialmente devem ser informados o nome comercial do sistema proposto, número da patente do mesmo, caso exista, nome da empresa que o executa, bem como endereços e telefones de contato da sede e de eventuais oficinas. Também, deve ser identificado o profissional responsável pela fabricação do produto, fornecido número de registro do mesmo, legalizado junto ao CREA (Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura), seu endereço e telefone de contato. Além desses dados, é importante o esclarecimento quanto à origem e destino do produto, ou seja, esclarecer se a empresa compra e aplica por conta própria o sistema, se fabrica e distribui, para que outras empresas o utilizem, sob seu controle e assistência técnica ou mesmo, de forma independente;

- **(2) Solicitar informações** a respeito da gestão do processo de fabricação do produto. Exigir caracterização do centro de produção, área útil e existência, ou não, de laboratório próprio, para controle de qualidade; informação quanto à recepção e abrigo de matéria-prima e de componentes, antes e ao longo da produção; cálculo da capacidade de produção mensal instalada, em unidades habitacionais de, por exemplo, residências de 50m², com dois dormitórios;

- **(3) Exigir especificações** quanto ao uso do produto. Questionar qual a área construída utilizando a técnica em questão, bem como o caráter da obra (uso), período de execução, localização e construtor envolvido. Solicitar informações quanto ao tempo de execução de uma unidade com 50m², tempo de montagem e acabamentos, expressos em hora x homem/m². Informar o preço de uma edificação que utilize tal sistema, considerando uma área de 50m² e dois dormitórios, demonstrado por planta-tipo e memorial descritivo. Verificar o atendimento de normas municipais referentes a instalações hidrossanitárias, PPCI (Plano de Prevenção e Proteção contra Incêndio), instalações elétricas e a gás. Quando o sistema estiver sendo adotado pela primeira vez, deve-se exigir, a exemplo do que propõe o *BHU*, pelo menos um protótipo confeccionado com o mesmo, edificado sob ação da intempérie e estando em uso há, pelo menos, um inverno completo;

- **(4) Exigir descrição** geral do sistema. Solicitar descrição geral do sistema, com elementos que o compõe e materiais utilizados. Deve ser referida a composição das paredes, de fundações, vigas, tipo de acabamento, pisos, forro, cobertura, instalações, sempre avaliando a compatibilidade entre esses elementos e materiais à técnica construtiva em terra adotada. Caracterizar o sistema segundo os seguintes critérios: processo de execução - pré-fabricado, confeccionado *in loco*, ou misto; tipo de sistema - aberto (permitindo a incorporação de outros materiais e componentes) ou fechado (não permitindo); peso dos elementos mais pesados - leve (menos de 100 Kg), semipesados (entre 100 e 500Kg) ou pesados (acima de 500Kg); no caso de pré-fabricados, segundo o local de fabricação (em fábrica fixa ou na própria obra); campo de aplicação – edificações térreas,

¹⁷ Segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2008), relativa ao desempenho de edificações de até cinco pavimentos, sistema é a maior parte funcional do edifício. Ou seja, é o conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir uma macro função que a define, como fundação, estrutura, vedação, instalações hidrossanitárias, etc.

edificações com dois pavimentos ou com mais. Exemplo: trata-se de um sistema construtivo pré-fabricado, leve, para habitações de dois pavimentos, cujos elementos são fabricados na própria obra;

- (5) Exigir descrição específica dos componentes do sistema. Deverão ser descritos os elementos pré-fabricados, como no caso de painéis pré-fabricados em pau-a-pique, sejam estes componentes de paredes externas, internas, tetos ou mesmo lajes. Se as dimensões dos mesmos variam, deve ser relatada a mínima e a máxima. Ou seja, devem ser informadas sua geometria (dimensões e formas) e sua composição (materiais e suas características). No caso de execuções *in loco*, devem ser especificados espessura, composição e acabamento de paredes, tetos e vigas, detalhando o encontro de tais elementos com fundações, aberturas e instalações. Ainda que o telhado seja feito de forma tradicional, deverá ser descrita sua estrutura, cobertura, isolamento térmico e forro. A descrição escrita deve ser acompanhada de representação gráfica dos componentes, numerados e associados ao texto previamente informado;
- (6) Exigir projeto de tubulações elétricas e sanitárias. Exigir que seja informada a posição das tubulações elétricas e hidrossanitárias, internas ou externas à parede. Devem ser feitas perspectivas isométricas, a fim de representar graficamente a situação dos mesmos, respeitando as normas locais e as características intrínsecas ao material adotado – terra;
- (7) Solicitar descrição de mecanismos para proteção contra ação das águas. Exigir que seja relatado o tamanho dos beirais de telhado adotados, impermeabilização das fundações, utilização de base de pedra ou de outra estratégia, que evite a ascensão de umidade, além de tratamento das superfícies, como, por exemplo, calagem das paredes, que consiste em pinturas à base de cal;
- (8) Questionar quanto ao transporte do componente até a obra. Deve ser informada a forma e o meio através do qual é realizado o transporte dos componentes ou, mesmo, da matéria-prima, até o local da obra. Considerar precauções adotadas para evitar deteriorações ou danos ao componente;
- (9) Exigir discriminações quanto ao processo de execução da obra. Exigir descrição completa de todo o processo de execução da obra, desde a limpeza e nivelamento do terreno, passando pela confecção dos componentes (exceto quando utilizados pré-fabricados), até o acabamento completo da edificação;
- (10) Exigir confecção de manual de uso, operação e manutenção¹⁸ a ser fornecido ao futuro usuário das edificações resultantes. O manual deve incluir informações a respeito da constituição dos acabamentos internos e externos, posição das instalações elétricas e hidrossanitárias e instruções para a possível necessidade futura de instalar mais pontos elétricos ou de água, tipo de manutenção necessária e periodicidade,

¹⁸ Conforme a NBR 5674 (ABNT, 1999), o manual de uso, operação e manutenção é um documento que reúne, de forma apropriada, todas as informações necessárias para orientar atividades de uso, operação e manutenção da edificação. Segundo a mesma norma brasileira, o termo manutenção refere-se ao conjunto de atividades a serem realizadas, com objetivo de conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender às necessidades de seus usuários, no que tange a exigências de segurança, saúde, conforto, adequação ao uso e economia, cujo atendimento é condição para a realização das atividades previstas no projeto.

além de recomendações destinadas a evitar que, com uso inconveniente, sejam deteriorados elementos da edificação. Segundo a NBR 5674 (ABNT, 1999), para a programação dos serviços de manutenção, deve-se considerar a durabilidade esperada dos materiais e componentes nas condições ambientais a que estão submetidos, relatórios das inspeções, solicitações e reclamações dos usuários, experiência acumulada, conforme registros disponíveis, restrições climáticas e ambientais, padrões de manutenção, escala de prioridades entre os diversos serviços e disponibilidade financeira. Entre os principais serviços de manutenção a serem observados em edificações em terra, destaca-se a limpeza de calhas e manutenção de tubulações, garantindo a integridade do telhado, além de promover a renovação dos revestimentos externos. O eventual crescimento de vegetação, como hera ou outro tipo de trepadeira, deve ser removido. Pinturas regulares e reparação das camadas de revestimento irão aumentar consideravelmente o ciclo de vida da edificação. De acordo com a NBR 14037 (ABNT, 1998), o conteúdo mínimo a ser abordado pelo referido manual envolve informações sobre aspectos importantes para o usuário, tais como propriedades especiais, sistema construtivo empregado, etc.; definição dos limites seguros da edificação, tais como cargas máximas dos componentes estruturais ou sistemas elétricos; descrição de dispositivos previstos para facilitar a modificação, expansão ou modernização da edificação e de seus componentes; desenhos esquemáticos com cotas, localizando tubulações e componentes não aparentes; datas de conclusão da estrutura e do manual, entre outros. Já, quanto à operação e uso da edificação, a mesma norma estabelece que o manual deve realizar a descrição e localização de todos os controles de operação da edificação, destacando dispositivos de segurança e de combate a incêndios; detalhamento de procedimentos especiais recomendáveis para operação e uso de instalações não-convencionais incorporadas à edificação; descrição de procedimentos recomendáveis para verificação e relato de mau funcionamento de componentes, instalações e equipamentos da edificação, e eventual correção; descrição dos riscos inerentes à edificação, mesmo em operação e uso normais, descrevendo procedimentos de segurança preventivos necessários. O manual deve ser atualizado sempre que houver alguma modificação na edificação, em relação ao originalmente construído, e documentado no manual;

■ (11) Exigir a apresentação de cálculos pertinentes ao sistema. Devem ser exigidos alguns cálculos, realizados sob responsabilidade do profissional que encaminha a proposta, quais sejam: cálculo estático para cargas gravitacionais e vento (quando a edificação for composta por um número considerável de pavimentos), cálculo do coeficiente de transmitância térmica (U) (expresso em W/m^2h , sendo, obrigatoriamente, menor que $0.85W/m^2h$ e calculado para paredes e telhado), verificação do risco de condensação superficial e intersticial, que não deve ocorrer, e cálculo do isolamento acústico da parede externa. Segundo Walker e Morris (1998), o grau padrão para tijolos produzidos com terra, na Nova Zelândia, apresenta resistência à compressão de $0,5MPa$, enquanto que, o grau especial, supera $10MPa$ e é associado à utilização de solos estabilizados. Para obter o grau padrão, é necessário que, pelo menos, cinco das amostras de tijolo produzidas tenham resistência à compressão de $1,3 MPa$, quando a relação entre altura e espessura das mesmas for 1; $1,8MPa$, quando for 0,4 e tração à flexão de $0,25MPa$, sendo que a maioria dos tijolos produzidos, na Nova Zelândia, tem relação altura/espessura variando entre 0,4 e 0,5. No Novo México, exige-se que uma entre 5 amostras de tijolos

produzidos tenha resistência à compressão de, pelo menos, 1,725MPa. São, ainda, feitos testes de durabilidade, em que segmentos de paredes têm a durabilidade testada frente a mergulho em água, medindo-se, a seguir, a redução das medidas da parede. Segundo os autores, em locais onde o risco de terremoto for menor ou equivalente ao fator 0,6, permite-se que a altura das paredes chegue a 3,6m e, quando situada em zonas cujo fator de risco supera 0,6, a altura máxima permitida é de 3m.

■ (12) Solicitar a realização de ensaios por instituições especializadas. Exigir realização de ensaios em laboratório, por institutos especializados reconhecidos, sendo que os testes serão definidos de acordo com as técnicas adotadas. Na inexistência de normas específicas relativas a construções com terra no Brasil, podem ser adaptadas normas destinadas a outros materiais. Portanto, para a amostragem, seguir orientações da norma NBR 8492 (ABNT, 1984), que sugere a confecção de 13 tijolos para cada mistura, destinando dez desses para ensaios de compressão e três para ensaio de absorção d'água e determinação da umidade de equilíbrio ao ar. Entre os mais frequentes, para paredes externas auto-portantes, estão: ensaio de compressão e de absorção de água (adaptar NBR 6460/83 e NBR 8492/84), ensaio de retração (a ser realizado de acordo com ABCP, 1990), resistência a impactos de corpo mole (adaptar NBR 8051/83), arranque, resistência a impactos de corpo duro e de corpo mole de juntas e estanqueidade de juntas à água e ao ar. Para paredes externas de vedação, sem função estrutural, devem ser realizados todos os ensaios anteriores, exceto o de compressão. Lajes entre um pavimento e outro, ou telhado, exigem ensaio de flexão. Em lajes entre pavimentos deve ser efetuado ensaio de resistência a impactos de corpo mole. Para a edificação, como um todo, será analisado o desempenho, segundo a NBR 15.575 (ABNT, 2008): segurança estrutural, resistência ao fogo, conforto acústico, conforto lumínico, durabilidade e demais. A partir de tais ensaios, deverá ser produzido, por instituição técnica avaliadora (universidades ou institutos de pesquisa, com laboratórios reconhecidos e capacitados), um documento técnico, de acesso restrito, contendo os resultados da avaliação do produto, ou seja, um *Relatório Técnico de Avaliação*. Tal documento deve ensaiar e avaliar as distintas tipologias construtivas, tais como edificações térreas, sobrados ou com dois ou mais pavimentos;

■ (13) Estabelecer requisitos para a concessão de viabilidade prévia. A fim de conceder a viabilidade prévia, documento este que permitirá a produção e aquisição de novas unidades e/ou empreendimentos, deve-se solicitar a contratação da instituição técnica responsável pela realização da avaliação, do monitoramento da obra e apresentação do Relatório Técnico de Avaliação. Deve-se, ainda, dar um prazo de validade à mesma, de um ano, de modo que o não cumprimento dos aspectos acordados ou a ocorrência de eventuais deficiências manifestadas durante o monitoramento da obra, caracterizem a suspensão da referida licença;

■ (14) Listar documentos necessários para a concessão de viabilidade prévia. A exemplo do que solicita a Caixa Econômica Federal, para a aprovação de projetos construtivos inovadores, sugere-se, para concessão de viabilidade prévia, a exigência da seguinte documentação: projetos, especificações, orçamento e cronograma da obra, documentação técnica da proposta construtiva de utilização de terra, enquanto material construtivo, relatório técnico de avaliação. Além disso, devem ser apresentados os resultados dos ensaios tecnológicos,

comprovando o desempenho em todos os itens da NBR15.575 (ABNT, 2008): segurança estrutural, segurança ao fogo, conforto térmico, acústico, lumínico, estanqueidade, durabilidade e demais. Exigir, ainda, manual do usuário, garantia do construtor da técnica construtiva (conforme NBR 15.575:2008, parte 1, anexo D), compromisso de contratação e apresentação do plano de monitoramento da obra, compromisso da realização da avaliação de pós-ocupação (APO), após 24 meses da expedição do “habite-se”;

■ (15) Efetuar o monitoramento da obra. Acompanhar a execução da obra, analisando o cumprimento da proposta encaminhada e o respeito às normas locais. No caso de elementos pré-fabricados, efetuar uma vistoria da fabricação dos mesmos, atentando para o controle de qualidade do produto;

■ (16) Proceder Avaliação de Pós-Ocupação (APO)¹⁹ da edificação. Realizar a avaliação em etapas, iniciando, segundo sugere Costi (2009), pela anamnese, em que se adquire conhecimento dos eventuais problemas existentes; partir, então, para a investigação, onde se amplia o conhecimento para a realização de um diagnóstico seguro; sugerir o tratamento, a partir do qual são obtidas recomendações para projeto e para obra; realizar o prognóstico, para futuro acompanhamento e as orientações para administração ou manutenção. Na etapa de anamnese, levantar o objeto de estudo, ou seja, as características técnicas da edificação, no que tange a: fundações, pilares, alvenarias, impermeabilizações, lajes de piso, forros, pisos, telhados, pinturas, sistema elétrico, sistema hidráulico, revestimentos (sem pintura, com argamassa de revestimento, com revestimentos de azulejos, protegias ou não por beirais), caixilharia, sistemas de drenos das áreas externas e sistemas de coletas de esgotos. Realizar, também, estudo das condições climáticas locais, bem como das características ambientais do contexto, como descrição dos pisos externos, relevo, incidência de ventos predominantes, arborização e outros. Partir, então, para o esboço de relevo arquitetônico que, segundo Salma *et. al.* (2005), configura o conjunto de desenhos técnicos que representam, com máxima fidelidade, o estado atual da edificação, nas suas propriedades formais, tecnológicas e materiais. Ou seja, o relevo arquitetônico deve contar com mensurações precisas, vistoria de estruturas e instalações, diagnóstico e identificação dos materiais. Associar aos desenhos técnicos (de cortes transversais, por exemplo), levantamentos fotográficos, localizando e apresentando as patologias, enfatizando suas cores, texturas e dimensões, de maneira a facilitar a interpretação e mensuração das mesmas. Avaliar as ocorrências e intensidade das seguintes manifestações patológicas: biodeterioração, ou seja, fenômeno que envolve a participação de microorganismos, como fungos e cupins; desagregação, que de acordo com Salma *et. al.* (2005), corresponde a dissolução das estruturas dos materiais, com a perda de sua massa física em forma de grãos ou pequenas partículas, geralmente oriunda da fadiga extrema de sua estrutura; descolamento da pintura, relacionada a processos de eflorescências nas argamassas, excessiva umidade superficial ou pela pressão interna de vapor, ou estufamento; desprendimento, ou queda de partes das superfícies dos materiais ou estruturas, quando expostos ao calor excessivo, movimentações bruscas do conjunto ou resultantes de processos químicos; eflorescência, com migração dos

¹⁹ De acordo com Costi (2009), trata-se de um tipo de avaliação retrospectiva, feita em ambientes construídos, após certo tempo de ocupação. Adotada para diagnosticar e recomendar novos projetos, estuda a performance do ambiente, considerando a opinião de seus ocupantes, de maneira que essa característica a diferencia das avaliações de desempenho.

sais solúveis para as superfícies mais externas dos materiais, manifestada por manchas brancas facilmente identificáveis, que ocasionam processos de descolamento das películas protetoras dos mesmos; esfoliação, ou desprendimento, em forma de tiras, de camadas superficiais de suas respectivas bases, geralmente causado pela incompatibilidade de princípios químicos entre a superfície e a base, pela excessiva umidade ou processos de eflorescência; estufamento, com alteração da superfície original de qualquer material, resultado de degradações internas, que ocasionam bolhas nas externas, podendo também ser oriundo da manifestação de fungos. Podem ser considerados, ainda, outros aspectos, como aqueles descritos na norma de desempenho (NBR 15.575): segurança estrutural, resistência ao fogo, conforto acústico, conforto lumínico, durabilidade e outros, além de funcionalidade, ergometria, economia, acessibilidade, estética, etc. Prever mecanismos de controle e de prevenção para a ocorrência de futuras manifestações patológicas e alternativas de melhoria a serem aplicadas, inclusive, na etapa de projeto de futuras edificações erguidas com terra;

■ (17) Conceder a viabilidade definitiva. A concessão de viabilidade definitiva para técnicas construtivas que adotem a terra, enquanto principal componente construtivo, deverá ser fornecida às obras que atendam aos requisitos da NBR 15.575, o que deve ser comprovado através da apresentação do Relatório Técnico de Avaliação, complementado por monitoramento da obra e avaliação de pós-ocupação. Essa concessão, de caráter definitivo, deve ser destinada ao construtor ou responsável técnico pela referida técnica ou edificação. Na primeira solicitação de viabilidade definitiva realizada pelo construtor, deve ser verificada a satisfação de todas as diretrizes anunciadas neste item. Quando o construtor já tiver recebido, em alguma situação anterior, viabilidade definitiva relacionada a uma técnica específica de construção com terra e estiver pleiteando nova concessão para a mesma técnica, deve-se solicitar, apenas, o cumprimento das nove primeiras diretrizes. Entretanto, caso o mesmo construtor queira solicitar viabilidade técnica de uma técnica construtiva, que ele próprio ainda não tenha solicitado anteriormente, deve-se exigir o cumprimento de todas as diretrizes propostas.

7.2 DIRETRIZES PARA BIOCONSTRUTORES GAÚCHOS

Atualmente, verifica-se a necessidade de estabelecer diretrizes para as bioconstruções que, normalmente, baseiam-se no saber popular e na transferência tecnológica realizada, apenas, de forma falada, de maneira que os dados se perdem, as técnicas sofrem alterações e o resultado decorrente é de qualidade inferior. Assim, a importância de registrar os passos adequados para erguer edificações em terra com bom desempenho é indiscutível, e a alternativa encontrada para alcançar tal objetivo no presente estudo, foi a confecção de tais instruções destinadas a bioconstrutores.

Na França, tem-se conhecimento de que houve um redirecionamento da arquitetura de terra a partir da publicação dos *Cahiers d'École d'Architecture Rurale (1793)* de François Cointeraux (1740-1830), como esclarece Fernandes (2008):

“Estes manuais de construção, responsáveis pela expansão e difusão da construção em taipa, em inúmeras regiões de França, traduzidos em diversas línguas e aplicados noutros países Europeus, reverteram a tendência da construção em terra, alterando o sistema tradicional e vernáculo, confinado apenas a algumas regiões e de precária construção, para a sua aplicação sistematizada e organizada em edifícios públicos, religiosos, palácios e habitacionais, para qualquer extracto social. Esta revolução construtiva, que racionalizou e modificou a construção em taipa e a que François Cointeraux designou de *nouveaux pisé* foi, sem dúvida, a responsável pela modificação do panorama arquitectónico francês”.

De tal forma, a partir de agora serão apresentadas as diretrizes destinadas aos bioconstrutores gaúchos, que se basearam na interpretação das estratégias que adotam o povo uruguaio, associadas à realidade gaúcha e apoiadas pela bibliografia. Como Acosta (2010-a) aponta, em sua publicação, que as três técnicas mais adotadas no Uruguai são adobe, BTC e pau-a-pique, e o Brasil já possui especificações e normas a respeito dos tijolos de solo-cimento (similares ao BTC), optou-se por substituir a técnica de BTC pela de torrões, também incidente no Uruguai e tradicionalmente conhecida no Rio Grande do Sul, através dos ranchos apresentados.

Cabe salientar que as diretrizes apresentam possibilidades de passos a serem seguidos para edificar, segundo as técnicas abordadas. Entretanto, há muitas variações de técnicas e, por isso, as sugestões devem ser testadas e adaptadas à realidade local. Não há como universalizar, uma vez que as características de solo são inconstantes ao longo do território gaúcho. Além disso, caso se pretenda estender as dicas a outras localidades, é necessário incorporar as características climáticas, morfológicas e, inclusive, culturais da região em questão. Os traços e materiais indicados, portanto, funcionam, se aplicados conforme especificado, mas, para atingirem uma melhor qualidade, devem ser produzidas amostras, testadas e, a partir de então, definida a composição adequada. As diretrizes direcionadas aos bioconstrutores correspondem, assim, a pontos de partida para execução de edificações em terra, que tendem a ser aperfeiçoadas com a experiência obtida através da prática do próprio profissional.

Assim, inicialmente, as diretrizes propostas referem-se a “dicas de projeto” (A), para, a seguir, abordarem a realização de testes expeditos (B), seguidos de três técnicas principais, quais sejam: adobe(C), pau-a-pique (D/E) e torrão(F).

7.2.1 Diretrizes para a etapa de projeto de edificações em terra (A)

Segundo Klein (2002), atenção especial deve ser dada ao projeto arquitetônico, quando se objetiva construir edificações ambientalmente mais corretas. Como as decisões do projeto são tomadas, principalmente, pelo projetista e cliente, é fundamental a conscientização ambiental de todos os envolvidos. Dessa maneira, no que

se refere a ações ao alcance de projetistas de edificações em terra, no sentido de desenvolver construções mais saudáveis, confortáveis e resistentes, são propostas as seguintes estratégias:

- (A-1) Avaliar necessidades do cliente e da comunidade circunvizinha. Embora o cliente, ao construir uma edificação, tenha seu próprio rol de necessidades especificado, quando se trata de um edifício em terra, há necessidades ocultas, que precisam ser desvendadas, conforme descrito no item 6.1.4, pois podem ser essas as reais motivadoras pela opção de utilização de terra e não de outro material construtivo. Ou seja, configura papel importante traçar, o mais próximo possível, do que se poderia chamar “perfil psicológico” do cliente, através da observação de sua profissão, idéias políticas e até filosóficas do proprietário, por exemplo, a fim de alcançar, de forma mais acertada, a expectativa do mesmo em relação à sua edificação em terra. Ainda, a importância de pensar no próximo, não exaurindo os recursos que são seus, mas são também do outro (todos os elementos e seres da natureza), ou seja, respeitar as necessidades do outro, quando busca a satisfação das suas. Segundo Colombo (2004), não se deve pensar apenas em si ou nos seres humanos, mas no equilíbrio, em todos, e não favorecer um ou outro elemento da natureza: quando se faz uma obra, está-se invadindo o espaço do outro, por isso, deve-se pensar em como minimizar a perda do outro;
- (A-2) Observar uso e ocupação do terreno. Conservar, ao máximo, o perfil natural do terreno, de modo que, caso seja necessário alterá-lo, preferir corte à aterro, uma vez que o corte do terreno poderá proporcionar matéria-prima (terra). Entretanto, se deve tomar cuidado para que não seja, através do corte do terreno, facilitado o acesso de água à edificação. Aproveitar buracos resultantes da extração de terra para edificar subsolos, ou, mesmo, inserir lagos na paisagem. Preservar, ao máximo, a vegetação nativa e o entorno existente, promovendo a integração entre as áreas verdes e áreas de lazer para os usuários. Segundo Klein (2002), a correta utilização dos condicionantes físicos, climáticos e legais do terreno pode propiciar a preservação do perfil natural do mesmo e de vegetação nativa, a criação de áreas permeáveis maiores, a redução de consumo e de resíduos, além de evitar a ocorrência de deficiências patológicas na futura edificação;
- (A-3) Organizar espaços interiores, de modo a garantir um bom condicionamento térmico. Garantir que os espaços e aberturas estejam dispostos de maneira a ventilar, aquecer e iluminar adequadamente os ambientes, diminuindo a necessidade de uso de equipamentos adicionais, que consomem energia e poluem. Ainda, em locais com clima subtropical, de períodos de chuvas intensas, como é o caso do Estado gaúcho, as edificações em terra devem ter o mínimo de superfície de paredes externas expostas ao tempo. Segundo Standards Australia (2002), a edificação deve ser retangular, com comprimento equivalente a de 1,5 a 2 vezes a largura, estando o eixo longitudinal no alinhamento leste-oeste. Na face norte, deve haver mais planos envidraçados, para permitir que o sol de inverno entre no edifício;
- (A-4) Concentrar áreas úmidas. Assim como para qualquer outro tipo de edificação, também no caso de projeto de edificações em terra, convém situar próximos os locais que envolvam pontos de água, tais como banheiros, cozinhas e áreas de serviço, diminuindo a área de paredes com instalações de água;

- (A-5) Atentar para orientação e tratamento de fachadas. É de primordial importância observar a disposição da edificação, em relação à orientação solar, não só para obter conforto ambiental, mas também, para reduzir o acesso de umidade às paredes em terra. No Rio Grande do Sul, a exemplo do que ocorre no Uruguai, a fachada problemática é a de orientação sul, pois a mesma recebe pouca ou nenhuma insolação, além de ter a incidência do vento Minuano ou Pampeiro, frio, de origem polar e de orientação sudoeste. Assim, pelo menos a fachada sul, que tem tendência a ser mais úmida, até pelo fato de os ventos direcionarem a chuva, deve ter suas paredes de barro revestidas com materiais mais impermeáveis, como pedra ou madeira, ou deve-se utilizar algum tipo de estabilizante, como cimento ou cal, na argamassa para rebocos;

- (A-6) Prover a edificação com “boas botas e bom chapéu”. Como a terra não resiste por muito tempo à ação das águas, é necessário prever bases altas (boas botas), feitas de pedra ou outro material impermeabilizante, evitando a ascensão de umidade e protegendo-a contra a água da chuva, que respinga quando bate no chão. Segundo a *Standards Association of Zimbabwe* (SAZS 724:2001, 2001), o nível do piso da edificação deve situar-se a, no mínimo, 15 centímetros acima do nível do solo e 30 centímetros, no caso de regiões com alta e intensa ocorrência de chuvas (acima de 1000 mm/ano, como é o caso do Rio Grande do Sul), ou onde o nível do lençol freático situa-se a menos de 75 centímetros da superfície. Além disso, segundo Walker e Morris (1998), as normas neo-zelandesas exigem a utilização de beirais avantajados (bom chapéu), com, no mínimo, 60cm de projeção horizontal, a fim de proteger as paredes contra chuvas de vento e afastar a água que escorre do telhado, também distanciando a água que respinga, quando cai do telhado no chão;

- (A-7) Atentar para a quantidade e dimensionamento de aberturas. Segundo Standards Australia (2002), o comprimento horizontal total das aberturas não deve exceder 1/3 do comprimento da parede. Ainda conforme a Standards Australia (2002) e também a *Standards Association of Zimbabwe* (SAZS 724:2001, 2001), a distância mínima entre aberturas de paredes auto-portantes de terra, com espessura mínima, deve ser de 60 a 100 cm. A *Standards Association of Zimbabwe* (SAZS 724:2001, 2001) define, ainda, que as aberturas devem estar situadas a, pelo menos, 75 cm dos cantos da edificação, devendo ser coroadas por, no mínimo, 45 cm de parede. Ainda, segundo Standards Australia (2002), para paredes que suportam altas cargas, o total de aberturas não deve exceder 20% do total da parede;

- (A-8) Utilizar materiais porosos para a pavimentação externa. Ao adotar materiais permeáveis, com junta seca, permite-se a percolação de água no solo, evitando que a mesma vá em direção à edificação. Também podem ser feitas valas, no entorno da edificação, com o mesmo objetivo e para diminuir os respingos na parede da água que bate no chão;

- (A-9) Adotar materiais locais, não tóxicos. Pensar na disponibilidade dos materiais e na capacidade de manejo desses, pela mão-de-obra local. Optar por materiais e técnicas que permitam a redução de consumo e de resíduos, de fácil manutenção, desmonte e reaproveitamento, no caso de demolição. Escolher materiais de fácil limpeza pelo usuário, que não emitam gases ou partículas tóxicas, como alguns laminados, tintas, telhas de

fibrocimento e carpetes de tecido, além de evitar o uso de materiais que possam servir de veículo à proliferação de microorganismos nocivos à saúde humana;

■ (A-10) Associar a escolha da técnica construtiva à composição do solo e às formas da edificação. Ao eleger a técnica a adotar na construção da edificação, deve-se, inicialmente, saber a composição do solo local, para ver com qual técnica o mesmo poderá ser melhor trabalhado. Além disso, alguns tipos de técnica, como *cob* ou superadobe, são mais indicados para a execução de formas orgânicas, enquanto que adobes são ideais para a confecção de ângulos retos;

■ (A-11) Estimular a autoconstrução. Valorizar a mão-de-obra local e a capacidade de comunidades, gerando empregos e favorecendo a economia local. Segundo Alamo e Bartra (2003), tal tipo de solução se aproxima de critérios de sustentabilidade econômica e social, quando busca dar trabalho e possibilitar a compra de mantimentos pela comunidade. Além disso, o proprietário, ao entrar em contato com a técnica, dá mais valor à edificação e aos sentidos que uma arquitetura em terra estimula.

■ (A-12) Planejar o canteiro de obras. Garantir o correto armazenamento dos materiais a serem utilizados, de maneira a evitar perdas. Reservar, também, uma área de trabalho, para transformação da matéria-prima, como, por exemplo, local para pisar a terra, quando for o caso. Lembrar, ainda, de destinar um local para a secagem do material, como para adobes, por exemplo, em que os tijolos sequem ao sol, mas fiquem protegidos da chuva. Se possível, cercar o canteiro de obras com tapume confeccionado em tela de aço, servindo, assim, como estratégia de *marketing*, divulgando o processo construtivo de utilização de terra, a organização e a limpeza do canteiro de obras;

■ (A-13) Atentar ao cronograma da obra. Evitar construir durante épocas de temperaturas muito baixas ou de grande incidência de chuva. No Rio Grande do Sul, a época ideal para construir com terra, assim como ocorre no Uruguai, compreende as estações de primavera a verão, ou seja, de setembro a março. Prefere-se esse período porque, como as épocas de chuva são bem distribuídas, durante o ano todo, constrói-se quando há menor umidade relativa²⁰, menos ocorrência de geadas e, também, mais altas temperaturas, de forma que se garanta a secagem natural das paredes erguidas e tijolos confeccionados. Uma boa alternativa para o período de frio e de chuvas, seria a utilização de materiais pré-fabricados, como o pau-a-pique, que pode ser preparado anteriormente e estruturado no inverno;

■ (A-14) Respeitar normas construtivas, fornecer especificações técnicas e detalhamento minucioso. Um bom detalhamento de projetos pode reduzir consumo, resíduos e custos. Ainda, a especificação dos materiais e das técnicas construtivas, conforme exigem as normas locais, garante a aprovação desse tipo de solução

²⁰ No Rio Grande do Sul, a umidade relativa, no verão e na primavera, varia entre 68 e 85% e, no outono e no inverno, entre 76 e 90%. Fonte: <http://coralx.ufsm.br/lfcrs/clima.htm>.

inovadora, pois demonstra que a mesma possui desempenho, no mínimo, equivalente às soluções convencionais.

7.2.2 Diretrizes para a realização de testes expeditos (B)

Antes de escolher a técnica a ser adotada na construção de uma edificação em terra, torna-se imprescindível conhecer as características do material que será utilizado. Ou seja, verifica-se a composição do solo, através da realização de testes feitos em campo (abordados no item 4.2.2), que fornecem informações necessárias à escolha da técnica mais adequada e de eventuais correções na composição do solo, que devam ser feitas, além de servirem para a definição do traço a ser adotado nas respectivas misturas. Nesse sentido, seguem, abaixo, as diretrizes para a realização de tais ensaios de campo:

- (B-1) Testar amostras de subsolo, livres de matéria orgânica. O solo adequado para ser utilizado na construção é aquele situado no horizonte B, de forma a evitar o surgimento de fungos e demais patologias na edificação; por isso, os testes de campo devem utilizar amostras desse nível de substrato, situado a cerca de 40 cm de profundidade;
- (B-2) Coletar amostras de diversos pontos de onde se pretende extrair a terra, totalizando 30Kg. Segundo Neves *et.al.* (2005), mistura-se a terra, homogeneizando-a. A seguir, fazer um cone com a terra preparada, dividindo-a em quatro porções iguais (divisão do cone em quatro quadrantes). Juntar duas porções opostas e descartar as outras duas, repetindo esse procedimento até obter a quantidade de amostra necessária.
- (B-3) Realizar testes táctil-visuais. Realizar, conforme descrito detalhadamente no item 4.2.2 – Ensaios de Campo, os testes de caracterização por tamanho das partículas, por cor, por brilho e por tato;
- (B-4) Proceder ensaios para determinação da composição da terra. Efetuar, conforme especificado no item 4.2.2 – Ensaios de Campo, os testes de queda da bola, do vidro, do cordão, da fita, de exsudação e de resistência seca;
- (B-5) Evitar a utilização de terra excessivamente argilosa. Solos com alto teor de argila são de difícil trabalhabilidade, uma vez que são pouco adensáveis e pouco misturáveis. Ainda, como esse tipo de solo possui retração elevada, normalmente origina superfícies mal acabadas, permitindo a penetração de água e ocorrência de patologias.

O Quadro 10, apresentado a seguir, demonstra a relação entre os resultados dos testes, característicos de determinado tipo de terra e a técnica construtiva mais adequada, especificando, também, os estabilizantes mais adequados a cada tipo de solo.

Quadro 10: recomendações para seleção da técnica de construção e do estabilizante, em função dos testes de campo

TERRA ARGILOSA E TERRA SILTOSA				
Identificação	Teste do cordão	Teste de exsudação	Teste da resistência seca	Estabilizante mais apropriado
Silte e silte argiloso	Cordão frágil; não faz a bola	Reação rápida a lenta, mas não demasiado lenta	Fraca a nula, geralmente nula	Cimento Portland; pode ser afetado por temperaturas baixas
Silte	Cordão mole de resistência média; bola muito frágil	Reação lenta a nula	Fraca a média	Cimento Portland ou emulsão asfáltica de baixa viscosidade
Argila c/pedregulho, argila arenosa e argila siltosa	Cordão mole de resistência média; bola frágil, se fissura	Reação muito lenta a nula	Média a grande	Corrigir granulometria Usar impermeabilizante
Argila e argila plástica	Cordão duro; bola não se fissura	Sem reação	Grande	Palha ou outro tipo de fibras
Silte orgânico e argila siltosa orgânica	Cordão frágil e esponjoso; bola esponjosa	Lenta Reação muito lenta a nula	Fraca a média Média a grande	Não usar
Argila orgânica				
TERRA ARENOSA				
Areia siltosa	Cordão frágil; não faz a bola	Reação rápida	Fraca a nula, geralmente nula	Cimento Portland ou cal, ou os dois combinados. Corrigir granulometria, se necessário
Areia argilosa	Cordão mole de resistência média; bola muito frágil	Reação lenta a muito lenta	Média	Cimento Portland ou cal, ou os dois combinados. Corrigir granulometria, se necessário
Areia		Não funcionam esses testes		Corrigir granulometria Usar impermeabilizante
TERRA COM PEDREGULHO				
Pedregulho siltoso, mistura de pedregulhos, areia e silte	Não faz o cordão	Rápida	Nula	Cimento Portland; usar cal como impermeabilizante
Pedregulho siltoso, mistura de pedregulhos, areia e silte	Não faz o cordão	Lenta a muito lenta	Média	Cal; usar emulsão asfáltica como impermeabilizante
Pedregulho		Não funcionam esses testes		Não é apto

(fonte: CRATerre, 1979 apud NEVES et al., 2005)

- (B-6) Melhorar propriedades mecânicas e de permeabilidade da terra, com adição de estabilizantes. Segundo Neves *et.al.* (2005), a mistura de fragmentos de palha ou de outras fibras vegetais, reduz a retração de secagem do barro; já, a adição de óleos vegetais ou emulsões asfálticas, diminui a permeabilidade da terra, acentuando a durabilidade; por outro lado, a mistura de aglomerantes, como cal ou cimento, tende a produzir aumento da resistência mecânica da estrutura produzida;
- (B-7) Fazer amostras, para simulação prévia, antes da construção. Fabricar vários tijolos, painéis e blocos, com diferentes tipos de terra e quantidades de estabilizantes, a fim de comparar resultados e, assim, assistir às decisões relativas ao processo construtivo.

7.2.3 Diretrizes para aplicação da técnica de adobes (C)

A técnica construtiva que utiliza tijolos de adobe, ou seja, tijolos de terra secos ao sol, é uma das mais antigas, caracterizando-se pelo barro lançado, fortemente, em consistência pastosa, num molde, secando naturalmente, conforme descrições realizadas ao longo do presente estudo. Entretanto, assim como as demais técnicas construtivas, também essa demanda alguns cuidados especiais, para garantir que o produto gerado apresente qualidade técnica, funcional e estética. Nesse sentido, a seguir são propostas as diretrizes para confecções de edificações com utilização da referida técnica:

- (C-1) Inicialmente, planejar, de forma racional, a olaria para produção dos adobes. Conforme Faria (2002), localizar a área de trabalho próxima ao ponto de extração de matéria-prima; a zona de produção deve ser coberta e com piso cimentado, mas aberta, para melhor circulação dos pedreiros; manter ponto de água próximo; montar tijolos em bancadas, com altura adequada para realização de moldagens e desformas; destinar área externa para secagem dos tijolos, completamente ensolarada ou com meia-sombra, possibilitando a proteção dos mesmos, em caso de intempéries, através da adoção de sistema de cobertura, piso ou suporte para protegê-los da umidade; destinar área fechada para o armazenamento dos tijolos concluídos, especialmente, em dias de chuva;
- (C-2) Reservar um espaço para “pisadeiro”, ou seja, local onde será preparada a mistura de barro. Fazer um círculo, com cerca de 2m de diâmetro e 45 cm de profundidade, lateralmente revestido com tijolo cerâmico ou tábuas utilizadas em fôrmas, pintadas com óleo queimado e feito contrapiso com piso de concreto;
- (C-3) Efetuar a marcação do gabarito da obra. Assim como em qualquer obra, demarcar, com fios de nylon amarrados em estacas, a localização das paredes da edificação, utilizando esquadro nas quinas, para garantir a obtenção de ângulos retos entre as mesmas;
- (C-4) Limpar o terreno em uma distância de 1 metro além do gabarito. Limpar toda a área ao redor da futura edificação, pelo menos a 1 metro de distância da mesma, em todo o perímetro, de maneira a retirar gramíneas e a presença de qualquer outra matéria orgânica;

- (C-5) Escavar 30 cm de solo, na linha das paredes, para executar a viga de fundação.
- (C-6) Concretar a viga de fundação. Concretar a viga de fundação, sendo que a mesma deve ter largura, no mínimo, igual à largura com que serão fabricados os tijolos de adobe. Como os tijolos de adobe são autoportantes, não é necessária a utilização dos pilares, a não ser que se tenham altas cargas de vento e se quera, por esta razão, melhor amarrar o telhado. Nesse caso, a fundação deve utilizar materiais disponíveis no meio local, como pedras, tijolos cerâmicos ou blocos de concreto e reservar nichos para, posteriormente, acoplar os respectivos pilares, confeccionados, de preferência, com madeira de reflorestamento. Preferencialmente, assim como mostra a Figura 48, acima da fundação e antes de assentar os tijolos, realizar uma primeira camada de concreto, com 9 cm de altura e largura 3cm maior do que a largura das paredes. Dessa forma, nas paredes internas, após a colocação do piso, que deve ter cerca de 3 cm, será formado um rodapé, com 6 cm de altura e 3cm de espessura, protegendo as mesmas dos processos de limpeza nos ambientes internos;

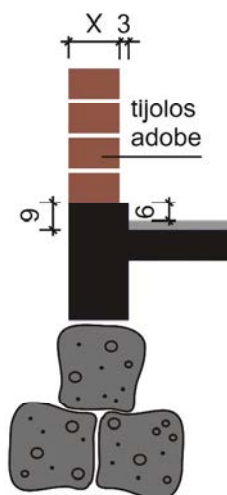


Figura 48: camada de concreto, acima da fundação, com objetivo de formar um rodapé e, assim, evitar que a face interna da parede sofra com procedimentos de limpeza do piso.

- (C-7) Confeccionar fôrmas, para a modelagem dos tijolos. O tamanho das fôrmas irá determinar, por conseguinte, o tamanho e peso dos tijolos resultantes. Por isso, costuma-se adotar fôrmas com nichos maiores, para a base da edificação e, no andar seguinte ou mesmo no topo da mesma, tijolos um pouco menores e mais leves. Ainda, deve-se considerar a facilidade do manuseio das fôrmas e tijolos: se forem pequenos, a construção será mais lenta e consumirá mais argamassa de assentamento; se forem grandes, produzirão paredes mais sólidas e a obra será mais rápida; em contrapartida, serão mais pesados e de secagem lenta, tendendo a fissurar com mais facilidade. Pode-se, portanto, fabricar tijolos de adobe com distintos tamanhos e formatos, de modo a originar encaixes macho-fêmea, superfícies com curvas e/ou perfurações, interferindo positivamente no desempenho termo-acústico da edificação.

Preferir fôrmas lisas, metálicas, plásticas ou de madeira, revestidas internamente com laminado melamínico (fórmica), de modo a facilitar a desfôrma. Utilizar barras laterais, ou abas, para facilitar o manuseio das mesmas. Fabricar fôrmas com dois nichos, para que cada uma produza dois tijolos, simultaneamente, evitando esforço excessivo. A exemplo do que ocorre no Uruguai e tem efetividade comprovada pela experiência de utilização e por testes realizados no país vizinho, os dois nichos podem ter, cada um, 40x17x10cm, originando tijolos de, aproximadamente, 10Kg. Por outro lado, Milanez (1958) destaca a produção de tijolos com dimensões variando entre 15x13x25cm e 10x30x46cm, enquanto que Faria (2002) aborda a comum utilização, em Tiradentes – MG, de tijolos com 10x12x25cm. A Tabela 01, apresentada a seguir, aponta uma estimativa da relação entre as dimensões do tijolo de adobe e seu peso:

Tabela 01: relação aproximada entre dimensões e peso dos tijolos de adobe

Dimensões (mm)	Peso (Kg)
100 x 200 x 400	13,50
100 x 230 x 450	17,25
100 x 300 x 450	22,75
125 x 230 x 450	21,75
125 x 250 x 375 *	21,00
125 x 300 x 450	27,25
150 x 300 x 600	45,50

(adaptado de Middleton, 1982).

* dimensão preferencial padrão do tijolo de adobe, peso estimado.

- (C-8) Utilizar terra arenosa. Para confecção de tijolos de adobe, adotar terra com características ligeiramente arenosas, ou seja, com 60 a 70% de areia e 30 a 40% de argila em sua composição;
- (C-9) Preparar as fibras vegetais. Segundo Faria (2002), deve-se coletar plantas disponíveis no local, como trigo, por exemplo, e armazená-las em sacos plásticos para, em seguida, lavá-las. Espalhar as mesmas ao sol, para que percam o excesso de umidade e adquiram constância de peso. Colocar as plantas em uma estufa ventilada, com temperatura em torno de 60°C. Após secagem completa da palha, fragmentar o material num triturador forrageiro (#12mm), para obter palha picada com, aproximadamente, 15cm de comprimento;
- (C-10) Preparar o barro. Extrair o barro a ser utilizado do horizonte B, ou seja, da camada livre de matéria orgânica, geralmente encontrada a partir dos 40 cm de profundidade e homogeneizar o mesmo, destorrando-o, com a utilização de uma peneira grossa (#4mm). Saturar de água as partículas argilosas, ou seja, despejar o barro sobre uma superfície plana, em camadas de 15 a 25 cm de espessura, cobrindo-as de água e deixando-as repousar de 2 a 4 dias, reduzindo, assim, a possibilidade de ocorrência de fissuras por retração e desmanchando eventuais torrões. Utilizar duas partes de terra, duas partes de areia grossa (0-4mm), uma parte

de palha cortada e 0,75 partes de água²¹. Caso a mescla não apresente suficiente coesão, pode-se estabilizar a mesma com o acréscimo de 0,5 partes de esterco bovino ou equino. Ainda, quando a terra estiver muito úmida ou tiver sido acrescentada água em excesso, pode-se corrigir a mistura, acrescentando-se palha cortada ou maravalha, por exemplo, cuidando para não cometer excessos, o que alteraria as características da mistura. De acordo com Daudt (2006), após acrescentar os ingredientes, inicia-se o amassamento da mistura, sendo feito, preferencialmente, pelos pés dos construtores, como demonstra a Figura 49, processo esse que leva à coesão da mescla, quando as partículas de argila interagem com a água, modificando e qualificando o material construtivo. Devem ser utilizadas botas, de modo a evitar possível contaminação. Pode-se, ainda, adicionar estabilizantes convencionais, como cimento, cal e asfalto, sendo que, segundo a autora, estabilizantes secos são adicionados ao solo seco, enquanto que os outros são incorporados à terra molhada, nas proporções que melhor convierem, conforme as características do barro disponível;



Figura 49: amassamento da mescla para fabricação dos tijolos de adobe durante o Bioconstruindo 2008, no Ecocentro, IPEC - GO.

■ (C-11) Moldar os tijolos, desformá-los e supervisionar a secagem dos mesmos. Formar bolas de barro de, aproximadamente, 15cm de diâmetro e atirar nas fôrmas, como na Figura 50a, e começar a preenchê-las pelos cantos. Minke (2008) aponta que, quanto mais fortemente o barro for lançado, mais compacto e resistente será o tijolo resultante. Antes de retirar o tijolo, em estado fresco, das fôrmas, deve-se alisar a superfície com uma espátula ou régua, conforme demonstrado na Figura 50b. Desformar o tijolo com cuidado; o mesmo não pode parecer uma borracha, esticado; não deve desmoronar, não deve ter suas quinas despedaçadas ou suas faces achatadas. Após a desforma, passar água e espalhar cinzas nas fôrmas, para evitar que o próximo tijolo grude nessa e tenha sua desforma dificultada. Na primeira fase de secagem dos tijolos (por, no mínimo, 15 dias), expor os tijolos ao sol, descansando sobre esteios de madeira, de modo que essa absorva um pouco d'água, no contato com o bloco, impedindo que, em qualquer situação, os mesmos sejam atingidos por chuva. Na segunda fase (por, no mínimo, mais 15 dias), os blocos devem secar à sombra e protegidos do vento, sendo que, durante

²¹ Proporções sugeridas com base na experiência uruguaia, informada nos questionários aplicados e apoiada na bibliografia. Têm como função servir de ponto de partida para a formulação de tijolos-teste, cujo traço exato deve ser definido de acordo com o resultado dos testes expeditos realizados com o barro a ser utilizado em cada situação. Não é, portanto, proporção universal.

todo o período de secagem, os tijolos devem ser virados, para secar homoganeamente. Armazenar os tijolos em locais secos. Garantir a fabricação de tijolos em duas dimensões, para que os menores possam ser mais facilmente erguidos quando edificando a parte mais elevada da parede;



(a) (b)
 Figura 50: (a) moldagem de tijolos de adobe; (b) regularização da superfície do tijolo, com régua. Fonte: 50b - Minke (2008).

- (C-12) Fazer amostras, para simulação prévia, antes da construção. Fabricar vários tijolos, com diferentes tipos de terra e quantidades de estabilizantes, a fim de comparar resultados e reproduzir aquela composição que apresentou melhor desempenho. Tal instrução é corroborada por McHenry (1984), que diz que a melhor prática para o teste de determinação do solo, para confeccionar tijolos de adobe, é fabricar algumas amostras de tijolos com o mesmo e comparar a eficiência desses;
- (C-13) Confeccionar a argamassa e assentar os tijolos. Fazer um buraco, forrá-lo com lona plástica e, a seguir, despejar, sobre o mesmo, 70% de terra argilosa peneirada, 30% de esterco seco de vaca ou de cavalo e um pouco de água, misturando até formar uma pasta, cobrindo a mistura com a lona. Deixar fermentando por três dias. A seguir, acrescentar a 1 parte dessa mistura, 2 partes de areia média e 1 de areia grossa, sendo a composição resultante, a argamassa a ser utilizada. Algumas pessoas utilizam, como argamassa, a mesma composição utilizada para a fabricação de tijolos de adobe; deve-se, assim como nos demais casos, realizar testes para chegar à argamassa que melhor trabalhe com os tijolos de adobe produzidos. Oliveira (2005) recomenda, como traço para a produção, tanto da argamassa, quanto do tijolo, 8 partes de areia, 1 de cal e duas de cimento, por volume de massa, pois a utilização da cal associada ao cimento, além de aumentar a resistência à compressão dos tijolos, absorve umidade, transmitindo-a menos aos tijolos. Segundo a autora, não se deve deixar vazios ou frestas nas juntas, enquanto são assentados os tijolos; esses devem ser preenchidos com argamassa com auxílio de uma colher, alisando a superfície das juntas e nivelando-as com a face do tijolo. Ainda, conforme a autora, caso haja um buraco que exceda 0,03 m, o mesmo deve ser encascado com fragmentos de tijolo ou pequenas lascas de pedra. De acordo com Daudt (2006), para dar um acabamento liso, utiliza-se uma brocha úmida e se esfrega ela nas paredes prontas e, segundo Minke (2008), a fim de reduzir a

ocorrência de fissuras por retração, são utilizadas camadas finas de argamassa. O último autor afirma, ainda, que é possível construir paredes de adobe, sem argamassa de assentamento; basta que os tijolos sejam submersos em água, alguns minutos antes de sua colocação, de forma que amoleçam sua superfície. Entretanto, esse método exige muita destreza e prática, pois os tijolos devem ser pressionados uns aos outros, amolecidos, de maneira a encaixar as peças com exatidão, observando as juntas horizontais e verticais. Dessa forma, em tijolos produzidos manualmente, normalmente, utiliza-se argamassa, devido aos diferentes tamanhos e irregularidade de superfícies. Ainda, o autor destaca que, na necessidade de se cortar o tijolo, pode-se fazer isso com mais facilidade em adobes, que em tijolos cozidos, através da utilização de um simples serrote. Quanto ao nivelamento e verticalidade das paredes, assim como nas construções convencionais, utilizam-se instrumentos, como o prumo e o nível;

■ (C-14) Colocar esperas de madeira, para posterior instalação de esquadrias. Colocar vergas e marcos, para a posterior fixação de portas e janelas, simultaneamente ao erguimento das paredes. Tais estruturas podem ser de madeira ou, ainda, de concreto, conforme demonstrado na Figura 51, situação essa em que pode contribuir para o afastamento das águas, em relação ao plano da parede, enquanto verga ou peitoril. Importante salientar que as vergas atuam, ainda, estruturalmente, suportando as fiadas seguintes de tijolos a serem assentadas.



(a)

(b)

Figura 51: (a) construção de residência em adobe, na *Cooperativa de Viviendas Guyunusa*, em *Solymer* - Uruguai; (b) *Aulário* em *San Antônio*, *Salto* – Uruguai, edificado em adobes. Fonte: 51a – UREGH (2005).

Oliveira (2005) destaca que, a fim de evitar que a vibração das portas produza rachaduras no acabamento das paredes, convém inserir na junta, feltro asfáltico e folha metálica. Ainda, pode-se utilizar, como base do revestimento, a tela metálica adotada em estuques;

■ (C-15) Confeccionar a cinta de amarração superior e telhado. No topo das paredes, adotar cinta de amarração em concreto. Podem ser utilizados tijolos de adobe do tipo canaleta, como aponta a Figura 52, com ferro 6.3mm, a seguir preenchidos com concreto ou, simplesmente, adotar o mesmo sistema que em

construções convencionais. A seguir, realiza-se o madeiramento e constitui-se o telhado. O sistema de adobes em canaleta também é adotado quando há mais de um pavimento, situação em que são compostas as vigas de entrepiso;



Figura 52: fabricação e emprego de tijolos de adobe curvos. Fonte: Etchebarne (2003)

- (C-16) Fixar tubulações elétricas e hidráulicas. As tubulações hidráulicas devem ser fixadas de forma aparente, evitando que as mesmas condensem no interior das paredes. Já, as tubulações elétricas, podem ser colocadas de forma semelhante às construções convencionais, em tubulações aplicadas em sulcos realizados na superfície das paredes, ou mesmo, escondidas em tijolos confeccionados já com curvaturas ou orifícios, para abrigar tais instalações;
- (C-17) Reservar mistura com esterco por quinze dias. Fazer um buraco, forrar o mesmo com lona plástica e, a seguir, despejar sobre esse 70% de terra argilosa peneirada, 30% de esterco seco, de vaca ou de cavalo, e um pouco de água, misturando até formar uma pasta, cobrindo a mistura com a lona. Deixar fermentando por cerca de quinze dias;
- (C-18) Proceder a rebocagem das paredes. Segundo Minke (2008), a alvenaria de adobes que apresente juntas ou superfícies irregulares pode ser corrigida com um pano de feltro umedecido. Entretanto, de acordo com o autor, é desaconselhável a aplicação de rebocos sobre paredes de adobe, pois o mesmo interfere na possibilidade de a parede equilibrar a umidade do ar interior, situação em que é recomendável aplicar uma película de barro estabilizado com cal ou cal-caseína. Tal pasta é produzida a partir da mistura de 2 partes de cal hidráulica, 1 parte de *quark*²² e 15 partes de água. Entretanto, como no Rio Grande do Sul a ação das chuvas, em alguns períodos ao longo do ano, é consideravelmente intensa, em geral, prefere-se realizar a aplicação de reboco sobre as paredes de adobe, a fim de garantir a impermeabilização das mesmas. Nesse caso, realizar ranhuras a 45° nas paredes, tornando a superfície rugosa e, conseqüentemente, aumentando a aderência entre adobes e reboco. Misturar, de preferência, em uma betoneira, bem limpa, 3 partes de terra, 2 partes de

²² O *quark* é produzido a partir da qualhada caseira, na qual se ferve leite integral ou parcialmente desnatado, colocando o mesmo, a seguir, numa vasilha, coberta com um pano, e deixando-o fermentar de um dia para o outro. A partir de então, despeja-se o leite coalhado em um pano ou saco de algodão e se deixa o mesmo pendurado no cano de uma torneira, por exemplo, de um dia para o outro, obtendo-se, assim, o quark, também conhecido como requeijão caseiro.

maravalha e 3 partes de esterco preparado conforme diretriz anterior e aplicar essa primeira camada de reboco (reboco grosso) com uma espátula, tapando eventuais fissuras. A seguir, preparar o reboco fino, que garante uma maior lisura das superfícies, misturando, com a betoneira, 3 partes de terra, 2 partes de saibro fino (0-4mm), 3 de esterco e 3 de serragem. Aplicar duas camadas de reboco nas superfícies internas e três nas externas (uma de reboco grosso, seguida por duas de reboco fino). Antes de aplicar uma nova camada de reboco, é necessário que a anterior já esteja seca, porém, deve-se molhar tal camada com uma esponja, para garantir a aderência da próxima. Cada camada de reboco não pode ultrapassar 1,5 cm de espessura. Pintar, em seguida, com tintas hidrofugantes e porosas, de modo a permitir a difusão de vapor em direção ao exterior;

■ (C-19) Garantir a manutenção da edificação. Eliminar frestas e realizar a renovação da pintura ou promover a caiação permanente das paredes, a fim de evitar o alojamento de barbeiros (*Triatoma infestans*), vetor do parasita *Tripanossoma cruzi*, transmissor da doença de Chagas. Para tal, dissolver 1 Kg de Resina PVA (cola branca) ou Acrílica, resistente à água, em 5L de água, em um balde de 20L. Adicionar, aos poucos, 8 Kg de cal hidratada para pintura, agitando até homogeneizar. Colocar de 200 a 500 g de pigmento, em pasta ou pó, na cor desejada, a cada 20L de tinta produzida. Preparar a tinta, aplicada com pincéis em, no máximo, 48h antes da pintura, sendo que, o rendimento da mesma é de, aproximadamente, 30m², para cada 20L produzidos.

7.2.4 Diretrizes para aplicação da técnica de pau-a-pique (D)

A técnica de pau-a-pique, conforme abordado anteriormente, compreende a adoção de uma trama de madeira, sobre a qual é aplicada, com as mãos, mistura de barro previamente preparada. Em geral, originam paredes de menor espessura, leves, sendo, por isso, utilizadas como divisórias internas dos ambientes. Podem, por outro lado, serem confeccionadas paredes duplas, de maneira a aumentar a resistência das mesmas e, assim, proporcionar que as mesmas sirvam de vedações externas das edificações.

■ (D-1) Planejar o canteiro de obras. Definir onde será localizado o depósito de materiais, ferramentas e bancada de trabalho. Facilitar o acesso de caminhões, quando necessário. Garantir ponto de água à disposição, para preparo de materiais e higienização dos serventes. Pensar no fluxo de material pela obra, prevendo os trajetos a serem realizados por carrinhos de mão;

■ (D-2) Efetuar procedimentos de marcação do gabarito da obra e limpeza do terreno. Seguir diretrizes C-3 e C-4;

■ (D-3) Escolher as madeiras mais resistentes e duráveis para os pilares. Em geral, no Uruguai, assim como no Rio Grande do Sul, é bastante comum a utilização da madeira de Eucalipto (*Eucalyptus*) ou *Pinus*. Adotar madeira de reflorestamento;

- (D-4) Cortar a madeira nos meses secos. De acordo com CYTED (2003), deve-se observar os ciclos lunares, não cortando a madeira durante o período de lua nova ou quando a maré está alta. Fazendo um talho na madeira, não deve sair água;
- (D-5) Garantir a boa secagem da madeira. Formar pilhas de troncos dispostos horizontalmente, em direções perpendiculares, de maneira a permitir a circulação de ar. Cuidar para não sobrecarregar as toras, evitando que as mesmas se curvem;
- (D-6) Reservar os troncos mais retilíneos para os pilares das esquinas. De acordo com CYTED (2003), para os pilares de esquina e aqueles com importante papel estrutural, geralmente, diâmetros de 12 a 15 cm são suficientes, mas dependendo do tipo de telhado e carga a suportar, podem chegar a 30 cm. Para os pilares intermediários, de menor seção, mantêm-se de 0,60 a 1m de espaçamento, enquanto que, para os maiores, deve-se chegar a cerca de 3m. Pilares intermediários podem ter ligeiras curvas, no sentido longitudinal da parede;
- (D-7) Apoiar a estrutura vertical de madeira sobre base elevada e fixá-la. Ao fixar os pilares, deve-se tomar alguns cuidados no ponto de contato desses com a viga de fundação. Convém executar uma espécie de pedestal, em concreto, com cerca de 7cm de altura e menor largura que o diâmetro do pilar, a ser executada entre a base do pilar e a viga de fundação. Assim, se evita que a estrutura vertical de madeira toque o piso e, conseqüentemente, entre em contato com a água do piso ou mesmo com aquela que escorre pela parede externa. No momento de concretagem da viga de baldrame, devem ser deixadas esperas de aço ½", com 60cm de comprimento, sendo que 30cm atravessam o pedestal e a viga e a outra metade é inserida no futuro pilar de tronco roliço de madeira de reflorestamento, previamente perfurado. A viga deve sobressair, pelo menos, 20 cm acima do solo, ou o baldrame pode estar apoiado sobre uma base de pedra, com cerca de 40 cm de altura, de forma a erguer as paredes e, assim, protegê-las contra a ação das águas presentes no solo. Na face superior do baldrame, são feitos furos, a intervalos regulares, a fim de receber os elementos verticais de madeira, que comporão a trama;
- (D-8) Nivelar os pilares pela altura, colocar a cinta de amarração e construir o telhado. Serrar os excessos eventualmente existentes nos pilares, de maneira a garantir que a cinta de amarração fique horizontal. Na face inferior da cinta, distribuir uniformemente furos, de modo a encaixar a extremidade superior dos elementos verticais que comporão a trama. Após a conclusão do telhado, haverá proteção contra ação da chuva, para que, então, possam ser edificadas as paredes;
- (D-9) Incluir vigas mestras, quando o pé-direito for marcante. Colocar vigas mestras, ou seja, vigas intermediárias, a fim de aliviar a carga incidente sobre o baldrame;
- (D-10) Inserir elementos diagonais em grandes panos de parede. Utilizar peças de madeira, colocadas em forma de cruz de Santo André ou mão-francesa, a fim de transmitir cerca de 75% da carga das paredes às

colunas, descarregando, a seguir, nos baldrames. Tal princípio também é abordado em estruturas enxaimel, como pode ser observado na Figura 53;

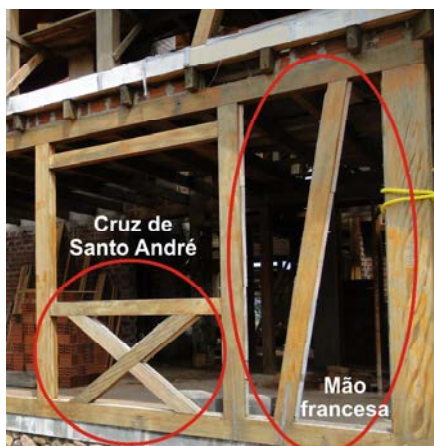


Figura 53: aplicação de cruz de Santo André e de mão-francesa, em estrutura enxaimel, de forma a melhor distribuir as cargas da parede. Fonte: Juliana Moehlecke.

- (D-11) Destinar vãos, sob a forma de quadros, para a colocação de esquadrias. Afixar dois elementos horizontais de madeira, preferencialmente com seção quadrada de 10x10cm, a pilares intermediários, funcionando como verga e peitoril da futura janela a ser encaixada. Adotar o mesmo princípio para a confecção de portas, sendo suas laterais, nesse caso, os próprios pilares, afixando a esses a verga da futura porta. Na Figura 54, acima da cruz de Santo André, visualiza-se o espaço destinado à colocação de uma janela;
- (D-12) Selecionar a madeira e confeccionar a trama. Destinar troncos, ripas de madeira, taquaras ou bambu, de acordo com a disponibilidade local, devidamente secos e cortados, mantendo sua casca natural. Encaixar os sarrafos verticais, com diâmetro de 10 a 15cm, nos furos deixados na viga de baldrame e na cinta de amarração, deixando entre os mesmos, um espaço de cerca de 22 cm, medido com a palma da mão. De ambos os lados dessa montagem de elementos verticais, fixar, em forma paralela, ripas ou varas horizontais, podendo ser da mesma espécie utilizada nos elementos verticais, porém, com menor seção e espaçamento. Unir as tiras horizontais aos elementos verticais de madeira, com prego ou amarrá-las com sizal, ou outras fibras vegetais, como aquelas destinadas a fabricar cordas. Ainda, pode-se substituir a trama de madeira por uma malha metálica, como a tela de galinheiro ou, como demonstrado na Figura 54, os elementos de madeira podem ser afixados na forma diagonal ou pode ser feita uma parede simples, com os elementos horizontais percorrendo os verticais, em movimento de zigue-zague;

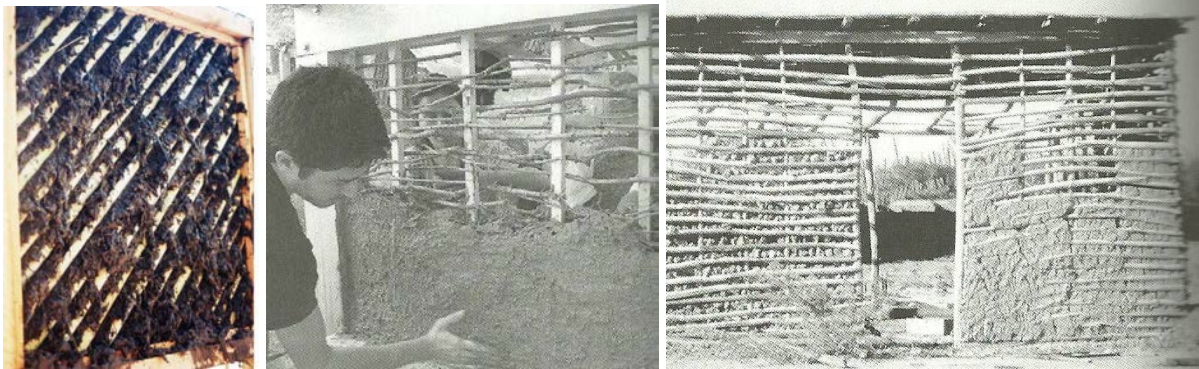


Figura 54: formação dos tramos de uma estrutura em pau-a-pique, em diagonal ou com movimento de zigue-zague. Fontes: Etchebarne (2004) e Minke (2008).

- (D-13) Fixar tubulação elétrica, de forma aparente, em pilares. Prender a tubulação elétrica junto à viga de amarração, descendo-a nos pilares intermediários, onde também devem ser afixadas tomadas e interruptores. Também pode ser inserida a tubulação elétrica entre as duas faces da trama, no caso de paredes duplas, escondendo-a, como se vê na Figura 55, que apresenta o que foi realizado em salas de aula edificadas em Salto, onde o interior da parede é preenchido com poliestireno expandido, exercendo função de isolamento acústico;



Figura 55: tubulação elétrica inserida entre duas faces da parede, preenchida com poliestireno expandido.

- (D-14) Fixar tubulação hidráulica, de forma aparente, em pilares. Deixar a tubulação hidráulica aparente, a fim de evitar eventuais fugas de água para o interior da parede e facilitar manutenção e reparos;
- (D-15) Reservar um espaço para “pisadeiro”, ou seja, local onde será preparada a mistura de barro. Proceder conforme instruído pela diretriz C-2;
- (D-16) Utilizar terra arenosa. Em geral, para estruturas em pau-a-pique, costuma-se adotar terra com características ligeiramente arenosas, ou seja, com 60% de areia em sua composição;

- (D-17) Umedecer a palha. Os construtores uruguaios indicam reservar a palha a ser utilizada na mistura (convém adotar palha de trigo, com 10 a 15 cm de comprimento) imersa em água por três a cinco dias, deixando-a flexível. Assim, garante-se melhor trabalhabilidade e aderência da mesma com a terra. Utiliza-se, em média, de 20 a 30 Kg de fibra por m³ de terra;
- (D-18) Confeccionar e aplicar a primeira camada de mistura de terra à trama. Etchebarne (2004) afirma que a primeira camada deve encobrir todos os elementos de madeira, com cerca de 2 cm de espessura, podendo ser composta por três partes de terra e uma parte de palha úmida, colocadas no pisadeiro em camadas sucessivas e umedecidas. Uma vez umedecida a mistura, a mesma deve ser pisada e deixada em repouso por dois dias, de forma que apodreça, antes de ser aplicada. Obviamente, o traço é definido de acordo com a composição do solo, verificada através dos testes expeditos, não sendo, portanto, universal. Segundo Minke (2008), a consistência da mistura é verificada através da queda de uma bola feita com a mesma, com 10 cm de diâmetro, de uma altura de 1 metro: se o diâmetro do disco, esparramado no chão, tem de 13 a 14 cm, a consistência é apropriada. A colocação se dá atirando a mistura, sob forma de bolas, que cabem na mão, em ambas as faces do entramado, com força, preenchendo, também, eventuais ocos entre as mesmas. Em caso de malhas metálicas, o barro não é atirado, mas sim, modelado sobre a mesma, devendo-se aplicar duas vezes a primeira camada, de modo a obter maior espessura. O recheio entre as duas faces de tramas de madeira pode, ainda, ser preenchido com pedras. O embarramento é feito de baixo para cima, seguindo, a seguir, o perímetro da edificação e originando superfícies rugosas, de modo a facilitar a aderência da camada seguinte;
- (D-19) Confeccionar e aplicar a segunda camada de mistura à trama. Ainda, segundo a arquiteta uruguaia, a segunda camada é composta por 4 partes de terra, 2 partes de esterco de vaca e 1 parte de areia, é aplicada após a secagem da primeira camada, de forma a cobrir as fissuras aparentes nessa e tendo, ainda, superfície rugosa. A quantidade de argila deve ir decrescendo a partir da primeira camada, tornando-se mais permeável e porosa à entrada de ar;
- (D-20) Confeccionar e aplicar a terceira camada de mistura à trama. Essa camada, mais resistente e durável, deve ser composta por três partes de areia e uma parte da mesma proporção que originou a segunda camada. Depois de um tempo de endurecimento, achatar com uma espátula, aumentando a compactação e diminuindo microfissuras;
- (D-21) Preparar a superfície para receber a primeira camada de reboco. Segundo Minke (2008), algumas recomendações devem ser seguidas para preparar a superfície das paredes para o recebimento da primeira camada de reboco, quais sejam: aguardar a completa secagem da última camada de barro aplicada; tirar qualquer material solto, raspando a superfície da parede; garantir uma superfície rugosa, ranhurando-a quando necessário; umedecer a superfície, antes de aplicar o reboco, de modo a facilitar a aderência do mesmo; aplicar com força o reboco, melhorando a coesão desse; para evitar fissuras de retração, a mistura deve conter quantidade suficiente de areia grossa e fibras; para melhorar a dureza, acrescentar aditivos, como esterco ou

cal; aplicar uma camada de pintura, posteriormente, melhorando a resistência à abrasão úmida. Deve-se, ainda, envolver os elementos estruturais de maior dimensão com tela de galinheiro, de modo a facilitar a aderência entre o barro e a madeira;

- (D-22) Reservar mistura com esterco por quinze dias. Seguir orientações da diretriz C-13;
- (D-23) Aplicar a primeira camada de reboco externo (reboco grosso). Os rebocos externos, devido ao considerável índice pluviométrico, tanto no Uruguai, quanto no Rio Grande do Sul, devem ser estabilizados. Conforme Minke (2008), podem ser utilizadas misturas contendo cimento, cal, gesso, esterco, óleos, resinas, emulsões asfálticas (1 terra argilosa : 1,5 areia grossa : 1 areia fina : 5% emulsão asfáltica) ou outros aglomerantes sintéticos. Etchebarne (2008) sugere, na mescla de cimento, utilizar 1 parte de cimento, para 10 partes de terra; na de cal, 1 parte de cal, para de 5 a 10 partes de terra; na de gesso, primeira camada com 1 parte de gesso, para $\frac{3}{4}$ a 1 parte de areia média (0,5mm) e de 0,1 a 0,15 parte de cal apagada, sendo que a segunda camada é semelhante, mas sem areia. O Ecocentro IPEC aconselha utilizar, nessa camada de reboco grosso, 1 e $\frac{1}{2}$ parte da mistura fermentada, descrita na diretriz C-13, 2 partes de areia e 1 parte de palha cortada, com 10cm de comprimento. Em geral, a primeira camada de reboco utiliza areia grossa (0-4mm);
- (D-24) Preparar grude ou cola de farinha. Dissolver $\frac{1}{4}$ de polvilho ou 1 parte de farinha de trigo em 2 partes de água fria. Acrescentar 4 partes de água fervendo e cozinhar em fogo baixo, até formar uma pasta translúcida, que se deixa esfriar. Tal grude será responsável por uma maior impermeabilização na camada mais externa de reboco;
- (D-25) Aplicar a segunda camada de reboco externo (reboco fino). Para a segunda camada de reboco podem ser utilizadas as mesmas mesclas sugeridas para a primeira camada, utilizando mais areia fina, que grossa. Entretanto, para um melhor resultado, inclusive estético, o Ecocentro IPEC aconselha juntar 1 parte da mistura de esterco anteriormente reservada, 2 partes de areia (1,5 areia fina, 0-1mm : 0,5 areia grossa, 0-4mm) e 1 parte de grude ou cola de farinha. Convém colocar tal mistura em uma betoneira previamente limpa, de modo a obter uma pasta mais uniforme, que é aplicada, com auxílio de uma espátula, sobre reboco grosso, já seco. A segunda camada de reboco será responsável pela aparência superficial final da parede, de forma que a mesma é espalhada com espátula, deixando a massa de forma mais lisa possível, deixando relevos ou fazendo desenhos;
- (D-26) Aplicar reboco interno. Os rebocos internos não são tão problemáticos quanto os externos, de modo que não precisam ser estabilizados, já que não recebem a ação das chuvas. As superfícies internas, antes de receberem o reboco, podem ser alisadas, depois de secas, com uma brocha empapada em água. Segundo Minke (2008), se necessário, aplicar reboco com mais de 1,5 cm de espessura, aplicar o mesmo em duas camadas, adotando, na primeira, mais argila e agregados grossos que na segunda. O aparecimento de fissuras superficiais, na primeira camada, não é problemático, uma vez que permite uma melhor aderência à segunda

camada que, caso também apresente micro-fissuras, pode ser corrigida com a própria tinta, posteriormente aplicada;

■ (D-27) Pintar as paredes. De acordo com Minke (2008), as pinturas externas devem ser repelentes à água e, em climas frios, porosas, de modo a permitir a difusão de vapor para o exterior, não sendo aconselhada, portanto, a utilização de látex. Podem ser confeccionadas tintas naturais, não tóxicas, misturando 1 parte de areia fina peneirada, 1 parte de argila ou torrão de cupinzeiro peneirado e 1 parte de grude ou cola branca, com corantes como: urucum, açafraão da terra, ou mesmo carvão, por exemplo, em quantidade tal, que se obtenha a cor desejada.

7.2.5 Diretrizes para aplicação da técnica de pau-a-pique pré-fabricado (E)

A técnica de pau-a-pique pré-fabricado em muito se assemelha com o pau-a-pique tradicional, a não ser pelo fato de o primeiro compreender a elaboração anterior da trama, seguindo medidas padrões. De tal forma, são elaborados padrões com medidas equivalentes, variando a sua composição, ou seja, pode ser criado, por exemplo, o painel A – formado por parede cega; o B – formado por um vão de porta na parede; o C – com janela na parede; e o D – com janela alta na parede, todos com mesma altura e largura, de modo que vão sendo encaixados os painéis nos espaçamentos, de acordo com a necessidade. Depois de fixados, os painéis são preenchidos com recheio de terra. O sistema de pré-fabricação tem vantagens como a aceleração da montagem da edificação, são autoportantes, e estimulam a formação de empresas especializadas na fabricação do mesmo, gerando empregos e renda para a localidade em que se encontra. Assim sendo, seguem as diretrizes para elaboração de tais painéis, sendo especificadas apenas aquelas que as diferem do sistema convencional de construções em pau-a-pique:

■ (E-1) Efetuar procedimentos de marcação do gabarito da obra e limpeza do terreno. Seguir diretrizes C-3 e C-4;

■ (E-2) Preparar canteiro de obras. Seguir diretriz D-1;

■ (E-3) Proceder cuidados com seleção, corte e secagem da madeira. Seguir diretrizes D-3, D-4 e D-5. Ainda, para proteção dos painéis, passar óleo de automóvel não queimado na madeira que os compõem, depois de fixados, mas antes de serem preenchidos com terra;

■ (E-4) Concretar a viga de fundação. A fundação deve utilizar materiais disponíveis no meio local, como pedras, tijolos cerâmicos ou blocos de concreto. Segundo CYTED (2003), a viga deve ter 22 cm de largura e sobressair 40 cm do solo, sendo impermeabilizada e perfeitamente nivelada em sua face superior, de modo a facilitar a fixação dos painéis. Conforme demonstrado na Figura 56a, junto à face da viga voltada ao interior da edificação, são deixados nichos com 12 cm de largura, 18 cm de comprimento e 15 cm de profundidade, a cada 1m de distância, onde serão, posteriormente, inseridas as tábuas de travamento, que conectarão um painel ao

outro. Existem, ainda, outras possibilidades de realizar as fundações com objetivo de fixar painéis de madeira. Uma dessas é, segundo Etchebarne (2004), a concretagem de uma viga com 20 cm de largura, sobressaindo 20 cm do solo, na qual são deixadas esperas de ferro de 6 mm a cada 50 cm, onde serão aparafusados os painéis previamente perfurados, solução apresentada na Figura 56b;

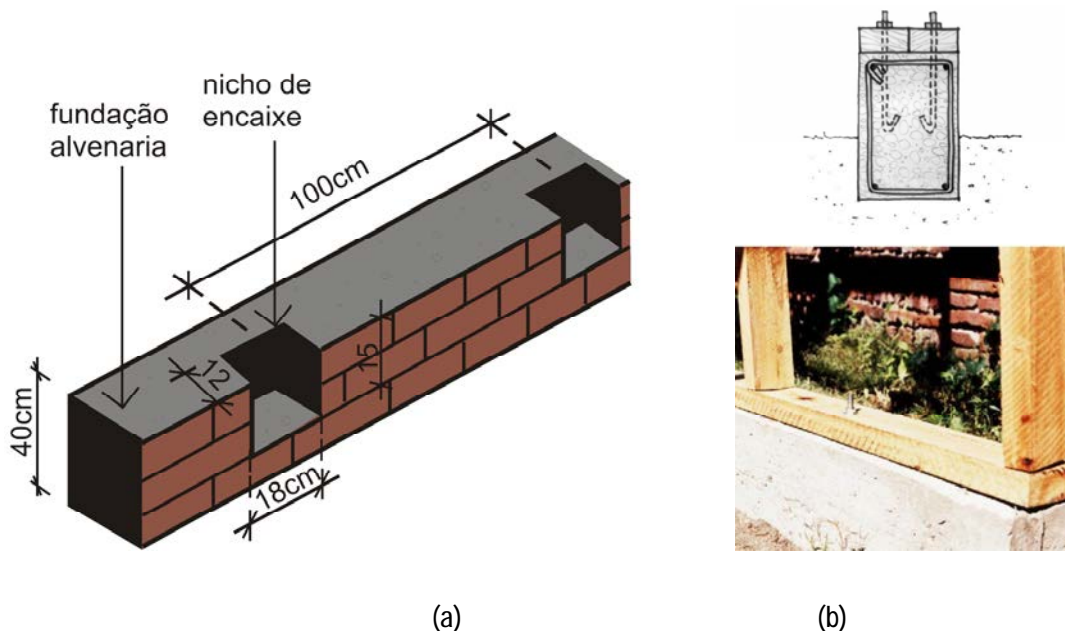


Figura 56: (a) reserva de nichos na fundação para posterior inserção de tábuas de travamento; (b) esperas de ferro 6 mm, onde serão aparafusados os painéis previamente perfurados. Fonte: 56b - adaptado de Etchebarne (2004).

- (E-5) Compactar a base do piso. Compactar o solo cuidadosamente, após a execução da viga, devendo o mesmo ficar de 8 a 10 cm abaixo da face superior da viga de fundação;
- (E-6) Montar a estrutura principal dos painéis, igualmente dimensionada. Todos os painéis devem ser feitos com a mesma dimensão, de forma que encaixem nas esperas deixadas na viga de fundação e que sejam flexíveis, adaptáveis a distintos pontos ao longo da parede. Formam-se, assim, quadros com 1m de largura, 2,5m de comprimento e 10 cm de espessura onde, posteriormente, serão inseridos os elementos verticais e horizontais;
- (E-7) Montar a estrutura auxiliar, composta por elementos verticais e horizontais. Dentro do quadro formado pelas molduras do painel, inserir 5 sarrafos verticais de 2 x 2 cm a cada 20 cm, fixando-os às horizontais superior e inferior do quadro. Tais elementos verticais são fixados na forma de sanduíche, entre duas guias horizontais, presas abaixo da horizontal superior e acima da horizontal inferior do quadro. A seguir, são presas, paralelamente, nos dois lados dos sarrafos verticais, ripas horizontais de 2 cm x 1 cm, espaçadas de 15 em 15 cm, de forma alternada, fazendo com que a distância longitudinal entre a ripa horizontal de uma face e a da outra face, seja de 7,5 cm. As ripas horizontais são presas nas laterais (elementos verticais do quadro) e no sarrafo vertical central. A estrutura resultante será similar ao esqueleto apresentado na Figura 57, abaixo;

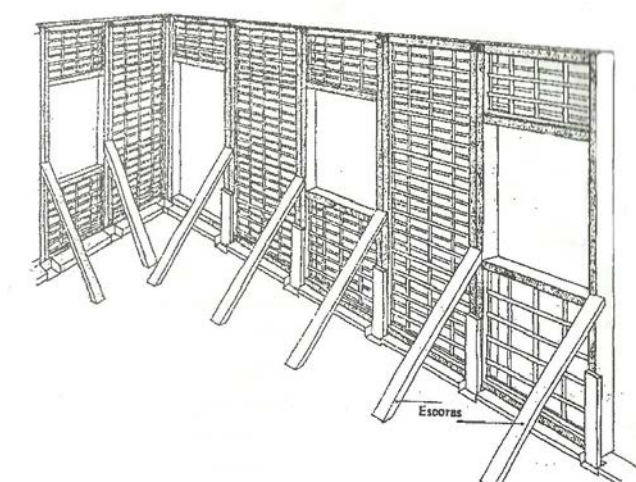


Figura 57: esqueleto de estrutura de pau-à-pique pré-fabricada. Fonte: CYTED (2003).

- (E-8) Fixar os painéis à viga de fundação. De acordo com CYTED (2003), deve-se fixar os painéis de tal forma que a face externa dos mesmos ultrapasse em cerca de 2 cm a face externa da viga, facilitando o escoamento d'água. Apoiá-los, provisoriamente, com escoras, conforme demonstrado na Figura 57. Preparar tábuas de travamento cortando elas com 90 cm de comprimento, 10 cm de largura e 2 cm de espessura e colocá-las, verticalmente, nos nichos deixados na viga de fundação, unindo, a seguir, as laterais dos quadros de painéis vizinhos. Inserir pregos na peça horizontal inferior da moldura do painel, deixando a cabeça dos mesmos de fora, para poder inserí-los na argamassa de assentamento. No local onde será fixado o painel, despejar uma fina camada de argamassa de assentamento, com areia e cimento. Colocar o painel na sua posição definitiva, cuidando para alinhá-lo corretamente. Fixar as tábuas de travamento, de forma que a metade de cada tábua será destinada a receber o painel seguinte. Quando este painel estiver colocado, preencher com argamassa de cimento o restante do nicho não ocupado pela tábua de travamento;
- (E-9) Fixar mata-juntas na interligação dos painéis. Na fase de acabamento, pregar mata-juntas de madeira, com 11 cm de espessura, cobrindo internamente o montante vertical de dois painéis encostados, de maneira que seja preenchido o espaço vertical existente entre a tábua de travamento e a cinta de amarração, a ser colocada a seguir;
- (E-10) Colocar a cinta de amarração. Fixar, em cima dos painéis unidos, a cinta de amarração, formada por tábuas com 15 cm de largura e 5cm de espessura, que servirá, principalmente, como amarração dos painéis, já que esses são autoportantes;
- (E-11) Construir o telhado;
- (E-12) Executar contrapiso e piso. Depois de fixar os painéis e o telhado, confeccionar o contrapiso de concreto ou de alvenaria de tijolos cerâmicos, com espessura variando entre 8 e 10 cm, de forma que o mesmo

se nivele com a face superior da viga de fundação. A seguir, colocar piso com cerca de 2,5 cm de espessura, de modo que esse corra até os travessões horizontais inferiores dos quadros que compõe os painéis;

- (E-13) Recheiar painéis e rebocá-los. Preparar misturas de terra e aplicá-las, conforme diretrizes propostas para o sistema convencional de pau-a-pique. Atentar, também, para a localização de tubulações elétricas e hidráulicas, além da pintura das paredes, realizadas a seguir, também conforme diretrizes propostas para o sistema convencional de pau-a-pique.

7.2.6 Diretrizes para aplicação da técnica de torrões de leiva (F)

- (F-1) Preparar canteiro de obras, efetuar procedimentos de marcação do gabarito da obra e limpeza do terreno. Seguir diretrizes C-3, C-4 e D-1;

- (F-2) Verificar o potencial de uso do solo para a técnica de torrões de terra. De acordo com o construtor de codinome "*Beija-flor*", deve-se procurar uma área onde tenha terra com pasto e extrair, do horizonte A (nível da superfície do solo), uma amostra: se a mesma é retirada com facilidade, sem que os torrões se esfarelem, o mesmo possui coesão. Nesse caso, pode-se adotar a referida técnica;

- (F-3) Reservar os troncos mais retilíneos para os pilares das esquinas. Efetuar processos de corte e secagem da madeira a ser utilizada na estrutura, assim como explicitado nas diretrizes D-3, D-4 e D-5. Edificações construídas com torrões podem ser auto-portantes, uma vez que suportam a carga do telhado. Entretanto, para uma melhor amarração das construções, convém adotar pilares nas esquinas das mesmas;

- (F-4) Concretar a viga de fundação com estrutura vertical de madeira nela encaixada. Adotar instruções similares à diretriz F-4. Atentar para a largura da viga, assim como a largura da base de pedra, quando utilizada. Ambas devem ter, no mínimo, 60 cm, já que será essa a espessura da parede resultante;

- (F-5) Nivelar os pilares pela altura, colocar a cinta de amarração e construir o telhado. Seguir diretriz D-8;

- (F-6) Construir o telhado.

- (F-7) Compactar a base do piso e executar o contrapiso. Seguir diretriz E-5.

- (F-8) Preparar a zona de extração dos torrões. Selecionar uma zona de extração próxima da obra, a fim de diminuir deslocamentos. Alguns dias antes da extração, o pasto deve ser cortado, no local, a fim de melhorar a compactação e facilitar o corte dos mesmos;

- (F-9) Demarcar o corte dos torrões. Marcar o tamanho do torrão a ser extraído com estacas e fio de nylon, conforme demonstrado na Figura 58a, garantindo que a largura dos mesmos corresponda à largura que se pretende obter na parede. Aconselha-se utilizar, na base, torrões com largura de 60 cm e, à medida que sobe a

parede, de 40 cm. As outras dimensões do torrão serão, como mostra a Figura 58b, equivalentes à largura (a) e comprimento (b) da pá de corte quadrada;

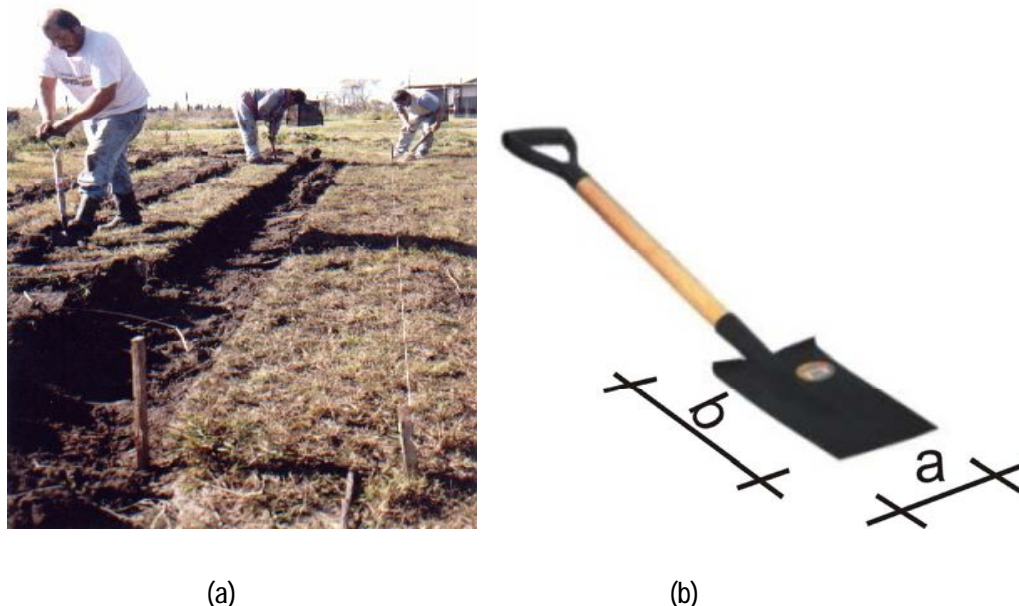


Figura 58: (a) corte e extração de torrões; (b) pá de corte quadrada a ser utilizada, compondo a largura (a) e espessura (b) do torrão, sendo o comprimento do mesmo definido pela marcação anterior, com 60 ou 40cm. Fonte: 58a – Alderton (2003).

- (F-10) Cortar e extrair os torrões. Utilizar uma pá de corte quadrada, bem afiada. Cortar as quatro faces laterais do torrão e arrancar a face inferior, através de um movimento de alavanca, com a ferramenta. Virar o torrão para baixo, retirando os excessos com a pá e emparelhando a face de baixo, para onde apontam as raízes. Devem ser cortados apenas os torrões que serão assentados no mesmo dia;
- (F-11) Assentar os torrões. Apoiar as fiadas de torrão sobre a base de pedra ou de concreto, previamente executada. Colocar fiadas sucessivas de torrão, mantendo a umidade natural do solo dos mesmos, eliminando aqueles que estejam ressecados e esfarelados. Colocar um torrão ao lado do outro, e fiada sobre fiada, sem argamassa de assentamento, evitando deixar vazios entre os mesmos. Dispor os torrões face a face (pasto com pasto, ou terra com terra) ou alternadamente, pasto com terra. Erguer, no máximo, três ou quatro fiadas por dia, que serão compactadas por seu peso próprio, es que podem ter sua compactação melhorada com golpes aplicados com uma tábua de madeira, plana;
- (F-12) Reservar nichos para colocação de esquadrias. Deixar vãos livres onde serão posteriormente locadas as esquadrias, conforme aponta a Figura 59, estruturando vergas de madeira acima das mesmas, a fim de sustentar as fiadas de torrões que farão o coroamento da edificação. Segundo Alderton (2003), deve-se colocar as vergas numa posição um pouco acima do limite superior das futuras esquadrias, uma vez que se deve considerar uma retração de secagem de 10 a 15% da altura total da parede. Lembrar que, a partir das

vergas, serão adotados torrões de 40 cm de largura, mantendo o prumo no interior das paredes, sendo a largura externa diminuída à medida em que sobe a parede;

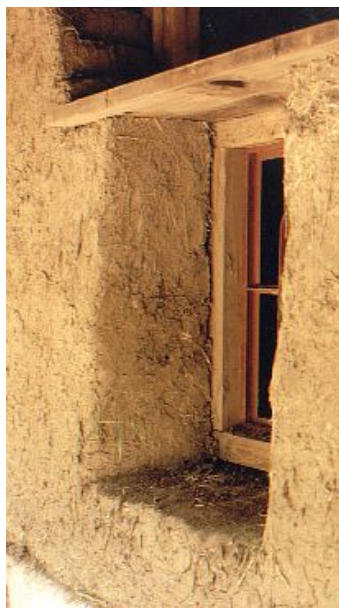


Figura 59: colocação de vergas na porção superior das esquadrias. Fonte: Alderton (2003).

- (F-13) Emparelhar nível e prumo. À medida que se ergue a parede, deve-se ir emparelhando o nível e o prumo, com o auxílio da pá afiada, conforme demonstrado na Figura 60, abaixo:



Figura 60: ajuste do nível e do prumo, com auxílio de pá. Fonte: Alderton (2003).

- (F-14) Fixar tubulações hidráulicas e elétricas. Adotar instruções da diretriz C-16;
- (F-15) Aplicar rebocos. Adotar instruções das diretrizes C-17 e C-18;
- (F-16) Pintar a edificação e garantir a sua manutenção. Seguir diretriz C-19.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo busca verificar de que modo o trabalho respondeu aos objetivos e à problemática propostos. De modo geral, se constata que alguns temas foram mais aprofundados que outros, o que é justificado devido a uma necessidade, diante do objeto de estudo, de um melhor entendimento das variáveis envolvidas.

As primeiras questões abordadas dizem respeito aos dois objetivos secundários, que originaram as ferramentas necessárias ao alcance do objetivo principal. Assim, inicialmente, procurou-se identificar programas de apoio e incentivos à construção em terra no Uruguai, bem como, identificar bioconstrutores, obras edificadas em terra e técnicas construtivas adotadas no Uruguai. Para tal, procurou-se entender, inicialmente, o processo de desenvolvimento da arquitetura de terra no país vizinho, através de contato com a UDELAR, prefeituras municipais, engenheiros e arquitetos locais, além da literatura específica. Conseqüentemente, obteve-se o mapeamento das principais edificações erguidas em terra, nos últimos anos, naquele país e foi possível compreender como ocorre a promoção da referida técnica construtiva, aspectos que foram apresentados ao longo do item 6.1.

A partir de então, buscou-se alcançar os mesmos objetivos, agora em relação ao segundo objeto, ou seja, o Rio Grande do Sul. Para superar essa meta, respondeu-se à seguinte questão secundária: qual a situação da arquitetura de terra, atualmente, no Rio Grande do Sul? Nesse segundo tema analisado (a arquitetura em terra no Rio Grande do Sul), surgiram maiores dificuldades, especialmente, devido à escassez de informações a respeito, que pode ser exemplificada através da única resposta obtida em relação aos questionários enviados, o que por si só configura um indicio de que tal forma de construção é muito pouco difundida no Rio Grande do Sul. Entretanto, foi possível rastrear algumas edificações, bem como bioconstrutores, que utilizam a terra, enquanto material construtivo, no Estado gaúcho – dados esses apresentados ao longo do item 6.2, de modo a garantir a continuidade da linha de raciocínio, permitindo ao leitor efetuar comparações com o outro objeto de estudo (Uruguai), apresentado no item anterior. Por outro lado, no tocante a programas de incentivo a esse tipo de solução construtiva, nada foi encontrado junto a entidades ou instituições que, potencialmente, poderiam apoiar essa proposta, ou mesmo através de consulta à literatura e a construtores locais.

De posse das informações obtidas até então, a pesquisa foi direcionada à busca de respostas para o objetivo principal, de formular diretrizes para o desenvolvimento da arquitetura em terra no Rio Grande do Sul, a partir da interpretação de estratégias uruguayas, para bioconstrutores gaúchos e para instituições financeiras/administração municipal. Nesta busca, foram elaborados roteiros, com linguagem acessível à população em geral. Nesses, procedeu-se à descrição textual, auxiliada por elementos gráficos, de procedimentos ordenados, a serem seguidos quando adotadas técnicas construtivas em terra. Dentre as diretrizes propostas, cabe ressaltar a importância de avaliar as condições climáticas do local em que está inserida a edificação, pois como apontado, mesmo a utilização de generosos beirais pode ser insuficiente para barrar os efeitos da chuva e do vento sobre

edificações feitas com terra, sendo necessária a utilização de outros artifícios como, por exemplo, a adoção de revestimentos adicionais ou mesmo peitoris de concreto; a necessária associação da escolha da técnica construtiva à composição do solo e às formas da edificação; o estímulo à autoconstrução, gerando empregos e favorecendo a economia local; o planejamento do canteiro de obras; a atenção ao cronograma da obra, atentando para os meses mais quentes e secos (no Rio Grande do Sul, de setembro a março); e a imensa necessidade da completa realização de testes expeditos. A seguir, também houve a preocupação em facilitar o acesso à casa “em terra”, propondo-se diretrizes que possam facilitar o apoio por parte de instituições financeiras e, assim, eliminar possíveis entraves à aprovação de edificações em terra, em nível municipal.

A pesquisa evidenciou, ainda, necessidade de ampla conscientização de profissionais, estudantes, instituições de pesquisa e universidades, a respeito dos benefícios oferecidos e das possibilidades tecnológicas que podem ser obtidas, a partir da aplicação de soluções que adotem a terra enquanto material construtivo.

Em adição, foram confirmados os pressupostos da pesquisa, uma vez que, ao tomar conhecimento da experiência uruguaia, foi possível buscar adaptações da mesma à realidade gaúcha, as quais originaram as diretrizes mencionadas. Também foi verificado que, devido à assessoria técnica disponível no país vizinho, associada a instituições de ensino, são obtidas edificações de muito boa qualidade. O mesmo não é verificado, atualmente, no Rio Grande do Sul, como exemplificado na substituição da técnica de torrões, nos ranchos em Herval, pela de pau-a-pique, que foi justificada como resultante da falta de conhecimentos técnicos. Também, as oficinas de bioconstrução oferecidas no Centro de Vivências Integria, no Rio Grande do Sul, por exemplo, embora tenham estimulado profissionais a investirem no ramo de construções com terra, demonstraram que a falta de acompanhamento técnico em tempo integral impede a correta execução e compromete o futuro desempenho da obra, fazendo com que a utilização de terra enquanto material construtivo fique desacreditada em locais onde a técnica é ainda incipiente. Por outro lado, a exemplo do que ocorre no país vizinho, oficinas de capacitação bem assessoradas, com acompanhamento integral, promovem desenvolvimento da economia local, gerando cooperativas, fundos de crédito e, conseqüentemente, fortalecendo comunidades inteiras.

Evidencia-se, pois, a necessidade de divulgar os resultados e práticas existentes e de implementar novas pesquisas, junto a construtores e comunidades, de modo a contribuir, assim, para a sua efetiva implementação prática. Através de um monitoramento cooperativo e estudos em grande escala, integrados a uma rede mundial de disseminação de conhecimentos, potencializa-se a conversão de tais conhecimentos em práticas mais sustentáveis.

Ainda, cabe destacar os benefícios oriundos da utilização de materiais construtivos mais saudáveis, tanto para os usuários da edificação, quanto para o meio-ambiente. De modo extremamente positivo, aos poucos, observa-se o crescimento gradual do conhecimento humano acerca do meio-ambiente, no concernente às relações diretas entre o meio-ambiente, a qualidade do ambiente construído e o estado de saúde e bem-estar da população.

Espera-se que, através do presente estudo, haja uma contribuição para o desenvolvimento da arquitetura em terra no Rio Grande do Sul. A ocorrência de ações isoladas no Estado gaúcho, ainda que carentes de técnica especializada, demonstra a gradual aceitação de técnicas construtivas mais sustentáveis, apontando para a oportunidade de expansão da arquitetura de terra, se bem assessorada. Entretanto, para que isto aconteça, é de extrema importância que ocorram ações conjuntas, de bioconstrutores, instituições de ensino, entidades financeiras, governo e população em geral, para que os preconceitos relativos às tecnologias que utilizam a terra, enquanto material construtivo, sejam, aos poucos, dissipados.

Salienta-se, mais uma vez, a intenção maior desse trabalho, qual seja, a de propor uma revalorização, de fato e de direito, das tecnologias de terra no Estado do Rio Grande do Sul. Certamente, tais intenções foram as motivadoras deste trabalho, e serão alcançadas a partir de iniciativas que só irão surgir, se estimuladas pelas informações já existentes e por diretrizes como as propostas ao longo deste estudo, que buscam o desenvolvimento de uma consciência maior e o alcance de um real desenvolvimento da arquitetura de terra no Rio Grande do Sul.

8.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A pesquisa se deparou com uma série de limitações, principalmente devido à carência de dados. Isso indica que o tema requer um aprofundamento continuado, com um envolvimento maior das instituições de investigação, por haverem sido constatadas, ainda, muitas lacunas. De qualquer modo, acredita-se que as informações obtidas e geradas possam conduzir a uma série de outras pesquisas e conseqüentes interpretações da realidade local e regional, originando avanços para a área estudada. Diante disso, são propostas as seguintes recomendações para trabalhos futuros:

- a) avaliação prática das diretrizes construtivas propostas;
- b) avaliação de desempenho de edificações, materiais e componentes (tijolo de adobe, BTC, painel de pau-a-pique, etc.) construídos com terra;
- b) realização de avanços na questão normativa de construções em terra, ainda inexistente no Brasil;
- d) análise do perfil de profissionais que trabalhem com terra e de clientes que busquem esse tipo de solução construtiva;
- d) avaliação da percepção de valor, por parte de usuários de edificações construídas com terra;

Ao final, resta a certeza de que surgirão novas interpretações para a temática em questão, ampliando o conhecimento acerca da reinvenção de técnicas vernaculares com tecnologias atuais; e a esperança de que o ser humano almeje, de fato, viver em comunhão e equilíbrio com a natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, Inés (a). Uruguaios de barro e palha. *Envolverde Revista Digital*. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.webjornal.net/Envolverde/TerramericaPDF/Terra497.pdf>. Acesso: 23/04/2010.

ACOSTA, Inés (b). Amigos de la tierra: la construcción ecológica se abre camino entre la tradicional. *La Diaria Revista Digital*. Disponível em: <http://ladiaria.com/articulo/2010/3/amigos-de-la-tierra/>. Acesso: 26/04/2010.

AGENDA HABITAT. The Habitat Agenda Goals and Principles, Commitments and the Global Plan of Action. 2003. 109p. Disponível em http://www.unhabitat.org/downloads/docs/1176_6455_The_Habitat_Agenda.pdf. Acesso: 25 ago 2009.

ALAMO, Rosana Correa; BARTRA, Jorge Burga. Hospedaje rural "Los Horcones" / Túcume- Peru. In: ALTERNATIVAS A LA OCUPACIÓN: ARQUITECTURAS EN TIERRA SEMINARIO – TALLER, 6, 2003, Montevideo. Anais... Montevideo: PROTERRA – CYTED – RED HABITERRA – Facultad de Arquitectura UDELAR, 2003.

ALDERTON, Cecília. Bioconstrucción: construcción com materiales naturales. Técnica terrón. In: ALTERNATIVAS A LA OCUPACIÓN: ARQUITECTURAS EN TIERRA SEMINARIO – TALLER, 6, 2003, Montevideo. Anais... Montevideo: PROTERRA – CYTED – RED HABITERRA – Facultad de Arquitectura UDELAR, 2003.

ARINI, Ruy; GALLO, Haroldo. A arquitetura de terra (solo cimento e cal) como "possível" fator de sustentabilidade. In: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, 2002, São Paulo. Anais...São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 8492: Tijolo maciço de Solo-Cimento. Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 6502: Rochas e Solos. Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1995. 18p.

_____. NBR 14037. Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. NBR 5674. Manutenção de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

_____. NBR 15575-1. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BARDOU, Patrick; ARZOUUMANIAN, Varoujan. *Arquitecturas de adobe*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1979.

BOHADANA, Ingrid Pontes Barata. Avaliação de Habitação de Interesse Social Rural, Construída com Fardos de Palha, Terra e Cobertura Verde, Segundo Critérios de Sustentabilidade. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 178p.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO. Camaçari. Manual de construção com solo-cimento. 3ed. São Paulo: ABCP, 1984. 147p.

CIB e UNEP-IETC. Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: a discussion document. 2002. Pretoria, África do Sul: CSIR Building and Construction Technology.

CENTRE DE RECHERCHE ET D'APPLICATION – TERRE (CRATERRE). Tout autour de la Terre: valoriser nos diversités et nos richesses culturelles un facteur de vitalité pour la terre, demain. Disponível em: <http://terre.grenoble.archi.fr/documentation/downloads/catalogueterreGI.pdf>. Acesso: 13/10/2009.

COLE, R. Emerging Trends in building environmental assessment methods. Building Research and Information. V.26. nº01 p.3-16.

COLOMBO, Cíliana Regina. Princípios teórico – práticos para formação de engenheiros civis: em perspectiva de uma construção civil voltada à sustentabilidade. Tese de doutorado. Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2004. 269p.

CORREIA, Mariana. Universalidade e Diversidade da Arquitectura de Terra. In: TERRA: FORMA DE CONSTRUIR. Arquitectura – Antropologia - Arqueologia – 10º Mesa Redonda de Primavera. Porto, 2006. Anais... Porto, 2006. FLUP / DCTP / ESG. Disponível em <http://www.aldeia.org/portal/user/documentos/MCorreia.pdf>. Acesso: 20/10/2009.

COSTI, Marilice. Avaliação pós-ocupação (APO): monitorando a arquitetura! Revista Infohabitar. Ano V, nº246. Maio 2009. Disponível em <http://infohabitar.blogspot.com/2009/05/avaliacao-pos-ocupacao-apo-monitorando.html>. Acesso: 15/08/2010.

CYTED – Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo. Técnicas Mixtas de Construcción com Tierra. Salvador: CYTED-HABYTED-PROTERRA, 2003.

DAUDT, Consuelo Pithan. Bioconstruções em terra crua: a utilização de técnicas de autoconstrução com adobes e fardos de palha nas cidades de Picada Café e Sentinela do Sul – RS. Monografia (Especialização em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006. 84p.

DELGADO, M. Carmen Jiménez; GUERRERO, Ignacio Cañas. Earth Building in Spain. Construction and Building Materials. V.20. nº09. p. 679-690. November 2006.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 18951. Lehmbauten, Vorschriften für die Ausführung. Jan. 1951.

DI MARCO, Ana Regina. Pelos caminhos da terra. Revista Projeto, n.65, p.47-59, jul.1984.

DOAT, Patrice; HAYS, Alain; HOUBEN, Hugo; MATUK, Silvia; VITOUX, François. Construire en Terre. Une oeuvre collective réalisée par le CRATerre – Centre de Recherche et d'application Terre. Paris: Alternative et Paraleles,1979.

DO-KYOUNG, Kim. The natural environment control system of korean traditional architecture: comparison with korean contemporary architecture. Building and Environment. V.41. nº12. p. 1905-1912. December 2006.

ETCHEBARNE, Rosário. Alternativas a la ocupación: casas de tierra. In: ALTERNATIVAS A LA OCUPACIÓN: ARQUITECTURAS EN TIERRA SEMINARIO – TALLER, 6, 2003, Montevideo. Anais... Montevideo: PROTERRA – CYTED – RED HABITERRA – Facultad de Arquitectura UDELAR, 2003.

ETCHEBARNE, Rosario; PIÑERO, Gabriela. *Arquitecturas de Tierra*. Salto: Facultad de Arquitectura Regional Norte, 2005.

ETCHEBARNE, Rosário. Fajina (Técnica mista). In: SEMINÁRIO – TALLER DE CONSTRUCCIÓN DE TIERRA, 2004, Santa Fé. Anais...Santa Fé, Argentina: PROTERRA – 2004.

ETCHEBARNE, Rosário; PIÑERO, Gabriela; SILVA, Juan Carlos. *Casa de Tierra / Construcción con BTC*. Salto: UREGH – Facultad de Arquitectura UDELAR, 2007.

ETCHEBARNE, Rosário; PIÑERO, Gabriela; SILVA, Juan Carlos. *Proyecto Terra Uruguay / Montaje de prototipos de vivienda a través de la utilización de tecnologías en tierra: adobe, fajina e BTC*. In: *Construcción con Tierra 2*. P. 05-20. Buenos Aires, Argentina: CIHE, SI, FADU, UBA, 2006.

FARIA, Obede Borges. *Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande (Americana-SP)*. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos: USP, 2002. 200p.

FERNANDES, Maria. *A taipa no mundo*. Coimbra, CEAUCP – Centro de Estudos Arqueológicos das Universidades de Coimbra e Porto. 2008. Disponível em: www.esg.pt/6atp/docs/Exemplo_de_artigo_Portugues.doc. Acesso: 10 mar 2010.

FLORES, Rosa Amélia. *Uso da taipa de pilão na selva do Peru*. In: WORKSHOP ARQUITETURA DE TERRA, 1995, São Paulo. Anais... São Paulo: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo /FAU/USP, 1995.

FOLLE, Andre Pfeiff; SILVERA, Luis. *Erradicación de viviendas rurales insalubres en Uruguay*. In: IV SEMINÁRIO IBEROAMERICANO / *Vivienda rural y calidad de vida en los asentamientos rurales*. Anais... Puerto Mont, Chile: RED XIV e CYTED-HABYTED. 21 a 23 de outubro de 2002.

GARCIA, Alberto Calla. *A construção com terra crua na cultura andina*. In: I SEMINÁRIO ÍBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA 1., Salvador, 2002. Anais... Salvador: Projeto PROTERRA, 2002.

GIBBERD, Jeremy. *The sustainable building assessment tool: assessing how buildings can support sustainability in developing countries*. 2004. Disponível em: http://www.buildnet.co.za/akani/2002/nov/gibberd_sandton.pdf. Acesso: 23 ago 2009.

HARRIS, D. J. *A quantitative Approach to the assessment of environmental impact of building materials*. *Building and Environment*. v. 34. n.6. p. 751-758. November, 1999.

HERRIOT, Robert E.; FIRESTONE, William A.. *Multisite Qualitative Policy Research: Optimizing Descriptions and Generalizability*. *Educational Researcher*. v.12. n.2. p14-19. February, 1983.

HERZFELD, Kareen; PLACITELLI, Carlos. *Construcción con tierra: aspectos humanos y constructivos*. In: ALTERNATIVAS A LA OCUPACIÓN: ARQUITECTURAS EN TIERRA SEMINARIO – TALLER, 6, 2003, Montevideo. Anais... Montevideo: PROTERRA – CYTED – RED HABITERRA – Facultad de Arquitectura UDELAR, 2003.

HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert. *Earth Construction: A Comprehensive Guide*. Intermediate Technology Publications, London, 1994. 376p.

Houben, Hugo; Guillaud, Hubert. Earthen architecture: materials, techniques and knowledge at the service of new architectural applications. In: WORKSHOP ARQUITETURA DE TERRA, 1995, São Paulo. Anais... São Paulo: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo /FAU/USP, 1995.

Jungblut, Mauro. Estudo de solos subtropicais visando o emprego na construção de habitações de baixo custo. 1993. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1993.

Klein, Sheila Elisa Scheidemantel. Diretrizes de gestão ambiental na indústria da construção civil de edificações. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Blumenau: FURB, 2002. 86p.

Leite, Francisco Tarciso. Metodologia Científica: métodos e técnicas de pesquisa: monografias, dissertações, teses e livros. Aparecida, SP: Idéias & Letras, 2008. p.68-69.

Lopes, Wilza Gomes Reis. A taipa de mão no Brasil. In: I SEMINÁRIO ÍBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA 1., Salvador, 2002. Anais... Salvador: Projeto PROTERRA, 2002.

Lopes, Wilza; Ino, Akemi. Aspectos construtivos da taipa de mão. In: Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra, p.15-36. Salvador: CYTED-HABYTED-PROTERRA, 2003.

Maniatidis, Vasiliou; Walker, Peter. A review of rammed earth construction. Natural Building Technology Group, University of Bath. Bath - UK, 2003. 118p.

Mazzeo, José Luis. Bioarquitectura: diseño y investigación. In: ALTERNATIVAS A LA OCUPACIÓN: ARQUITECTURAS EN TIERRA SEMINARIO – TALLER, 6, 2003, Montevideo. Anais... Montevideo: PROTERRA – CYTED – RED HABITERRA – Facultad de Arquitectura UDELAR, 2003.

Mellace, Rafael L.; Alderete, Carlos F.; Farias, Lucia E.. Centro Regional de Investigaciones de Tierra Cruda. Sistema Constructivo Llanas. In: I SEMINÁRIO ÍBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA 1., Salvador, 2002. Anais... Salvador: Projeto PROTERRA, 2002.

McHenry, Paul Graham; May, Gerald W. Adobe and rammed earth buildings: design and construction. New York: J Wiley, 1984. 217 p.

Middleton, G. F.. Build Your House of Earth: A Manual of Earth Wall Construction. Victoria: Austrália, 1982. 130p..

Milanez, Álvaro. Casa de terra – as técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo. Rio de Janeiro, Serviço Especial de Saúde Pública – Ministério da Saúde, 1958.

Minke, Gernot. Manual de Construcción en Tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. 3. ed. Montevideo: Fin de Siglo, 2008.

Morgado, Rachel Beckman; Costa, Fernando Campos. Análise dos ranchos de torrão de Aceguá/RS. In: IV ENCONTRO NACIONAL E II ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2007, Campo Grande. Anais... Campo Grande: ANTAC, 2007.

Muniz, Maria Izabel Perini. Arquitetura rural do século XIX, no Espírito Santo. 1989. Vitória, E.S. Aracruz Celulose S.A..

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; SALAS, Patrício Cevallos; HOFFMANN, Márcio. Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – práticas de campo. Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo. In: IV SEMINÁRIO ÍBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, 4. e SEMINÁRIO ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL, 3., 2005, Monsaraz (Portugal). Anais... Vila Nova de Cerveira (Portugal): Escola Superior Galaecia / PROTERRA – CYTED. 1 CD-ROM. P. 1-32.

NEVES, Célia Maria Martins. Inovações tecnológicas em construção com terra na Íbero-América. In: WORKSHOP ARQUITETURA DE TERRA, 1995, São Paulo. Anais... São Paulo: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo /FAU/USP, 1995.

OLIVEIRA, Carlos Alberto Balotta Barros de; SAVIOLI, Eduardo Dicenzi; GALLINUCCI, Fernanda de Toledo; GALVÃO, Guilherme Eduardo. Programa Mutirão. In: IV SEMINÁRIO ÍBERO-AMERICANO DA REDE CYTED XIV.C / Capacitação e transferência de tecnologia para habitação de interesse social: em busca de novas estratégias, 4., São Paulo, 2003. Anais... São Paulo: IPT, 2003.

OLIVEIRA, Leila Bueno de. Introdução ao estudo de adobe: construção de alvenaria. 2005. Disponível em: http://vsites.unb.br/fau/pos_graduacao/paranoa/edicao2005/adobe.pdf. Acesso: 04 jul 2010.

PINTO, Fernando. Arquitectura de Tierra – Que futuro? In: 7º Conferência Internacional Sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra. Silves, 1993. Anais... Lisboa, 1993. DGEMN, p. 612-617.

PROYECTO HORNERO. Agronomía + arquitectura: una experiencia universitaria. In: ALTERNATIVAS A LA OCUPACIÓN: ARQUITECTURAS EN TIERRA SEMINARIO – TALLER, 6, 2003, Montevideo. Anais... Montevideo: PROTERRA – CYTED – RED HABITERRA – Facultad de Arquitectura UDELAR, 2003.

PRUDENTE, Letícia Thurmann; COSTA, Fernando Campos; RIPOLL, André Cavedon. Habitação social rural: bioconstrução em assentamento da reforma agrária no pampa gaúcho. In: V ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2009, Recife. Anais... Recife: ANTAC, 2009.

RÍOS, Silvio; NESSI, Emma Gill. Uso histórico y actual de las técnicas mixtas de construcción con tierra en el Paraguay. Alternativas para la innovación. In: Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra, p. 15-36. Salvador: CYTED – HABYTED – PROTERRA, 2003.

RODRIGUES, Paulina F., Construções em terra crua. Tecnologias, potencialidades e patologias (Earth Constructions. Technologies, potentialities and pathologies), Lisboa, Faculdade de Ciência e Tecnologia – Universidade Nova Lisboa, 2003.

RODRIGUES, Raymundo. Identificação, atribuição de valores, contextualização analítica, proposições, de intervenções e de diretrizes em sítios históricos edificados em arquitetura de terra. In: I SEMINÁRIO ÍBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA 1., Salvador, 2002. Anais... Salvador: Projeto PROTERRA, 2002.

RÜGER, Burkard. Seit 1980 in Berlin/Brandenburg ausgeführte Lehm-bauvorhaben. In: KirchBauhof, Modern Bauen mit Lehm. Berlin, 1998.

SALMA, Eduardo; NEGREIROS, Ana; TOGNON, Marcos. Patologias da arquitetura de terra: avaliação – pós 10 anos de uso de uma residência construída em solo-cimento monolítico. In: IV SEMINÁRIO ÍBERO-AMERICANO

DE CONSTRUÇÃO COM TERRA E III SEMINÁRIO ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL. Monsaraz, 2005. Actas... Monsaraz: Projeto PROTERRA, 2005.

SAZS 724:2001, Zimbabwe Standard. Rammed Earth Structures. Standards Association of Zimbabwe, Harare, Zimbabwe.

SHIMBO, Lúcia Zanin. O encontro de famílias e assessores: organizando grupos para projetos de habitação rural. Coleção Cadernos Inovarural. Caderno Amarelo. Grupo HABIS: Grupo de Pesquisa em habitação e Sustentabilidade – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC-USP) e Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Brasília: CAIXA, 2007.

SILVA, Hélio Dias da.. Construção com terra crua: as técnicas construtivas, os modos de produção e a tipologia arquitetural decorrente. In: WORKSHOP ARQUITETURA DE TERRA, 1995, São Paulo. Anais... São Paulo: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo /FAU/USP, 1995.

SOARES, André. Soluções Sustentáveis – Construção Natural. Pirenópolis, GO: Mais Calango Editora. GO: Ecocentro IPEC – Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado, 2007.

SOZA, Mirta Eufemia. Construcción com tierra cruda / Sistemas de entramado técnicas mixtas tradicionales del noroeste argentino. In: Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra, p. 15-36. Salvador: CYTED – HABYTED – PROTERRA, 2003.

SMITH, Robert Chester. Arquitetura colonial. 1955. Salvador, Progresso Editora.

SMITH, Robert Chester. Arquitetura civil no período colonial. Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. 1969. Rio de Janeiro, Ministério da Educação e Cultura. V.17, p.27-125.

STANDARDS AUSTRALIA. The Australian earth building handbook. Standards Australia, Sydney, Australia, 2002.

STEINGASS, Peter. New chances for modern earth building. In: Modern Earth Building. Stuttgart, 2003. Disponível em http://www.moderner-lehmbau.com/english/programm/Chances_MEB_Peter.pdf. Acesso: 11/03/2010.

TIWARI, Piyush. Energy efficiency and building construction in India. Building and Environment. v.36. n10. p. 1127-1135. December 2001.

UREGH. Boletín Proyecto Terra Uruguay. Boletín nº 01, ano 1, setembro de 2005. Disponível em www.eartharchitecture.org/uploads/Boletin1.pdf. Acesso: 15 jan 2009.

ZANIN, Nauíra Zanardo. Abrigo na natureza: construção Mbyá-Guarani, sustentabilidade e intervenções externas. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre: UFRGS, 2006.

ZANIN, Nauíra Zanardo; CRUZ, Júlio Henrique Pinto. A sustentabilidade no ensino da arquitetura na Faculdade de Arquitetura/UFRGS. In: V ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2009, Recife. Anais... Recife: ANTAC, 2009.

WALKER, Richard; MORRIS, Hugh W.. Development of new performance based standards for earth building. In: Proceedings of the Australasian Structural Engineering Conference. 1998. Auckland, 30 September–2

October 1998, ed. J. W. Butterworth, vol. 1, 477–84. Auckland: Structural Engineering Society of New Zealand. Disponível em: <http://www.dab.uts.edu.au/ebrf/research/earthbuildingstandardnz.pdf>. Acesso: 4 nov. 2009.

WEIMER, Günter. Arquitetura popular da imigração alemã. 2ª ed. revisada e ampliada. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2005. 431p.

WOOLLEY, Tom. Natural materials, 'zero emissions' and sustainable construction. In: Terra 2000 International Conference on the study and Conservation of Earthen Architecture, 8, 2000, Torquay, United Kingdom. Anais... Torquay: Preprints, 2000.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. Our Common Future. 1987. Disponível em: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>. Acesso: 27 ago. 2009.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Trad. Daniel Grassi. – 3 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2005. 212p.

APÊNDICE A – CARTA DE APRESENTAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil

NORIE - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

Pesquisa: PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA A PROMOÇÃO DA ARQUITETURA EM TERRA CRUA NO RIO GRANDE DO SUL A PARTIR DA INTERPRETAÇÃO DE ESTRATÉGIAS URUGUAIAS.

Mestranda: Ana Paula Bayer

Orientador: Miguel Aloysio Sattler

CARTA DE APRESENTAÇÃO
Sujeito – Rio Grande do Sul

Porto Alegre, fevereiro de 2010.

Ilmo. Senhor
(NOME DO SUJEITO)
(cargo / profissão do sujeito)
(INSTITUIÇÃO / ESCRITÓRIO – Cidade)

Prezado Senhor

Estou em processo de realização da etapa de pesquisa de campo para a dissertação de mestrado no curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS. Tal estudo tem como título provisório "Proposta de Diretrizes para Promoção da Arquitetura em Terra Crua no Rio Grande do Sul a partir da Interpretação de Estratégias Uruguaias".

Para tal, estou realizando pesquisa qualitativa com profissionais do ramo da bioconstrução, que adotem, especificamente, técnicas de construção em terra crua, trabalhando de forma autônoma ou associada a instituições.

Gostaria, portanto, de contar com a sua participação enquanto sujeito do presente estudo, respondendo ao questionário enviado por correio eletrônico e permitindo acesso às obras em execução ou concluídas e documentos solicitados, quais sejam: imagens e especificações técnicas relativas às obras e materiais / técnicas utilizadas.

Serão abordados preceitos éticos para o desenvolvimento desse estudo, tais como: os sujeitos aderem voluntariamente ao estudo; os sujeitos não serão expostos, de forma que sua identidade será preservada (podendo ser de escolha do sujeito um nome fictício para representá-lo); os sujeitos serão tratados de forma respeitosa, sendo os resultados baseados nos dados de fato fornecidos, sem distorções, respeitando-se a vontade do sujeito quanto ao não registro de determinados dados.

Certa de poder contar com a sua participação em meu estudo, subscrevo-me atentamente,

Ana Paula Bayer

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO ENVIADO POR CORREIO
ELETRÔNICO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil

NORIE - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

Pesquisa: PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA A PROMOÇÃO DA ARQUITETURA EM TERRA CRUA NO RIO GRANDE DO SUL A PARTIR DA INTERPRETAÇÃO DE ESTRATÉGIAS URUGUAIAS.

Mestranda: Ana Paula Bayer

Orientador: Miguel Aloysio Sattler



QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO PARA PROFISSIONAIS GAÚCHOS ATUANTES NO RAMO DA CONSTRUÇÃO COM TERRA CRUA

Momento 1: PERGUNTAS FECHADAS e SEMI-ABERTAS

I. Identificação do Sujeito:

Codinome (três opções de nome de pássaro):

Idade:

Formação acadêmica:

Local:

Período:

II. Perfil profissional:

Atividade(s) Profissional(s) que desenvolve:

Atividade(s) Profissional(s) que desenvolveu anteriormente:

II. Caracterização das três principais obras em terra crua:

Obra (anexar imagem da mesma):

a) Denominação: _____

b) Uso previsto para a edificação (residencial, comercial, outro): _____

c) Localização: _____

d) Mês/ano de início:

Mês/ano de conclusão:

e) Área construída: _____m²

f) Financiamento (proprietário / instituição): _____

g) Assinale a técnica construtiva adotada:

 adobe superadobe BTC* taipa de pilão

* BTC ou bloco de terra comprimida são tijolos obtidos por meio de prensa, resultando da mistura de terra, água e eventualmente cimento, em proporções adequadas que, após comprimidos, seguem processo de cura para garantir seu endurecimento efetivo.

pau-a-pique torrão de terra outra. Qual? _____

h) Caracterização dos materiais adotados:

- dimensão, em metros (ex.: tijolo de adobe 0,1x0,2x0,4; superadobe com saco de propileno diâmetro 0,60cm):

- origem (especificar a origem da terra utilizada, se do próprio terreno ou de cidade específica – dizer o nome da cidade e distância da obra; efetuar o mesmo com os outros materiais, ex.: pau-a-pique – bambu oriundo de Porto Alegre, a 20Km da obra; superadobe – saco de propileno vindo da cidade tal, a tantos Km de distância da obra):

- traço (mencionar a composição dos materiais, ex.: BTC com 0,05 parte de cimento, 2 partes de terra e 0,5 de água; adobe com 2 partes de terra arenosa, 0,3 de palha de trigo cortada e 0,5 de água):

- resistência (especificar resultado de eventuais testes realizados com o material/edificação. Ex: compressão, arranque, estanqueidade, resistência ao fogo, isolamento acústico, etc):

- processo de confecção do material (relatar a forma como foram confeccionados os materiais, desde o primeiro passo até o último, e o tempo necessário até sua utilização):

- rendimento aproximado (ex: BTC – dois operadores, em prensas hidráulicas, fabricam 800 tijolos/dia com 8 horas de trabalho):

- observações: _____

i) Foi realizada análise de desempenho durante/após uso da edificação, ainda que através de observação visual?

sim. Observou-se que _____

não

j) Foi confeccionado manual de uso / manutenção para a edificação?

sim (anexar, se possível).

não

l) Numa escala de 1 a 5, qual foi, na sua opinião, o grau de satisfação do cliente?

1 2 3 4 5

m) O cliente manifestou satisfação ou insatisfação com a obra concluída? De que maneira expressou isso?

Momento 2: PERGUNTAS SEMI-ABERTAS

- A) Qual foi sua motivação principal para começar a trabalhar com técnicas que utilizem a terra crua enquanto material construtivo?

- B) De que forma e com quem aprendeu a construir com terra crua?

- C) Há quanto tempo está se dedicando à construção com terra crua? Utiliza esse material de forma exclusiva?

- D) Com quais técnicas de construção com terra crua trabalha?

- E) Do seu ponto de vista e de acordo com sua experiência, quais são os grandes entraves ao desenvolvimento da arquitetura de terra no Rio Grande do Sul?

- F) Você conhece alguma instituição que financie construções que utilizem a terra crua enquanto material construtivo ou programas que incentivem sua utilização?

- G) Que tipo de programa ou incentivo é necessário haver ou contribuiria para a disseminação de técnicas de construção que utilizem a terra enquanto componente principal?

- H) Qual o perfil / motivação do cliente que busca esse tipo de solução construtiva?

- I) Tem contato com outro profissional que exerça atividade similar, de construção com terra crua? (Favor nomear e, se possível, fornecer contato, telefone e/ou email)

APÊNDICE C – MINI-CURRICULUM DE BIOCONTRUTORES ENVOLVIDOS NA PESQUISA

João-de-barro, arquiteta formada pela UDELAR (*Universidad de la República*) – Uruguai. Trabalha como professor adjunto, coordenando a área de tecnologia da Faculdade de Arquitetura – *Universidad de la República*, na cidade de Salto. Desde 1993 integra a equipe da universidade, pesquisando, assessorando e construindo casas de terra. Integra o Projeto de Pesquisa PROTERRA do Programa Ibero-Americano CYTED, desde 2001. Participa, desde 2001, do convênio firmado entre a UDELAR e a escola de arquitetura de *Grenoble*, França, gerando projetos de intercâmbio na temática de arquitetura de terra e desenvolvimento sustentável. Coordenou a organização de seis eventos no Uruguai sobre arquitetura de terra, de 1995 a 2003. Construiu dez casas em terra de 1994 a 2001, para clientes particulares.

Sabiá, arquiteta formada pela *Hochschule der Kunste* de Berlim e pela *Universidad de la República Oriental del Uruguay*. Trabalhou na República Federal da Alemanha nas tarefas de reconstrução de Berlim. No Uruguai, trabalha em projetos de política de desenvolvimento financiados pelo governo alemão em construção com terra e reciclagem de habitações uruguaias desde 1997. É sócia do estúdio Ecoeco desde 1998.

Biguá: arquiteto, 34 anos, formado na *Facultad de Arquitectura da Universidad de la República (Farq-UDELAR)*, no período 1994 – 2005. Integrou a equipe técnica do Programa de Integración de Asentamientos Irregulares (PIAI, Ministerio de la Vivienda), de 2006 a 2007; o Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT), com o projeto "Elaboración de un programa regional de formación en técnicas de bioconstrucción" (2007-2008) e Proyectos de investigación científica y/o desarrollo tecnológico en el área de oportunidad: Energía; o Proyecto Hornero (2004-2006). Participou na execução de quatro projetos de construção com terra. Exerce a profissão enquanto profissional liberal desde 2005, sendo professor de *Acondicionamiento Lumínico Grado 1* (Farq, UDELAR) desde 2007, professor de *Arquitectura y Tecnología Grado 2* (Farq, UDELAR) desde 2008 e, desde 2009, integra a equipe do *Plan de Cohesión Social de la cuenca del Arroyo Carrasco* (Prefeituras de Montevideú e *Canelones* / Farq – Udelar).

Cardeal: arquiteta, 49 anos, formada na Facultad de Arquitectura da Universidad de la República Oriental del Uruguay, no período 1980 – 1990. Constrói com terra e materiais naturais desde 1987, aplicando diversas técnicas: terra-palha, torrões, adobe e taipa de mão. Participou de um curso teórico de construção com terra ministrado pelo arquiteto Juan Carballo, no Uruguai e partiu para a experimentação. Em 1996, assistiu ao PAT 96 como bolsista da UNESCO e, no PAT 99 (Second Pan-American Course on the Conservation and Management of Earthen Architectural and Archaeological Heritage), foi instrutora. Trabalha como profissional liberal e em sociedade com outra arquiteta desde 1996, para clientes particulares.

Verão: arquiteto, 31 anos, formado na *Facultad de Arquitectura da Universidad de la República (Farq-UDELAR)*, no período 1997 – 2008. Ministrou a disciplina *Grado 1 de Proyecto* (Farq, UDELAR). Atualmente, ministra a disciplina de *Grado 2 de proyecto* (Farq, UDELAR) e atua como profissional independente, sendo contratado pelo *Estudio Marq*. Realizou três projetos de arquitetura em terra, sendo que executou apenas um, não utilizado a terra enquanto material construtivo de forma permanente ou exclusiva.

Canario: arquiteto, 50 anos, formado na *Facultad de Arquitectura da Universidad de la República (Farq-UDELAR)*, no período 1978 – 1989. É professor na Faculdade de Arquitetura e coordenador técnico da *Unidad de Gestión del Hábitat de la Intendencia Municipal de Canelones*. Constrói há catorze anos com terra e há seis participa em cursos como professor, utiliza a terra enquanto componente construtivo principal ou secundário, como em tetos verdes.

Colibri: 31 anos, está cursando o segundo ano de paisagismo e finalizando o curso de arquitetura na Facultad de Arquitectura da Universidad de la República (Farq-UDELAR). É auto-didata e trabalha há 66 a 10 anos com construções em terra, baseado em leituras e experiências próprias. Foi professor de desenho no Universitário de Punta del Este, de construção em um programa do Ministério de la Educación y Cultura e de construção em terra num centro comunitário da prefeitura municipal de Maldonado.

Rabo-de-palha: 37 anos, formada em arquitetura e urbanismo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 1998. Iniciou a trabalhar com terra enquanto material construtivo a partir de um curso prático de construção em terra no Integria, em Picada Café, ministrado pelo professor alemão Gernot Minke em 2004, aperfeiçoando-se no mesmo curso, em 2005 e 2008. Sua primeira obra foi sua própria residência, edificada em estilo enxaimel, em 2005. Trabalha com projeto, execução e reformas de casas antigas construídas com barro, principalmente em estilo enxaimel e trata de patologias da construção, com perícia e reformas, sendo que não trabalha exclusivamente com terra.