

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**FACULDADE DE ARQUITETURA**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

**MÔNICA CRISTINA HENRIQUES LEITE OLENDER**

**A TÉCNICA DO PAU-A-PIQUE:**  
**subsídios para a sua preservação**

Salvador – Bahia  
2006

**MÔNICA CRISTINA HENRIQUES LEITE OLENDER**

**A TÉCNICA DO PAU-A-PIQUE:  
subsídios para a sua preservação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Bahia como requisito para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração Conservação e Restauração.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cybèle Celestino Santiago

Salvador – Bahia  
2006

**MÔNICA CRISTINA HENRIQUES LEITE OLENDER**

**A TÉCNICA DO PAU-A-PIQUE:  
subsídios para a sua preservação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Bahia como requisito para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração Conservação e Restauração.

Aprovada por:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cybèle Celestino Santiago

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Silveira Silva

---

Prof<sup>a</sup>. Dr. Sandro Lemos Machado

Salvador – Bahia  
2006

Olender, Mônica Cristina Henriques Leite

A técnica do pau-a-pique: subsídios para a sua preservação./  
Mônica Cristina Henriques Leite Olender. – Salvador: UFBA/PPGAU,  
2006.

xxvii, 119f: il.; 29,7 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia/ Faculdade de  
Arquitetura – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo,  
2006.

Área de concentração: Conservação e Restauro.

Bibliografia: f. 95-103

1. pau-a-pique. 2. terra crua. 3. patrimônio cultural. 4. preservação.  
5. conservação. I. Santiago, Cybele Celestino. II. Universidade Federal da  
Bahia, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-graduação em  
Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Dedico este trabalho a todos aqueles que sempre me ajudaram e torceram pelo meu sucesso: meu marido, meus pais, meus irmãos, meus avós e meus amigos.

## AGRADECIMENTOS

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cybèle Celestino Santiago, pela orientação do trabalho.

Aos professores Paulo Burgos, da Escola Politécnica da UFBA e Silvia Puccioni, do curso do CECRE, pela orientação em dois capítulos fundamentais da dissertação.

À toda a equipe do NTPR, principalmente ao Allard, que sempre me deu todo o apoio de que precisei.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos técnicos do Escritório do IPHAN na cidade de Tiradentes, em especial à arquiteta Isabel Câmara, pela atenção de sempre.

Ao meu marido Marcos, pelo companheirismo, compreensão e o carinho de sempre.

Aos meus pais e meus irmãos que tiveram, durante um bom tempo, que disputar com o pau-a-pique uma horinha comigo...

Aos arquitetos Raymundo Rodrigues e Wilza Lopes e à engenheira Célia Neves, por sempre se mostrarem dispostos a me ajudar nas pesquisas e na elaboração do trabalho.

À Rita Dória, Luzia dos Santos e Bete Gándara que me deram casa, comida e roupa lavada em Salvador. Rita e Luzia também tiveram papel fundamental nessa fase de elaboração do trabalho porque, juntas, conseguimos, por diversas vezes, espantar as “neuras” e as dificuldades de se fazer uma dissertação rindo, chorando e comendo muito acarajé! Obrigado, minhas amigas!

Às minhas irmãzinhas do coração Livia, Marcinha, Fayb’s e Rê Ceridono, por todo o apoio e amizade.

À equipe do PERMEAR que agüentou o meu mau humor e a minha "nervosia".

A todos aqueles que sempre torceram por mim: meus tios Marta, Marcos e Ilvany; meus avós; D. Ester, Regina, Fany, Abrahão, Blandina e Jaiminho; Aline Santos; Paulo e Malu Gawri; Rachel Falcão; Juciara (da Rita); João Carlos Cruz de Oliveira e Cláudia Bleichner.

À Milena Andreola, amiga querida, pelo apoio no finalzinho...

Aos proprietários dos edifícios que foram pesquisados durante o trabalho.

E, finalmente, a meus protetores: Deus, cuja luz iluminou meus passos e minhas idéias e cuja força me amparou nos momentos mais difíceis; à Santa Terezinha, N. Sra. Aparecida e N. Sra. da Glória, que estão sempre junto comigo.

## A CASA

“[...]Uma casinha de pau-a-pique, das bem pobrezinhas, se faz assim: primeiro se escolhe um lugar plano que é limpo de todos os matos e pedras. Depois, nos cantos da casa que vai ser (até o mais pobre, antes de começar a fazer a casa no terreno, já fez a casa nos pensamentos. Nos seus pensamentos está a "planta" da casa...) fincam-se paus de madeira forte, que não apodreça com a umidade. Depois amarram-se com cipó (não havia pregos) nos paus fincados, paus colocados em cima, na horizontal. Amarram-se também paus nos lugares onde vão ser as portas e as janelas. E paus para o futuro telhado. Feita essa armação forte, trança-se, entre os paus, uma grade de paus finos. A casa fica parecendo uma prisão ou, quem sabe, um galinheiro. Aí vem a parte divertida. Os amigos se reúnem em mutirão para amassar barro grudento. Tem de ser grudento porque, se não for, quando o barro secar, as paredes se esfarinham. Um segredo técnico: se se misturar bosta de vaca com o barro, o barro fica mais forte, dá mais liga. Das vacas se usa tudo, dos chifres à bosta. E esse é o nome que tem de ser falado. Bosta. Não serve cocô. Não serve fezes. Não serve excremento. De vaca, é bosta. Se não for bosta não dá liga e nem serve para adubar. Aí começa a brincadeira. Um grupo de dentro da casa e outro de fora. Cada um com seu monte de barro. E começam a por o barro na treliça de madeira. É assim que começa. Mas freqüentemente termina de outro jeito, especialmente se os construtores forem jovens. É

fácil passar do "por" o barro para "jogar" o barro... Mas as treliças são buracos amarrados com pauzinhos. O barro passa para o outro lado e acerta a cara de quem está do lado de lá - e o mutirão se transforma numa batalha alegre... Não há telhas para cobrir o teto. Teto se faz com sapé amarrado. Sapé é um capim que cresce nos campos. Não serve para nada. Só para cobrir. Está pronta a casa, de chão batido. Faltam duas coisas. As camas, que se fazem com paus fincados no chão e bambus atravessados - tem o nome de "jirau" - onde se põe o colchão de palha de milho, e o fogão de lenha. [...]"<sup>1</sup>

Rubem Alves

---

<sup>1</sup> disponível em [http://www2.uol.com.br/aprendiz/n\\_colunas/r\\_alves/id120601.htm](http://www2.uol.com.br/aprendiz/n_colunas/r_alves/id120601.htm)

## RESUMO

O pau-a-pique ou taipa de mão, como também é conhecido, representa uma das primeiras técnicas construtivas utilizadas no Brasil, tendo sido usado em uma considerável parcela dos edifícios que integram o patrimônio cultural brasileiro, muitos deles fazendo parte de núcleos urbanos reconhecidos mundialmente pela UNESCO como patrimônio da humanidade. Apesar disso, um número preocupante desses edifícios é perdido a cada ano devido, principalmente, ao desconhecimento da técnica, dos seus materiais constituintes e de formas adequadas de nela se intervir. Nesse sentido, o presente trabalho busca fornecer subsídios para a preservação do pau-a-pique, trazendo informações que: do ponto de vista histórico, visam ressaltar a sua utilização no Brasil e a sua importância para a história da arquitetura brasileira; do ponto de vista tecnológico, visam apresentar a técnica através das formas como mais comumente é encontrada (o que inclui seus materiais constituintes) e do ponto de vista da preservação, visam fornecer dados para uma adequada conservação dos edifícios de valor cultural com ele construídos, principalmente se os mesmos necessitam de intervenções de restauração.

**PALAVRAS-CHAVE:** pau-a-pique, terra crua, patrimônio cultural, preservação, conservação, proposta de intervenção.

## **ABSTRACT**

The wattle-and-daub method or “mud wall” as it is also known, represents not only one of the first building techniques utilized in Brazil, but also a considerable number of buildings which make up the Brazilian historical heritage, many of which are part of urban nuclei worldwide recognized by UNESCO as a Heritage of Humanity. Despite that, a concerning number of such buildings is lost every year, mainly due to the lack of knowledge of the technique, their constitutive materials and the adequate ways to intervene. In this sense, the present work aims to provide the subsidies for the preservation of the wattle-and-daub method by bringing forth information that: from a historic standpoint, intends to highlight its utilization in Brazil and its importance to the history of the Brazilian architecture; from a technological standpoint, intends to present the technique through the ways it is generally found (including the materials it uses); and from a conservation standpoint, intends to provide data for the adequate preservation of the historical buildings built with this technique, especially when such buildings need restoration interventions.

**KEY-WORDS:** wattle-and-daub, raw earth, cultural heritage, preservation, conservation, proposal intervention.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

#### Capítulo 1

**Figura 1.1** – Casa “popular” construída precariamente em pau a pique  
Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2006

**Figura 1.2** – Casa “popular” construída precariamente em pau a pique  
Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2006

**Figura 1.3** – Imagem que abre a página da Biblioteca Virtual Carlos Chagas onde a má execução do pau a pique está diretamente relacionada com doenças transmitidas por insetos, no caso específico a doença de chagas  
Fonte: adaptado de BIBLIOTECA VIRTUAL CARLOS CHAGAS, 2006

**Figura 1.4** – Ilustração de Percy Lau para “casas rústicas”, onde se destaca a parede de pau a pique  
Fonte: FREYRE, 1981, não paginado

**Figura 1.5** – Detalhe da figura 1.4

**Figura 1.6** – Sede da Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII). Localiza-se em Juiz de Fora/MG  
Foto: Mônica Olender, 2002

**Figura 1.7** – Sede da Fazenda Boa Esperança (construída no séc. XIX). Localiza-se em Belmiro Braga/MG  
Foto: Mônica Olender, 1999

**Figura 1.8** – Sede do Engenho d’ Água (construído no séc. XVII). Localiza-se em Ilhabela/SP  
Fonte: ITAPEMAR, 2006

**Figura 1.9** – Sede da Câmara Municipal de Vassouras (construída no séc. XIX). Localiza-se em Vassouras/RJ  
Foto: Mônica Olender, 2002

**Figura 1.10** – Casa do Padre Taborda (construída no séc. XIX). Localiza-se em Itaverava/MG  
Fonte: IEPHA, 2004

**Figura 1.11** – Sobrado residencial (construído no séc. XIX). Localiza-se em Santana dos Montes/MG  
Foto: Mônica Olender, 2002



**Figura 1.12** – Sobrado Ramalho (construído no séc. XVIII). Localiza-se em Tiradentes/ MG IPHAN, 2004

**Figura 1.13** – Casa residencial (construída no séc. XIX). Localiza-se no distrito de Rosário de Minas, município de Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 1.14** – Sede da Fazenda da Bahia (construída no séc. XIX). Localiza-se em Andrelândia/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 1.15** – Casa residencial (construída no séc. XIX). Localiza-se no distrito de Rosário de Minas, município de Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 1.16** – Fazenda Ribeirão das Rosas: exemplo de um banheiro adaptado, no séc. XX, ao interior do edifício de pau a pique do séc. XVIII. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2003

**Figura 1.17** – Casa do Padre Taborda (construída no séc. XIX). Localiza-se em Itaverava/ MG  
Fonte: IEPHA, 2004

**Figura 1.18** – Sede da Fazenda da Bahia (construída no séc. XIX). Localiza-se em Andrelândia/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 1.19** – Sede da Fazenda Boa Esperança (construída no séc. XIX). Localiza-se em Belmiro Braga/ MG  
Foto: Mônica Olender, 1999

**Figura 1.20** – Sobrado Visconde de Arantes (construído no séc. XIX). Localiza-se em Andrelândia/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 1.21** – Sede da Fazenda da Bahia (construída no séc. XIX). Localiza-se em Andrelândia/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 1.22** – Sede da Fazenda Paraíba (construída no séc. XIX). Localiza-se em Andrelândia/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 1.23** – Sede da Fazenda das Pedras (construída no séc. XIX). Localiza-se em Andrelândia/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 1.24** – Sede da Fazenda Santa Maria (construída no séc. XIX). Localiza-se em Belmiro Braga/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005



**Figura 1.25** – Sede da Fazenda Boa Esperança (construída no séc. XIX). Localiza-se em Belmiro Braga/ MG

Foto: Mônica Olender, 1999

**Figura 1.26** – Conjunto de residências situado no centro urbano do município de Santana dos Montes/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 1.27** – Conjunto de residências situado no centro urbano do município de Santana dos Montes/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 1.28** – Conjunto de residências situado no centro urbano do município de Santana dos Montes/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 1.29** – Sede da Fazenda da Posse (construída no séc. XIX). Localiza-se em Santana dos Montes/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 1.30** – Conjunto de residências situado no centro do distrito de Rosário de Minas, município de Juiz de Fora/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 1.31** – Conjunto de residências situado no centro do distrito de Rosário de Minas, município de Juiz de Fora/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 1.32** – Conjunto de residências situado no centro do distrito de Rosário de Minas, município de Juiz de Fora/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 1.33** – Sede da Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII). Localiza-se em Juiz de Fora/ MG

Foto: Mônica Olender, 2003

**Figura 1.34** – Sobrado Ramalho (construído no séc. XVIII). Localiza-se em Tiradentes/ MG

Foto: Fabiana Tavares, 2006

**Figura 1.35** – Igreja Matriz de N. Sr<sup>a</sup>. da Conceição (construída no séc. XIX). Localiza-se em Paty do Alferes/ RJ

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 1.36** – Sede da Câmara Municipal de Vassouras (construída no séc. XIX). Localiza-se em Vassouras/ R.J

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 1.37** – Igreja de São Sebastião do Rio Bonito (construída no séc. XIX). Localiza-se no distrito de Pentagna, município de Valença/ RJ

Foto: Renata Ceridono, 2005



## Capítulo 2

**Figura 2.1** – Esquema de técnicas construtivas que utilizam a terra crua

Fonte: adaptado de HOUBEN, 1994, p.5

**Figura 2.2** – “Palheiros” de pescadores localizados na região central do litoral de Portugal

Fonte: TOLEDO, 1986, p. 108

**Figura 2.3** – Muro de moledo. Localiza-se na cidade de Tiradentes/ MG

Foto: Fabiana Tavares, 2006

**Figura 2.4** – Parede de taipa de pilão. Localiza-se em Pirai/ RJ

Foto: Renata Ceridono, 2005

**Figura 2.5** – Edifício de pau a pique. Localiza-se em Santana dos Montes/ MG

Foto: Rachel Falcão, 2005

**Figura 2.6** – Edifício de adobe. Localiza-se em Campos dos Goitacases/ RJ

Foto: Geraldo Filizola, 2005

**Figura 2.7** – Abóbadas do templo funerário de Ramsés II. Localiza-se próximo à cidade de Luxor/ Egito

Fonte: FARIA, 2002, p.35

**Figura 2.8** – Ruínas das cidadelas cujo conjunto formavam a cidade de Chan-Chán. Localiza-se no Peru

Fonte: FARIA, 2002, p.36

**Figura 2.9** – Igreja Matriz de N. Sr<sup>a</sup>. do Rosário (construída no séc. XVIII). Localiza-se em Pirenópolis/ GO

Fonte: PIRENÓPOLIS, 2006

**Figura 2.10** – Igreja Matriz de N. Sr<sup>a</sup>. da Conceição (construída no séc. XIX). Localiza-se em Paty do Alferes/ RJ

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 2.11** – Vista da cidade de Shibam. Localiza-se no Iêmem do Sul

Fonte: FARIA, 2002, p. 34

**Figura 2.12** – Palácio de Alhambra. Localiza-se em Granada/ Espanha

Fonte: TRAVELER HAT, 2006

## Capítulo 3

**Figura 3.1** – Fases do solo

Fonte: adaptado de NOGUEIRA, p. 35



**Figura 3.2** – Forma das partículas

Fonte: adaptado de NOGUEIRA, 1988, p. 32

**Figura 3.3** – Estrutura dos solos grossos

Fonte: BUENO, 1984, p. 28

**Figura 3.4** – Representação das unidades estruturais da sílica (a) e da alumina (b)

Fonte: NOGUEIRA, 1988, p. 80

**Figura 3.5** – Unidade estrutural da caulinita

Fonte: NOGUEIRA, 1988, p. 81

**Figura 3.6** – Sobrado Ramalho (construído no séc. XVIII): fibras de sisal usadas entre o emboço e o reboco da parede de adobe. Localiza-se em Tiradentes/ MG

Fonte: IPHAN, 2004

**Figura 3.7** – Sobrado Ramalho: detalhe da figura 3.6**Figura 3.8** – Morfologia do tronco de árvores exógenas

Fonte: OLIVEIRA, p. 39

**Figura 3.9** – Direções na madeira

Fonte: adaptado de CALIL JUNIOR, 2003, p. 19

**Figura 3.10** – Tensão de tração paralela

Fonte: adaptado de CALIL JUNIOR, 2003, p. 40

**Figura 3.11** – Tensão de tração perpendicular

Fonte: adaptado de CALIL JUNIOR, 2003, p. 40

**Figura 3.12** – Tensão de compressão paralela

Fonte: adaptado de CALIL JUNIOR, 2003, p. 39

**Figura 3.13** – Aspecto de peças flambadas

Fonte: adaptado de REBELLO, 2000, p. 50-51

**Figura 3.14** – Tensão de compressão perpendicular

Fonte: adaptado de CALIL JUNIOR, 2003, p. 39

**Figura 3.15** – Aspecto de peças fletidas

Fonte: adaptado de REBELLO, 2000, p. 57

**Figura 3.16** – Flexão em peça de madeira

Fonte: adaptado de CALIL JUNIOR, 2003, p. 41

**Figura 3.17** – Tensão de cisalhamento perpendicular

Fonte: adaptado de CALIL JUNIOR, 2003, p. 41

**Figura 3.18** – Tensão de cisalhamento paralelo

Fonte: adaptado de CALIL JUNIOR, 2003, p. 41



## Capítulo 4

**Figura 4.1** – Seção de uma parede de pau a pique  
Fonte: adaptado de VASCONCELOS, 1979, p. 49

**Figura 4.2** – Edifício residencial (construída no séc. XX): parede de pau a pique. Localiza-se em Tiradentes/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.3** – Esquema de trama simples  
Desenho: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.4** – Esquema de trama dupla  
Desenho: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.5** – Esquema de estrutura autônoma (“gaiola”) de madeira existente na Fazenda Ribeirão das Rosas. Localiza-se em Juiz de Foral/ MG  
Desenho: OLENDER, 2002

**Figura 4.6** – Esquema de estrutura autônoma com vedação em pau a pique  
Fonte: ÁVILA, 1996, p. 42

**Figura 4.7** – Esquemas gaiola onde se destacam os nabos  
Fonte: PISANI, s.d., sem paginação

**Figura 4.8** – Esquema dc cruz de Santo André  
Fonte: adaptado de VASCONCELLOS, 1979, p. 14

**Figura 4.9** – Câmara Municipal de Vassouras (construída no séc. XIX): cruz de Santo André. Localiza-se em Vassouras/ RJ  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.10** – Marcas dos dedos gravadas durante o barreamento  
Fonte: OIKOS, 2005

**Figura 4.11** – Igreja Matriz de N. Sr<sup>a</sup>. da Conceição (construída no séc. XIX): marcas dos dedos do taifeiro. Localiza-se em Patv do Alferes/RJ  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.12** – Detalhe da figura 4.11. Localiza-se em Paty do Alferes/ RJ

**Figura 4.13** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): marcas dos dedos gravadas no barro. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.14** – Taifeiro pisando o barro  
Fonte: OIKOS, 2005



**Figura 4.15** – Esqueleto de uma casa de pau a pique onde as tramas estão prontas para serem barreadas

Fonte: TOLEDO, 1986, p. 257

**Figura 4.16** – Fazenda da Bahia (construída no séc. XIX): trama constituída por paus roliços, tanto os verticais quanto os horizontais. Localiza-se em Andrelândia/ MG

Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.17** – Câmara Municipal de Vassouras (construída no séc. XIX): trama constituída por paus serrados, tanto os verticais quanto os horizontais. Localiza-se em Vassouras/ RJ

Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.18** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): trama constituída por paus verticais roliços e paus horizontais serrados. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 4.19** – Paus verticais encaixados no frechal. Trama feita pelo Sr. José Trindade. Localiza-se em Tiradentes/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 4.20** – Detalhe do encaixe do pau vertical no frechal. Trama feita pelo Sr. José Trindade. Localiza-se em Tiradentes/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 4.21** – Furos para encaixe de paus verticais

Foto: Mônica Olender, 2004

**Figura 4.22** – Esquema de encaixe do pau vertical no frechal

Desenho: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.23** – Câmara Municipal de Vassouras (construída no séc. XIX): encaixe do tipo macho e fêmea do pau vertical no frechal. Localiza-se em Vassouras/RJ

Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.24** – Tipo de trama em que os paus verticais são presos às faces laterais dos frechais e as varas, nas faces posteriores daqueles

Desenho: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.25** – Tipo de trama em que os paus verticais são presos às faces laterais dos frechais e as varas, nas faces frontais daqueles

Desenho: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.26** – Protuberância na parede

Fonte: LEMOS, 1999, p. 126

**Figura 4.27** – Detalhe da figura 4.26

**Figura 4.28** – Fazenda Paraíba (construída no séc. XIX): paus verticais com faces superiores paralelas à face inferior do frechal

Foto: Mônica Olender, 2006



**Figura 4.29** – Tipo de trama em que as extremidades superiores dos paus verticais são presas em uma ripa fixada na face inferior do frechal  
Desenho: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.30** – Igreja Matriz de N. Sr<sup>a</sup>. da Conceição (construída no séc. XIX): paus verticais presos em ripa fixada no frechal. Localiza-se em Patv do Alferes/ RJ  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 4.31** – Esquema de colocação das ripas na trama: paralelas e alternadas  
Fonte: VASCONCELLOS, 1979, p. 48

**Figura 4.32** – Esquema de colocação das ripas em apenas um lado da trama  
Fonte: PISANI, s.d., sem paginação

**Figura 4.33** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): ripa de madeira extraída de palmeira  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 4.34** – Trama com os paus amarrados por cipó. Trama feita pelo Sr José Trindade. Localiza-se em Tiradentes/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 4.35** – Fazenda da Bahia (construída no séc. XIX): trama com os paus amarrados por cipó. Localiza-se em Andrelândia/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 4.36** – Sobrado Ramalho (construído no séc. XVIII): ripa presa ao pau a pique por prego. Localiza-se em Tiradentes/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 4.37** – Barreamento da trama  
Fonte: OIKOS, 2005

**Figura 4.38** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): pedaço de revestimento. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 4.39** – Detalhe do revestimento da figura 4.38. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 4.40** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): pintura parietal. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2003

**Figura 4.41** – Fazenda Boa Esperança (construída no séc. XIX): pintura parietal. Localiza-se em Belmiro Braga/ MG  
Foto: Mônica Olender, 1999



**Figura 4.42** – Casa do Padre Taborda (construída no séc. XIX): pintura parietal. Localiza-se em Itaverava/ MG  
Fonte: IEPHA, 2004

## Capítulo 5

**Figura 5.1** – Etapas em que se divide um projeto de restauração  
Fonte: PROGRAMA MONUMENTA, 2003, p. 19-46

**Figura 5.2** – Primeira etapa do projeto de restauração  
Fonte: adaptado de PROGRAMA MONUMENTA, 2003, p. 20-27

**Figura 5.3** – Segunda etapa do projeto de restauração  
Fonte: adaptado de PROGRAMA MONUMENTA, 2003, p. 28-29

**Figura 5.4** – Terceira etapa do projeto de restauração  
Fonte: adaptado de PROGRAMA MNUMENTA, 2003, p. 29-46

**Figura 5.5** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): manchas provocadas pela ocorrência de infiltração descendente. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 5.6** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): infiltração ascendente e erosão por respingo de água de chuva. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2002

**Figura 5.7** – Igreja Matriz de N. Sr<sup>a</sup>. da Conceição (construída no séc. XIX): intervenção inadequada de colocação de condutores. Localiza-se em Patv do Alferes/ RJ  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 5.8** – Edifício residencial: parte do edifício levada por enxurrada de água de chuva. Localiza-se em Ouro Preto/ MG  
Foto: Mônica Olender, 1997

**Figura 5.9** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): manchas de cor marrom devido à presença de terra no entorno do edifício. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2002

**Figura 5.10** – Mancha enegrecida (depositada em protuberância da parede)  
Fonte: LEMOS, 1999, p. 26

**Figura 5.11** – Fazenda Santa Maria (construída no séc. XIX): fissuras no enchimento causadas, ente outras coisas, por movimentação dos paus da trama. Localiza-se em Belmiro Braga/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005



**Figura 5.12** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): fissuras no reboco causadas por problemas na estrutura autônoma. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2003

**Figura 5.13** – Fazenda Santa Maria (construída no séc. XIX): fissuras no reboco (as causas devem ser investigadas no diagnóstico). Localiza-se em Belmiro Braga/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 5.14** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): fissuras no reboco cansadas, entre outras coisas, pela presença de água. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 5.15** – Fazenda Santa Maria (construída no séc. XIX): desprendimento de camada pictórica sobre reboco devido ao desprendimento do reboco sobre a peça de madeira. Localiza-se em Belmiro Braga/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 5.16** – Casa do Padre Taborda (construída no séc. XIX): desprendimento de emboço e reboco. Localiza-se em Itaverava/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2004

**Figura 5.17** – Casa do Padre Taborda (construída no séc. XIX): desprendimento de reboco sobre emboço. Localiza-se em Itaverava/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2004

**Figura 5.18** – Fazenda Santa Maria (construída no séc. XIX); perda de enchimento e das demais camadas da parede devido, entre outras causas, à presença de água. Localiza-se em Belmiro Braga/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 5.19** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): perda de enchimento devido, entre outras causas, à presença de água. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 5.20** – Igreja Matriz de N. Sr.<sup>a</sup>. da Conceição (construída no séc. XIX): desprendimento de trecho da sobreverga devido à presença de vegetação de médio porte. Localiza-se em Paty do Alferes/ RJ  
Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 5.21** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): presença de organismos xilófagos. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG  
Foto: Mônica Olender, 2003

**Figura 5.22** – Igreja Matriz de N. Sr.<sup>a</sup>. da Conceição (construída no séc. XIX); presença de fungos. Localiza-se em Paty do Alferes/ RJ  
Foto: Mônica Olender, 2005



**Figura 5.23** – Sede da Câmara Municipal de Vassouras (construída no séc. XIX): presença de cupim de solo. Localiza-se em Vassouras/ RJ

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 5.24** – Igreja Matriz de N. Sr<sup>a</sup>. da Conceição (construída no séc. XIX): a linha vermelha acompanha a deformação da parede. Localiza-se em Paty do Alferes/ RJ

Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 5.25** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): paus verticais da trama deformados. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 5.26** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): erosão provocada pela ação da água. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG

Foto: Mônica Olender, 2003

**Figura 5.27** – Edifício residencial (construído no séc. XX): erosão provocada pela ação do vento. Localiza-se no distrito de Rosário de Minas, município de Juiz de Fora/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 5.28** – Sobrado Ramalho (construído no séc. XVIII): oxidação do prego da trama. Localiza-se em Tiradentes/ MG

Foto: Mônica Olender, 2003

**Figura 5.29** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): oxidação dos pregos na janela. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG

Foto: Mônica Olender, 2003

**Figura 5.30** – Igreja Matriz de N. Sr<sup>a</sup>. da Conceição (construída no séc. XIX): presença de microorganismos sobre a parede. Localiza-se em Paty do Alferes/ RJ

Foto: Mônica Olender, 2006

**Figura 5.31** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): presença de microorganismos sobre a parede. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG

Foto: Mônica Olender, 1999

**Figura 5.32** – Fazenda Ribeirão das Rosas (construída no séc. XVIII): presença de microorganismos sobre a parede e nos pisos e espelhos da escada. Localiza-se em Juiz de Fora/ MG

Foto: Mônica Olender, 1999

**Figura 5.33** – Fazenda Santa Maria (construída no séc. XIX): elementos salientes sobre esteio de madeira. Localiza-se em Belmiro Braga/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005

**Figura 5.34** – Fazenda Santa Maria (construída no séc. XIX): esteio falquejado. Localiza-se em Belmiro Braga/ MG

Foto: Mônica Olender, 2005



**Figura 5.35** – Camada de resina sobre a terra

Fonte: CHIARI, 2000, p. 92

## Apêndice

**FiguraAp1** – Ensaio da queda da bola

Fonte: NEVES, 2005, p.16

**Figura Ap2** – Ensaio do recipiente de vidro

Fonte: NEVES, 2005, p.17

**Figura Ap3** – Etapas de execução do ensaio de resistência seca

Fonte: NEVES, 2005, p.21

**Figura Ap4** – Etapas de execução do ensaio do cordão

Fonte: NEVES, 2005, p.18

**Figura Ap5** – Etapas de execução do ensaio da fita

Fonte: NEVES, 2005, p.20

**Figura Ap6** – Ensaio da caixa

Fonte: NEVES, 2005, p.25

**Figura Ap7** – Exemplo de curva granulométrica

Fonte: LABORATÓRIO DE GEOTECNIA, 2006

**Figura Ap8** – Equipamentos utilizados para o ensaio do peneiramento

Fonte: GEOTECNIA, 2006

**Figura Ap9** – Etapas de execução do ensaio de sedimentação

Foto: Mônica Olender, 2002

**Figura Ap 10** – Indicação dos estados e dos limites de consistência

Fonte: adaptado de CAPUTO, 1988, p. 53

**Figura Ap 11** – Equipamentos para a determinação do limite de liquidez ( $w_L$ )

Foto: Mônica Olender, 2003

**Figura Ap12** – Aparelho de Casagrande

Foto: Mônica Olender, 2003

**Figura Ap13** – Equipamentos para a determinação do limite de plasticidade

Foto: Mônica Olender, 2003

**Figura Apl4** – Carta de plasticidade

Fonte: adaptado de PINTO, 2000, p. 40



## MAPAS

**Capítulo 1****Mapa 1.1** – Mapa do Estado de Minas Gerais

Fonte: adaptado de GEOCITIES, 2006

**Mapa 1.2** – Mapa do Estado do Rio de Janeiro

Fonte: adaptado de ANASPS, 2006

## TABELAS

**Capítulo 3****Tabela 1**– Dimensões das frações do solo

Fonte: adaptado de NOGUEIRA, 1988, p. 32

**Capítulo 4****Tabela 2** – Principais técnicas de entramados encontradas em países da América Latina

Fonte: adaptado de NEVES, s.d., p. 51

**Capítulo 5****Tabela 3** – Exemplo de tabela de patologias de estrutura em edificações de pau a pique

Fonte: adaptado de PUCCIONI, 2002, não paginado

**Tabela 4** – Exemplo de tabela de patologias de umidade em edificações de pau a pique

Fonte: adaptado de PUCCIONI, 2002, não paginado

**Tabela 5** – Exemplo de tabela de lesões de materiais em edificações de pau a pique

Fonte: adaptado de PUCCIONI, 2002, não paginado

**Apêndice****Tabela Ap1** – Informações úteis para a classificação dos solos em função das frações existentes

Fonte: NEVES, 2005, p. 15

**Tabela Ap2** – Parâmetros para a avaliação do ensaio de resistência seca

Fonte: NEVES, 2005, p.21

**Tabela Ap3** – Parâmetros para a avaliação do ensaio do cordão

Fonte: NEVES, 2005, p.19



**Tabela Ap4** – Parâmetros para a avaliação do ensaio da fita

Fonte: NEVES, 2005, p.20

**Tabela Ap5** – Classificação indicada pelo CRATerre em função do limite de liquidez ( $w_L$ ) e do índice de plasticidade (IP) do solo

Fonte: apud NEVES, 2005, p. 8

**Tabela Ap6** – Valores do índice de atividade para os quais a argila é considerada inativa, normal ou ativa

Fonte: adaptado de PINTO, 2000, p. 14

**Tabela Ap7** – Grau de atividade das argilas

Fonte: adaptado de BURGOS, 1998, p. 103

## LISTA DE ABREVIATURAS

Ap – apêndice  
 cm – centímetro  
 Faz – fazenda  
 m – metro  
 mm – milímetro

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
 CECRE – Curso de Especialização em Conservação e Restauração de Monumentos e Sítios  
 CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento  
 CONDEPHAAT – Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico  
 CRATerre – *Centre International de la Construction en Terre*  
 CYTED – Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento  
 GRET – Grupo de Pesquisa e Intercâmbio Tecnológico  
 HABITARE – Programa de Tecnologia de Habitação  
 ICOMOS – Conselho Internacional de Monumentos e Sítios  
 IEPHA – Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado de Minas Gerais  
 IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional  
 NEPHU – Núcleo de Estudos e Projetos Habitacionais Urbanos  
 UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>01</b>
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	01
1.2. RELEVÂNCIA DO TEMA	05
1.3. OBJETIVOS	06
1.3.1. Gerais	06
1.3.2. Específicos	06
1.4. METODOLOGIA	04
1.5. ESTRUTURA	14
<b>2. A TERRA COMO MATÉRIA PRIMA PARA A CONSTRUÇÃO</b>	<b>15</b>
2.1. AS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	16
2.2. A UTILIZAÇÃO DO MATERIAL TERRA NO MUNDO: BREVES CONSIDERAÇÕES	17
2.3. A UTILIZAÇÃO DO MATERIAL TERRA NO BRASIL: BREVES CONSIDERAÇÕES	18
2.4. A TERRA CRUA COMO PATRIMÔNIO CULTURAL	24
<b>3. A TERRA E A MADEIRA: ASPECTOS GERAIS</b>	<b>28</b>
3.1. O SOLO	28
3.1.1. A formação (gênese) dos solos	28
3.1.2. Fases do solo	29
3.1.3. Tamanho e forma dos sólidos	30
3.1.4. Cor dos solos	32
3.1.5. Estrutura dos solos	32
3.1.6. Identificação dos solos através da análise de suas partículas	35
3.1.7. Estabilização dos solos	35
3.2. A MADEIRA	38
3.2.1. Considerações iniciais	39
3.2.2. Características da madeira como material de construção	41
3.2.2.1. Físicas	42
3.2.2.2. Mecânicas	42



<b>4. O SISTEMA CONSTRUTIVO DO PAU-A-PIQUE</b> .....	<b>46</b>
4.1. O PAU-A-PIQUE NO BRASIL .....	48
4.2. ESPECIFICIDADES SOBRE A TÉCNICA .....	50
4.3. ELEMENTOS QUE COMPÕEM UMA PAREDE DE PAU-A-PIQUE .....	56
4.3.1. Trama .....	56
4.3.1.1. Paus verticais .....	57
4.3.1.2. Paus horizontais .....	62
4.3.1.3. Elementos de união entre os paus da trama .....	63
4.3.2. Enchimento .....	65
4.3.3. Revestimento .....	66
4.3.3.1. Emboço/ reboco .....	66
4.3.3.2. Acabamento .....	66
<b>5. INTERVENÇÃO EM EDIFÍCIOS COM VALOR CULTURAL CONSTRUÍDOS COM PAU-A-PIQUE</b> .....	<b>68</b>
5.1. O PROJETO DE RESTAURAÇÃO .....	69
5.1.1. A etapa do diagnóstico .....	72
5.1.1.1. Mapeamento de danos .....	72
5.1.1.2. Análises do estado de conservação .....	82
5.1.2. A etapa da proposta de intervenção .....	82
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA UMA BOA INTERVENÇÃO .....	84
5.2.1. Em relação à trama .....	84
5.2.2. Em relação ao enchimento, emboço e reboco .....	85
5.2.3. Em relação à estrutura autônoma .....	87
5.2.4. Em relação à pintura .....	88
5.2.5. Em relação à estabilização .....	88
5.2.5.1. Fibras .....	88
5.2.5.2. Cal, cimento e gesso .....	88
5.2.6. Em relação à consolidação dos revestimento .....	89
5.2.7. Em relação aos ensaios que são necessários realizar .....	90
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>92</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>95</b>



**APÊNDICE ----- 104**

**ANEXO ----- 118**



## INTRODUÇÃO

### 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil possui um imenso acervo artístico e arquitetônico que, muitas vezes, é desconhecido pelo seu povo. É muito comum ocorrerem situações em que estrangeiros chegam ao país para apreciar paisagens e obras de arte sobre as quais os próprios habitantes dos lugares onde as mesmas se situam nunca ouviram falar ou, se ouviram, nunca se interessaram em conhecê-las.

Restringindo o assunto à arquitetura brasileira, esse mesmo problema de desconhecimento acontece em relação à sua história, principalmente naquilo que se refere aos materiais tradicionalmente utilizados há séculos na construção civil e aos "saberes-fazeres" das técnicas construtivas brasileiras associados a eles. E tal desconhecimento não é exclusivo da parcela "leiga" da sociedade, mas também daquela formada por arquitetos e engenheiros que se dizem responsáveis pela salvaguarda dos edifícios considerados de valor cultural.

Desde o início da colonização portuguesa no Brasil, quando práticas de construção lusitana somaram-se a costumes indígenas e africanos, um dos materiais mais empregados para erguer edifícios foi a terra, mais precisamente a terra crua. E desde essa época ela nunca mais deixou de ser utilizada. As diversas técnicas que a empregam como matéria-prima são encontradas espalhadas por todo o território nacional sendo que, algumas delas, podem até ser identificadas com determinadas regiões devido a características que permitiram a sua melhor adaptação ao clima, vegetação e relevo das mesmas.

Uma das técnicas mais encontradas na arquitetura brasileira, à qual é atribuída a feitura dos primeiros edifícios construídos pelos portugueses no Brasil, é aquela conhecida principalmente como pau-a-pique ou taipa de mão. Ao contrário do que muitos pensam atualmente – em grande parte por considerá-la uma técnica efêmera, já que está associada a fatores negativos como má execução, pobreza (figura 1.1 e 1.2) e doenças transmitidas por insetos (figura 1.3) – o pau a pique, quando executado de forma correta, é altamente resistente, seguro (é indicado, inclusive, para áreas afetadas por abalos sísmicos), ecológico<sup>1</sup> e

---

<sup>1</sup> Segundo Obede Faria, um "material Ecológico qualifica o produto ou a matéria tendo as seguintes características: ser econômico em matéria-prima (ou feito de matérias primas renováveis) e consumir um mínimo de energia para sua fabricação. A produção, o trabalho e a utilização devem ser feitos dentro de condições de trabalho corretas, sem prejudicar o meio ambiente. Enfim, ele deve ser facilmente reciclável (poluição e resíduos



de baixíssimo ou nenhum custo por ser feito com materiais disponíveis no próprio terreno da construção – terra, madeira, fibras etc – ou em regiões próximas a ele.



**Figura 1.1** – Casa “popular” construída precariamente em pau a pique



**Figura 1.2** – Casa “popular” construída precariamente em pau a pique



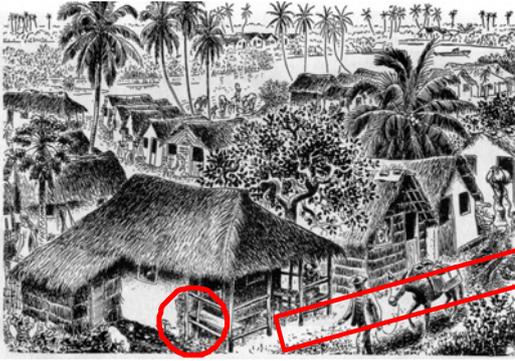
**Figura 1.3** – a má execução do pau-a-pique é diretamente relacionada com doenças transmitidas por insetos

Ainda existe no Brasil um número inacreditável de edifícios com valores culturais, muitos deles inclusive reconhecidos pela UNESCO como patrimônio mundial (pertencentes a conjuntos urbanos como o de Diamantina, por exemplo), que são construídos, parcial ou totalmente, com paredes de pau a pique. Em séculos passados a sua utilização era generalizada e muito comum, fato este que pode ser constatado pela observação dos edifícios remanescentes em zonas urbanas e rurais do país: desde simples casebres e senzalas (figuras 1.4 e 1.5) até suntuosas sedes de fazendas dos períodos do ouro e do café (figuras 1.6 e 1.7), engenhos de açúcar (figura 1.8), edifícios públicos (figura 1.9) e residências urbanas (figuras 1.10 e 1.11). É sob essa vertente que se pretende, ao longo do trabalho, apresentar a técnica do pau a pique.

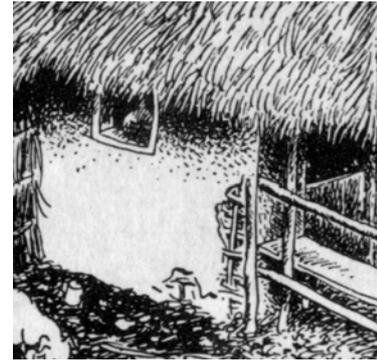
---

reduzidos)" (FARIA, 2002, p. 10).





**Figura 1.4** – ilustração de Percy Lau para "casas rústicas" onde se destaca a parede de pau-a-pique



**Figura 1.5** – Detalhe da figura 1.4



**Figura 1.6** – sede da Fazenda Ribeirão das Rosas. Juiz de Fora / MG



**Figura 1.7** – sede da Fazenda Boa Esperança. Belmiro Braga / MG



**Figura 1.8** – sede do Engenho D'Água. Ilhabela/ SP



**Figura 1.9** – sede da Câmara Municipal que possui paredes internas de pau a pique. Vassouras/ RJ



**Figura 1.10** – casa do Padre Taborda. Itaverava / MG.



**Figura 1.11** – sobrado residencial. Santana dos Montes/ MG



O pau-a-pique podia ser usado em paredes internas (figura 1.12) e e/ou externas (figura 1.13), em edifícios com um (figura 1.14) e dois pavimentos (figura 1.15) e em áreas secas ou molhadas como banheiros, por exemplo (figura 1.16). Além de vedações, em muitos casos servia também como suporte para pinturas parietais (figuras 1.17 e 1.18) e/ou papéis de parede (figura 1.19).



**Figura 1.12** – Parede interna. Sobrado Ramalho. Tiradentes/ MG



**Figura 1.13** – Parede externa. Santana dos Montes/ MG



**Figura 1.14** – Edifício com um pavimento. Sede da Fazenda da Bahia. Andrelândia/ MG



**Figura 1.15** – Edifício com dois pavimentos. Distrito de Rosário de Minas. Juiz de Fora/ MG



**Figura 1.16** – Banheiro adaptado, no séc. XX, ao interior do edifício do séc. XVIII. Fazenda Ribeirão das Rosas. Juiz de Fora/ MG





**Figuras 1.17 e 1.18** – Pinturas parietais. Casa do Padre Taborda. Itaverava/ MG



**Figura 1.19** – Papel de parede. Fazenda Boa Esperança. Belmiro Braga/ MG

## 1.2. RELEVÂNCIA DO TEMA

Pelos motivos anteriormente apontados e por aqueles que serão vistos ao longo dos capítulos do presente trabalho, que constatam ser a técnica construtiva do pau a pique um ícone da história da arquitetura brasileira, é no mínimo curioso o fato de que há uma lacuna imensa quando se necessita de informações ou bibliografia a respeito da mesma, principalmente se o interesse focar a sua importância histórica ou os métodos para a sua adequada conservação.

Aliás, conservar, principalmente através de ações de restauro, uma parede de pau a pique é algo bastante complexo. A sua própria constituição mista – trama de paus verticais e horizontais preenchida com barro – contribui para essa complexidade, pois o seu comportamento frente às degradações costuma ser de muito mais difícil detecção do que o é para paredes monolíticas, por exemplo, exigindo, por conseguinte, uma análise muito mais pormenorizada das situações de degradação existentes.

O desconhecimento mencionado anteriormente culmina na falta de manutenção adequada e, pior ainda, em intervenções que utilizam mão de obra não qualificada e empregam materiais incompatíveis com a terra crua, provocando "restaurações" desastrosas e a perda de inúmeros edifícios. Como afirma Mário Mendonça de Oliveira sobre as estruturas de terra crua em geral e sobre as técnicas mistas das quais faz parte o pau-a-pique,

[...] muita investigação ainda necessita ser feita sobre o assunto, apoiada pela geotecnia, pela geoquímica, pela química analítica, pela física e outros ramos da ciência, o que é uma característica da interdisciplinaridade da conservação que, no caso particular, direciona-se para a proteção, restauração e reintegração de estruturas de terra crua. As dificuldades



inerentes ao processo são aumentadas quando se trata de estruturas mistas de terra e madeira, pois quando as madeiras degradam-se no interior dos muros ou são infestadas por colônias de xilófagos que as consomem, fica muito difícil a intervenção em critérios adequados (OLIVEIRA, 2002a, p. 222 e 223).

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. Gerais

- alertar para a importância da preservação de edifícios brasileiros com valor cultural, em especial aqueles construídos em terra;
- ampliar a discussão sobre as formas adequadas de conservação e restauração de edifícios construídos com terra crua, em especial com pau a pique;
- valorizar o trabalho dos artesãos taapeiros.

#### 1.3.2. Específicos

- sistematizar informações acerca da utilização do pau a pique no Brasil tendo como eixo três pontos principais: sob o ponto de vista histórico, resgatar algumas de suas possíveis origens; sob o ponto de vista tecnológico, levantar detalhes sobre a sua execução, a sua relação com as estruturas autônomas das quais constituem vedação e apresentar os seus elementos constitutivos (terra, trama de madeira, ligações); sob o ponto de vista da preservação, analisar procedimentos de conservação e restauração que vêm sendo realizados no país;
- possibilitar outras formas de transmissão do "saber fazer" tradicional de estruturas de pau a pique além daquela oral, praticamente a única existente no país visto a carência generalizada de bibliografia a respeito;
- fornecer subsídios para a preservação de edifícios com valor cultural construídos total ou parcialmente de pau a pique;
- sistematizar informações sobre as principais patologias encontradas em estruturas de pau a pique e suas causas, além dos procedimentos adotados por alguns profissionais para a sua restauração.



#### 1.4. METODOLOGIA

Para que os objetivos a que se propõem o trabalho pudessem ser atingidos, a pesquisa se baseou em dados recolhidos através de:

- a) levantamento bibliográfico em bibliotecas, arquivos, acervos particulares, instituições públicas e particulares, a saber:
- Biblioteca Nacional, na cidade do Rio de Janeiro/ RJ;
  - biblioteca do Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico – IPHAN, na cidade do Rio de Janeiro/ RJ;
  - biblioteca do Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico – IPHAN, na cidade de Belo Horizonte/ MG;
  - biblioteca do Instituto Estadual de Patrimônio Histórico e Artístico – IEPHA, na cidade de Belo Horizonte/ MG;
  - biblioteca da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFBA, na cidade de Salvador/ Ba;
  - biblioteca da Escola Politécnica da UFBA, na cidade de Salvador/ Ba;
  - biblioteca da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFF, na cidade de Niterói/ RJ;
  - bibliotecas do *Istituto Universitario di Architettura di Venezia - Centrale di Ateneo, Centro Informativo Giovanni Astengo, Biblioteca del Dipartimento di Storia della Architettura*, na cidade de Veneza/ Itália;
  - *Biblioteca Centrale di Architettura del Politecnico di Torino*, na cidade de Turim/ Itália;
  - biblioteca do Centro Internacional de Estudos sobre a Conservação e Restauração de Bens Culturais – ICCROM, na cidade de Roma/ Itália;
  - biblioteca do *Laboratorio scientifico della Soprintendenza per i Beni Artistici e Storici di Venezia*, na cidade de Veneza/ Itália;
  - biblioteca do *Laboratorio di Analisi degli Materiali Antichi – L.A.M.A.*, na cidade de Veneza/ Itália;
  - acervo particular da Profa.Dra.Cybele Celestino Santiago – Salvador/ Ba;
  - acervo particular do Prof. Mário Mendonça de Oliveira – Salvador/ Ba;
  - acervo particular da Engenheira Célia Neves – Salvador/ Ba;
  - acervo particular da Arquiteta Dorinha Alvarenga – Belo Horizonte/ MG;
  - acervo particular do arquiteto Augusto Silva Telles – Paty do Alferes/ RJ.



b) realização de entrevistas com profissionais que utilizam e pesquisam a terra como matéria prima, tanto para construções novas quanto para a preservação daquelas já existentes. Tais entrevistas tiveram como base uma ficha com uma série de perguntas relacionadas à experiência desses profissionais com o pau a pique. Os entrevistados foram:

- arquiteto Sérgio Fagundes – Belo Horizonte/ MG;
- arquiteto Miguel Ferman – Belo Horizonte/ MG;
- mestre de obras Paulo Narciso – Santa Luzia/ MG;
- arquiteto Marcos Borges – Florianópolis/ SC (via internet);
- arquiteto Raymundo Rodrigues – Resende/ RJ;
- arquiteto Augusto Silva Telles – Paty do Alferes - RJ;

Além das entrevistas, foram feitas, na Itália, reuniões com dois pesquisadores do material terra, que são:

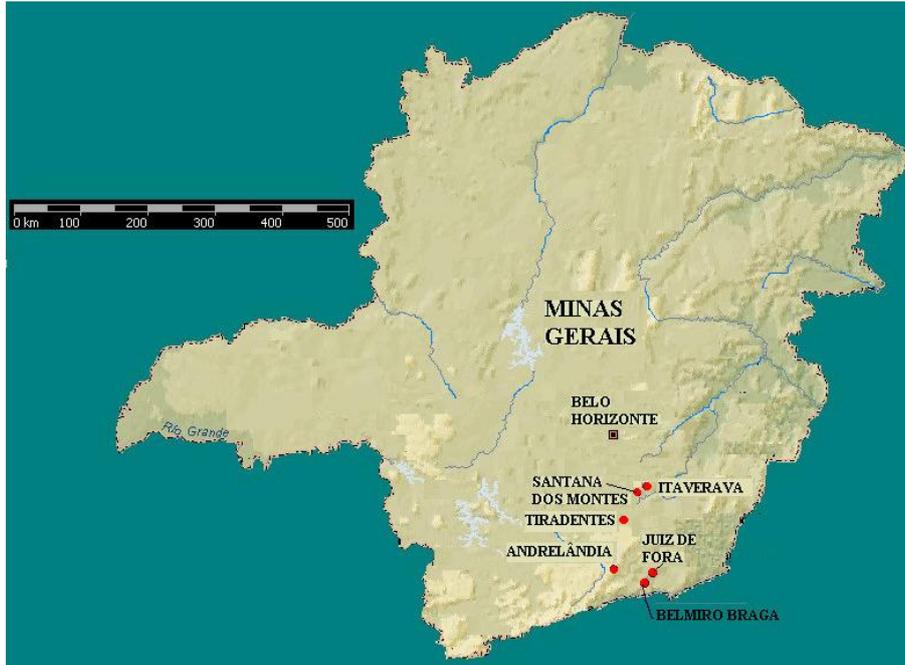
- arquiteto Alejandro Alva Balderrama (Diretor da Unidade de Arquitetura e Sítios Arqueológicos do Centro Internacional de Estudos sobre a Conservação e Restauração de Bens Culturais – ICCROM, na cidade de Roma/ Itália;
- prof. Roberto Mattone (*Politecnico di Torino*, Departamento de *Scienze e Tecniche per i Processi di Insediamento - D.I.N.S.E.*), na cidade de Turim/ Itália.

c) visitas a laboratórios onde são realizados ensaios e pesquisas sobre os materiais terra:

- Laboratório de Geotecnia da Escola Politécnica da UFBA, na cidade de Salvador/ Ba;
- Núcleo de Tecnologia de Preservação e Restauro – NTPR, na cidade de Salvador/ Ba;

d) visitas, em municípios dos estados de Minas Gerais (mapa 1) e Rio de Janeiro (mapa 2), a edifícios com valor cultural construídos, total ou parcialmente, em pau a pique. Tais edifícios estão apresentados nas figuras que se seguem, conforme a sua localização: em Minas Gerais, figuras 1.20 a 1.34; no Rio de Janeiro, figuras 1.35 a 1.37.





**Mapa 1** – Mapa do Estado de Minas Gerais

– **Município de Andrelândia/ MG**



**Figura 1.20** – Sobrado Visconde de Arantes



**Figura 1.21** – Sede da Fazenda da Bahia



**Figura 1.22** – Sede da Fazenda Paraíba



**Figura 1.23** – Sede da Fazenda das Pedras



– Município de Belmiro Braga/ MG



**Figura 1.24** – Sede da Fazenda Santa Maria



**Figura 1.25** – Sede da Fazenda Boa Esperança

– Município de Santana dos Montes/ MG



**Figura 1.26** – Conjunto de residências



**Figura 1.27** – Conjunto de residências



**Figura 1.28** – Conjunto de residências



**Figura 1.29** – Sede da Fazenda da Posse



– Município de Juiz de Fora/ MG



**Figura 1.30** – Conjunto de residências (distrito de Rosário de Minas)



**Figura 1.31** – Conjunto de residências (distrito de Rosário de Minas)



**Figura 1.32** – Conjunto de residências (distrito de Rosário de Minas)



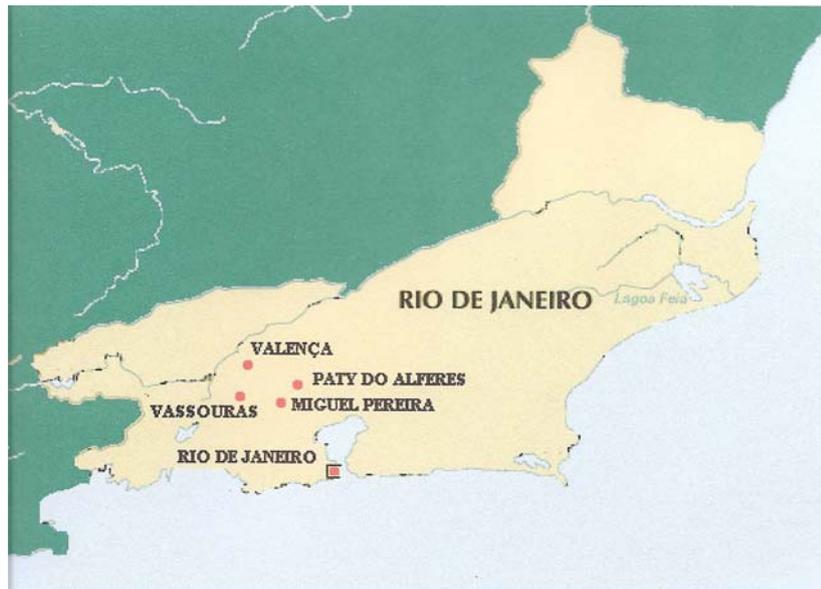
**Figura 1.33** – Sede da Fazenda Ribeirão das Rosas

– Município de Tiradentes/ MG



**Figura 1.34** – Sobrado Ramalho





**Mapa 2** – Mapa do município do Rio de Janeiro

**– Município de Paty do Alferes/ RJ**



**Figura 1.35** – Igreja Matriz de N. Sr.ª. da Conceição

**– Município de Vassouras/ RJ**



**Figura 1.36** – Sede da Câmara Municipal



– Município de Valença/ RJ



**Figura 1.37** – Igreja de São Sebastião do Rio Bonito



## 1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está dividida em cinco capítulos: no **Capítulo 1**, correspondente à introdução, é apresentado o trabalho como um todo: a relevância do tema, seus objetivos e a metodologia de pesquisa adotada; o **Capítulo 2**, denominado “**A terra como matéria prima para a construção**”, ressalta a utilização do material terra no mundo e, mais especificamente, no Brasil, e os motivos que o tornam um material “do passado” e “do futuro”; no **Capítulo 3**, “**A terra e madeira: aspectos gerais**”, de maneira geral, são apresentadas características e propriedades relativas aos materiais terra e madeira que fazem deles excelentes matérias primas para a construção civil. Tais características são essenciais para os apontamentos feitos no Capítulo 5, principalmente no que diz respeito à identificação das possíveis causas das patologias identificadas nos edifícios de pau a pique; o **Capítulo 4**, denominado “**O sistema construtivo do pau a pique**”, enfoca, sob o ponto de vista histórico, a utilização do pau a pique no Brasil e sob o ponto de vista técnico, através da observação dos edifícios pesquisados, os materiais constituintes e as variações dos modos como se executava a técnica; no **Capítulo 5**, denominado “**Intervenção em edifícios de pau a pique com valor cultural**”, além de uma rápida abordagem sobre conceitos relativos à preservação de edifícios que possuem valor cultural para a sociedade, são apresentadas: uma metodologia de elaboração de projetos de restauração de bens imóveis, além da sistematização das patologias detectadas nos edifícios pesquisados e que comumente são encontradas em construções de pau a pique que se apresentam em estado de conservação rui. Ainda, este capítulo traz algumas recomendações recolhidas no decorrer das pesquisas (bibliográfica e de campo) e através das entrevistas realizadas, que ressaltam alguns pontos que devem ser levados em consideração no momento da programação e da execução de intervenções específicas em edifícios de pau a pique; a **Conclusão** apresenta as considerações finais sobre o conteúdo do trabalho.



## 2. A TERRA COMO MATÉRIA PRIMA PARA A CONSTRUÇÃO

*La cultura en su inicio primigenio, es la cultura de los biomateriales. El barro ocupará un lugar privilegiado en todo ese proceso y al unirse con materiales biológicos: paja, ramas, excremento de animales, pasará a tener cualidades únicas como materiales de construcción.<sup>2</sup>*

Quando se pensa na terra como material de construção, pensa-se imediatamente no simples ato de recolhê-la "sob os pés", misturar um pouco de água e construir alguma coisa. Como se verá, o seu processo de utilização para a construção de edifícios não é muito diferente disso.

Primeiramente, é importante destacar que a terra pode ser usada de maneiras distintas no âmbito da construção: cozida ou crua. Em ambos os casos, os materiais são recolhidos na camada mais superficial do solo sendo os métodos de extração os mesmos. Para ser cozida, a terra deve ser, de preferência, mais arenosa.

Também é importante esclarecer a diferença entre dois termos que normalmente são confundidos: solo e terra. Segundo Neves (2005, p. 4), 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" e terra seria o "solo apropriado para construção de edificações" (2005, p. 4). Portanto, no presente trabalho, tais termos serão utilizados segundo os conceitos citados.

A terra crua, como qualquer material, possui vantagens e desvantagens. Destacam-se como principais vantagens (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO, 2006):

- fácil obtenção: está presente na maioria das regiões do planeta;
- economia de custos e de energia: como a terra normalmente é extraída no próprio terreno ou num local próximo ao mesmo, não precisa ser comprada. Além disso, na maioria das vezes, para a execução das várias técnicas construtivas que a utilizam, não é necessária mão de obra especializada, o que significa que o próprio morador pode fazer ou reformar a sua casa se tiver conhecimentos básicos do material<sup>3</sup>. A economia energética é verificada principalmente no transporte da terra, que na maioria das vezes não precisa ser feito com veículo motorizado e no fato de que o seu uso não exige transformação industrial nem queima;
- produto ecologicamente correto: como não sofre queima, não polui o meio ambiente, além de contribuir para a preservação de materiais orgânicos como a madeira que, no caso da terra cozida, é usada como combustível;
- possui características que propiciam conforto térmico: regula o clima no interior dos

<sup>2</sup> Seminario Exposición Arquitectura en Tierra – La Paz – Bolivia – Instituto de Investigaciones – Facultad de Arquitectura y Artes – Universidad mayor de San Andres, p. 17.

<sup>3</sup> Ressalta-se que esta observação não se aplica às obras de restauro que necessitam, sim, que o técnico responsável pela intervenção conheça profundamente o material terra e as técnicas que o utilizam.



edifícios devido à sua capacidade de absorver e perder umidade mais rápido e em maior quantidade que os outros materiais construtivos e armazena calor durante a exposição ao sol, perdendo-o lentamente à noite;

- resiste ao fogo;
- é permeável ao vapor d'água;
- quando não estabilizado, pode ser reciclado infinitamente;
- protege os elementos de madeira e os estabilizantes orgânicos (como a palha, por exemplo) no seu interior.

Na mesma bibliografia, além das vantagens são também apontadas como desvantagens:

- a ausência de padronização do material devido à sua própria variação de composição: dependendo do local de onde é extraída, a terra apresenta diferentes quantidades de pedregulho, areia, silte e argila, o que influencia diretamente o resultado final da sua aplicação;
- a retração do barro (mistura de água e terra) provocada pela evaporação da água;
- a permeabilidade à água, o que exige cuidados redobrados na proteção das paredes, principalmente.

No âmbito da construção, há duas formas de se pensar a utilização da terra crua: a primeira diz respeito ao seu emprego em edifícios aos quais foram atribuídos valores históricos, artísticos e arquitetônicos de vital importância para a história da humanidade; a segunda refere-se às enormes possibilidades que esse material oferece para suprir, pelo menos em parte, o problema do déficit habitacional que assola todo o mundo.

## 2.1. AS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

São diversas as técnicas que têm a terra como matéria prima para a sua execução, sendo esta utilizada sozinha ou em conjunto com outros materiais como a pedra ou a madeira. Pode também ser usada como se encontra na natureza ou sofrer algum tipo de processamento.

Existem três grupos principais de soluções nos quais se pode agrupar as técnicas construtivas mais conhecidas:

- construções **em** terra: terra usada como foi encontrada na natureza, com compactação natural. Os exemplos mais conhecidos são os da terra escavada e da terra cortada;
- construções **com** terra: terra processada, usada em diferentes consistências dependendo da quantidade de água empregada. Os principais exemplos são o da terra sobre estrutura (pau a pique, *torchis*, *bahareque*) e o da terra de enchimento;
- construções de terra: terra utilizada após ter sofrido algum tipo de processamento.





[...] uns, a construir abrigos com folhagens, outros, a abrir covas sob os montes e alguns, imitando os ninhos das andorinhas e suas construções, a fazer, com galhos e barro, os lugares aos quais se recolhiam.

O mesmo Vitruvio enumera duas formas da utilização do barro na construção desses abrigos, nas quais pode-se perceber os princípios construtivos do pau a pique. Diz o autor:

Primeiramente, erguidos os esteios e interpostas as vergôntes<sup>4</sup>, cobriam as paredes com barro. Outros construíam paredes fazendo secar terras lamacentas ligando-as com peças transversais de madeira e, para evitar a chuva e o calor, cobriam-nas com caniços e folhagens. E depois que, por ocasião do inverno, as coberturas não puderam conter as chuvas, fizeram conduzir as águas pluviais por tetos inclinados instalando cumeeiras revestidas de barro.

Pode-se dizer, portanto, que além de ter sido utilizada para a produção de artefatos de caça e pesca, utensílios domésticos e de ornamentação pessoal (jóias), a terra, desde os primórdios do homem, tornou-se uma das principais, senão a principal, matéria prima utilizada por ele também para a construção.

As descobertas de pesquisas arqueológicas realizadas em todo o mundo vêm contribuindo enormemente para ratificar as qualidades da arquitetura produzida com a terra crua, fato esse já exaltado há muito pela observação dos próprios edifícios encontrados em locais como Palestina, Irã, Iraque, Iêmen, Turquia, China, Peru, México, onde cidades inteiras foram erguidas com esse material. As técnicas de utilização da terra foram levadas por esses povos às regiões por eles conquistadas, por esses povos conquistados a outras regiões e assim sucessivamente por todo o mundo através dos séculos, o que explica a sua presença em praticamente todo o planeta.

### 2.3. A UTILIZAÇÃO DO MATERIAL TERRA NO BRASIL: BREVES CONSIDERAÇÕES

Sabe-se que, na primeira metade do século XVI, as construções erguidas em solo brasileiro eram feitas, muitas vezes, de maneira provisória exatamente para que pudessem ser facilmente substituídas por outras mais sólidas à medida em que isso fosse sendo necessário. Na execução dessas construções, os principais materiais utilizados eram, como destaca Toledo (1983, p. 256), a madeira e o barro.

Por fatores propriamente culturais, em muitos dos edifícios que substituíram aqueles improvisados a partir de 1549 (data da fundação de Salvador) foram utilizadas a pedra e a cal, fruto da influência da arquitetura praticada no norte de Portugal, ou a terra crua nos sistemas

---

<sup>4</sup> Vergôntea, segundo o dicionário Aurélio, significa, entre outras coisas, "3. P. ext. Ramo (1) de plantas de certo porte. 4. Haste de planta" (FERREIRA, 1995, p. 670).



construtivos da taipa de pilão, herança mourisca dominante no sul daquele país, ou do pau a pique.

A imagem da arquitetura da segunda metade do século XVI foi paulatinamente sendo mudada, então, de extremamente frágil e provisória para "honradas casas de pedra e cal" (SMITH, 1975, p. 98), como escreveu Tomé de Souza à Dom João III, após a sua visita à Capitania de São Vicente. Porém, a escassez de registros e documentos que descrevam mais amiúde as primeiras construções dificulta a análise do grau dessa fragilidade que a elas era atribuído pois há aqueles que crêem que elas possuíam certa qualidade:

[...] a maioria das construções primitivas era de madeira, barro, e materiais vegetais de tal variedade e durabilidade que, no dizer de Brandônio<sup>4</sup> em 1618, era possível construir no Brasil boas casas sem o auxílio de pedreiros, ferreiros ou oleiros.

Acredita-se que, muito pelos fatores culturais anteriormente citados, as "casas de pedra e cal" eram muito valorizadas por aqueles que as encontravam espalhadas pelas terras recém ocupadas, como é o caso, já citado, de Tomé de Souza, em 1553; o de Gabriel Soares de Souza, que se referiu a uma "torre de pedra e cal" que viu na praça de Olinda em 1584 (SMITH, 1975, p. 98); o do jesuíta Fernão Cardim, também em 1584, que encontrou em Olinda "boa casaria de pedra e cal, tijolo e telha" (SMITH, 1975, p. 113) e o de Gomes Freire, em 1742, que escreve ao rei falando sobre a predominância, em Vila Rica, das casas de "má taipa e de pau-a-pique" sobre os poucos exemplares feitos de pedra e cal (VASCONCELLOS, 1977, p. 114). Mas a outro fator também pode ser atribuído o motivo da preferência, principalmente nas regiões litorâneas, da pedra e da cal como materiais de construção e não o da terra crua: o clima. Segundo Carlos Lemos (1979, p.15):

A arquitetura do litoral firmou-se nas construções de pedra e cal tendo tentado, no começo, outras técnicas construtivas. Tomé de Sousa mesmo, nos seus primeiros estabelecimentos em Salvador, bem que experimentou a taipa de pilão, técnica barata e de bom rendimento. Luís Dias, pedreiro e mestre de obras, enviado a Salvador em 1549 para trabalhar nas fortificações da Bahia, em carta de 15 de agosto de 1551, relata os trabalhos que teve na conservação de muralha de terra socada que ruiu com as chuvaradas fortes [...] porque os muros, achava ele, eram muito altos para a técnica da taipa mas que, se fossem rebocados com cal por dentro e por fora, durariam ainda muito e muitos anos. Esse mesmo mestre noutra passagem da carta sugere a possibilidade de construções definitivas de pedra e cal, certamente mais caras. [...] Logo, logo, todos os construtores perceberam que a taipa altamente erodível e que as madeiras sempre sujeitas à ação dos insetos xilófagos não podiam ser os materiais básicos de uma arquitetura feita no litoral quente e úmido. Principalmente no litoral norte. A pedra surgiu imediatamente como o material ideal [...].

No interior do país, a terra crua foi largamente difundida especialmente pelos paulistas que, não tendo disponíveis nem pedra e nem cal, adotaram a técnica da taipa de pilão e a



levaram, através das expedições bandeirantes, para as regiões que correspondem aos atuais estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Paraná e Piauí. Mas não só a taipa, apesar de a maioria dos documentos de época só a ela se referirem (LEMOS, 14979, p. 16): foram desenvolvidas e/ou aprimoradas outras técnicas construtivas devido, principalmente, à presença de exímios carpinteiros que vinham de Portugal nas expedições para dar suporte às embarcações ou para construírem outras novas. Essa intimidade com a madeira, porém, não foi exclusivamente devida às necessidades navais, mas também a algumas construções localizadas no litoral central de Portugal, que eram, segundo Toledo (1983, p. 108), feitas eminentemente em madeira: os chamados “palheiros”<sup>5</sup> (figura 2.2) e o interior dos moinhos de vento.



**Figura 2.2.** Exemplos de “palheiros”

O aprimoramento técnico-construtivo foi sendo atingido de forma crescente: em São Paulo, por exemplo, já no segundo século de colonização, havia uma maior preocupação na escolha do melhor barro, no desenvolvimento de técnicas de estabilização com elementos vegetais e animais, empregados quando a qualidade do barro não era satisfatória, e na melhoria dos revestimentos que cobriam as paredes (SAIA, 1975. p. 241). Isso permitiu que as técnicas construtivas que utilizavam a pedra e a cal, por um lado, e a terra crua, por outro, acabassem sendo empregadas paralelamente. Segundo Smith (1975, p. 153):

Ao findar-se o segundo século da colonização, os portugueses haviam implantado com firmeza a arquitetura tradicional da mãe pátria na terra nova, impondo-lhe assim uma linha de desenvolvimento que haveria de manter-se até o fim do período colonial. As casas rurais do Norte de Portugal tinham servido de modelo às casas rurais de Pernambuco, no Norte, e de São Paulo no Sul, embora no Brasil, o barro tenha substituído na feitura das paredes a pedra do Minho e das Beiras. A arquitetura urbana de pedra e cal do Renascimento português (...) fora empregada nos edifícios públicos e casas de todas as povoações primitivas ao longo da costa.

Existem controvérsias no que diz respeito à contribuição dos índios e dos africanos no modo de construir esses primeiros edifícios. Sabe-se que os índios utilizavam em suas ocas

<sup>5</sup> Palheiros, segundo Toledo (1983, p. 108), são "construções de madeira assentes nas dunas sobre estacas, [que] até hoje testemunham na arquitetura popular uma habilidade no uso desse material".



engradados de madeira e folhas de palmeira para cobri-los e que os negros africanos tinham o costume de revestir as suas habitações com barro, mas não se sabe ao certo qual foi realmente o grau de contribuição de um e outro, índio e negro, na constituição e/ou adaptação das técnicas construtivas com terra crua que aqui foram empregadas.

De uma maneira geral, as técnicas construtivas empregadas na época – principalmente a pedra e cal, a terra crua e a terra cozida – foram aplicadas por todo o território nacional, podendo-se notar a presença de algumas delas como predominantes em determinadas regiões:

[no] [...] Sul, a taipa de pilão, os moledos e os adobes não estruturados em madeira [...]; [no] Centro, as estruturas de madeira e o pau-a-pique, mais adequado à irregularidade dos terrenos; [no] Norte, os frontais tecidos, em compromisso misto de estruturas autônomas maciças conjugadas (VASCONCELLOS, 1968, p.47).

Costa (2003, p. 36) é um pouco mais específico:

[...] a taipa de pilão, encontrando terreno propício, fixou-se principalmente em São Paulo; a alvenaria de tijolo floresceu mais em Pernambuco e na Bahia; nas terras acidentadas de Minas, onde os caminhos acompanhavam as cumeadas, com as casas despencando pelas encostas, o pau-a-pique sobre baldramas de pedra foi a solução natural; já no Rio de Janeiro, a fatura de granito marcou a perspectiva urbana com a seqüência ritmada das ombreiras e vergas de pedra – suporte e arquitrave –, princípio construtivo da Grécia antiga.

A presença de determinada matéria-prima ou a falta dela, aliada às tradições construtivas das populações colonizadoras, contribuiu significativamente para essa territorialização no emprego das técnicas, o que não quer dizer que uma delas, característica de determinada região, não tivesse sido também utilizada em outras.

A seguir, estão exemplos de construções erguidas com algumas das técnicas mencionadas anteriormente: moledo (figura 2.3), taipa de pilão (figura 2.4), pau a pique (figura 2.5) e adobe (figura 2.6):



**Figura 2.3.** Muro de moledo



**Figura 2.4.** Parede de taipa de pilão





**Figura 2.5.** Guarda corpo de pau a pique



**Figura 2.6.** Edifício de adobe

De maneira geral, pode-se dizer que as técnicas aqui empregadas nesses primeiros anos seguiram, por um bom tempo, sem consideráveis modificações, isto devido ao “caráter extremamente conservador da arquitetura luso brasileira, sobretudo da arquitetura residencial, que conservou até o século XVIII muitas das características das construções anteriores” (SMITH, 1975, p. 103).

Outro fator a ser considerado é que, salvo algumas raras exceções, a construção dos edifícios ficava sob a responsabilidade dos “mestres pedreiros ou mestres de risco” (TELLES, 1994, p. 4) que não tinham nenhuma formação acadêmica, o que não quer dizer que não tivessem o domínio sobre as técnicas e as executassem de maneira satisfatória. Ao contrário, eram pessoas da própria comunidade, no máximo pedreiros e artesãos europeus que aqui desembarcavam e que ficavam como responsáveis pelas construções. Basicamente, somente os edifícios públicos, os das fortificações ou os de algumas famílias mais abastadas tinham algum planejamento, ou melhor, um projeto, e a sua construção era acompanhada por um arquiteto ou engenheiro, normalmente português. Somente nesses edifícios se podia notar alguma modificação digna de menção, fruto de influências européias que esses profissionais teriam trazido consigo ou que chegavam da metrópole.

Neste contexto brevemente descrito, já foi possível notar o quanto se utilizou, nas duas primeiras décadas do Brasil "descoberto", a terra como material de construção. Por sua ocorrência, as técnicas da taipa de pilão, do pau-a-pique e do adobe foram constantemente mencionadas nos relatos dos viajantes que aqui estiveram e nas cartas enviadas do Brasil a Portugal. Além do fator da imutabilidade construtiva apontada anteriormente, favoreceram também para essa disseminação do material terra a facilidade em se conseguir as matérias primas necessárias no próprio terreno ou em regiões a ele muito próximas. A presença de



escravos facilitou, de certa forma, o emprego das técnicas com a terra crua, tanto no que diz respeito à construção dos edifícios quanto à sua manutenção.

Principalmente a partir do século XVIII, outros materiais começaram a ser inseridos nas construções como o barro cozido, o ferro e, mais tarde, o cimento. Apesar disso, a terra crua continuou tendo espaço na construção civil. Infelizmente, a "sabedoria" de execução dessas técnicas é que foi, paulatinamente, sendo perdida e o temor da fragilidade das novas construções tornou-se, por esse motivo, real:

A taipa das construções dos séculos seguintes [XVIII em diante] não só [não] apresenta os mesmos cuidados, como, pelo contrário, indica descuido na fatura propriamente dita e ainda no uso adequado desse processo de edificar. Deve-se, realmente, supor que as condições desfavoráveis de economia e mobilidade demográfica, que afligiram os séculos XVIII e XIX, vieram criar circunstâncias prejudiciais ao aprendizado das técnicas correntes. Isto se torna ainda mais sensível quando se considera que não foi apenas o processo de construir com paredes de taipa, o único atingido por essa dificuldade. De fato, certas construções de pau-a-pique, ainda hoje existentes, atestam que este último processo era também qualificado para construções importantes [...]. Quando se considera que datam do século XVIII, e que atualmente os fazedores de paredes de pau-a-pique não conseguem senão levantar construções que durem alguns anos, fica evidente que alguns pormenores de fatura deste processo tradicional se perderam com o correr dos tempos [...] (SAIA, 1975, p. 245).

A perda de conhecimento sobre a execução adequada de edificações com a terra crua, principalmente no período após a “revolução industrial e no pós-guerra” (BRASILEIRO, 2002, p. 26), provocou um aumento significativo do preconceito em relação à sua utilização. Isso porque a quase totalidade das construções passou a ser feita de maneiras as mais inadequadas, tornando esse tipo de arquitetura sinônimo de precariedade, pobreza e proliferação de doenças. Foram muito comuns observações a respeito como a de Souza (1996 apud LOPES, 1998, p. 55), que aponta uma das causas para a consolidação desse quadro: "o antigo saber fazer tem sido substituído e adulterado e o que resta hoje é só um arremedo do que outrora se praticava".

Esse panorama começou a mudar principalmente a partir da década de 70 do século passado, quando pesquisas sobre a utilização tradicional das técnicas de terra crua, principalmente para a construção de habitações populares, começaram a ser resgatadas e adaptadas às condições atuais de aplicabilidade.



## 2.4. A TERRA CRUA COMO PATRIMÔNIO CULTURAL

Os bens culturais refletem a vida cotidiana dos homens por serem os produtos da mesma, abrangendo tudo aquilo que pode ser tangível, ou seja, materializado, por exemplo, em objetos, documentos, construções, comidas, bem como tudo o que é intangível, como as danças, línguas, saberes fazeres etc.

O patrimônio cultural representa a parcela desses produtos à qual, por algum motivo específico, se atribuiu, e se atribui ainda, uma especial necessidade de preservação principalmente, segundo a UNESCO, por ele estar ligado à preservação da memória, da identidade e da criatividade dos povos e da riqueza das culturas. Esse conceito é ratificado e complementado pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA, 2006):

O patrimônio cultural de um povo lhe confere identidade e orientação, pressupostos básicos para que se reconheça como comunidade, inspirando valores ligados à pátria, à ética e à solidariedade e estimulando o exercício da cidadania, através de um profundo senso de lugar e de continuidade histórica. Os sentimentos que o patrimônio evoca são transcendentais, ao mesmo tempo em que sua materialidade povoa o cotidiano e referencia fortemente a vida das pessoas. Patrimônio cultural é, portanto, a soma dos bens culturais de um povo.

E é dentro dessa ótica que podemos considerar, portanto, os edifícios construídos com terra crua e as técnicas de construção, conservação e restauração dos mesmos como parte integrante do nosso patrimônio cultural. Como bem disse Fernandes (2005, p. 204), "a terra enquanto natureza e o patrimônio construído em terra enquanto criação humana, são na sua essência o que mais se aproxima desta filosofia simbólica – a terra e o homem em harmonia perfeita"<sup>6</sup>.

Vários são os exemplares construídos em terra crua em todo o mundo – cerca de cem sítios ou monumentos – que integram a lista de "Patrimônio da Humanidade" (figuras 2.7 e 2.8). Outras centenas fazem parte do patrimônio de cada nação, inclusive do Brasil, onde diversos monumentos foram e ainda estão sendo tombados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (figura 2.9 e 2.10) e por instituições e conselhos estaduais e municipais de patrimônio.

---

<sup>6</sup> A "filosofia simbólica" à qual a autora se refere é o emblema utilizado pela UNESCO para representar o patrimônio mundial: o quadrado (o homem) dentro de um círculo (a natureza). Segundo ela, este símbolo reflete a proteção e a interdependência dos bens culturais e naturais.





**Figura 2.7.** Abóbadas do templo funerário de Ramsés II (Egipto): patrimônio da humanidade



**Figura 2.8.** Cidade de Chan-Chán (Peru): patrimônio da humanidade

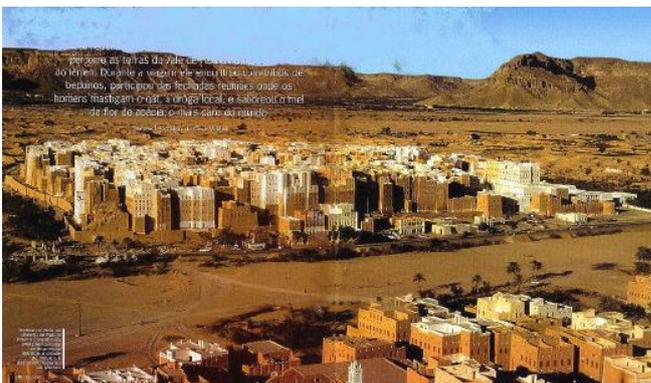


**Figura 2.9.** Igreja de N. Sr.ª do Rosário (Pirenópolis/ GO): tombada pelo IPHAN



**Figura 2.10.** Igreja de N. Sr.ª da Conceição (Paty do Alferes/ RJ): tombada pelo IPHAN

Apesar de sua importância, porém, o reconhecimento da terra crua como patrimônio cultural é bastante recente, tendo tomado impulso significativo somente a partir de fins da década de 70 do século XX, quando foram classificados como "Patrimônio da Humanidade" pela UNESCO, como resalta Dethier (1992, p. 7), "duas cidades inteiramente edificadas em terra crua – Shibam (figura 2.11) e Sanaa – no Iêmen e, na Europa, o célebre palácio de Alhambra (figura 2.12) em Granada".



**Figura 2.11.** Vista da cidade de Shibam (Iêmen): patrimônio da humanidade



**Figura 2.12.** Palácio de Alhambra (Espanha): patrimônio da humanidade



Desde então, vários encontros e cursos internacionais têm sido realizados para se discutir a terra como um material “do passado”, presente em edifícios de valor cultural que precisavam (e precisam) ser conservados e restaurados e como um material “do futuro”, por representar uma possibilidade viável e concreta de solucionar, pelo menos em parte, algumas questões que afligem os países na atualidade: o déficit habitacional, a crise energética, a diminuição acentuada dos recursos naturais e a poluição atmosférica. Fernandes (2005, p. 205) destaca que foi nessa época, mais precisamente a partir de 1977, que "a pesquisa necessária à conservação do patrimônio em terra foi sistematizada e definida, assim como o desenvolvimento do glossário de termos e a normalização dos ensaios". Ainda segundo a autora, teria sido nesse período que, "pela primeira vez, a arquitetura em terra passa a existir no léxico da conservação e os materiais e métodos tradicionais são encorajados e apontados como soluções na conservação".

Apesar desse reconhecimento, vale ressaltar que a utilização da terra crua para a produção de habitações ainda enfrenta, mesmo na Europa, onde a terra sempre foi bem vista na construção civil, um grande preconceito. Garcia (2002, p. 34-35) aponta alguns fatores, considerados por ele como ameaças, que explicam, de certa forma, as origens desse "mal estar" que rodeia a terra crua como material de construção:

- obsessão que discrimina os materiais de construção a partir de um conceito errado de modernidade que apresenta alguns materiais como o cimento, o ferro e os polímeros como os símbolos dos "materiais modernos" e associa o material terra com a pobreza e a precariedade em geral;
- a perda de identidade cultural como consequência de estar imersos num mundo globalizado, orientado por um mercado livre de economia não regulada mas sim seletiva, que causa uma agressiva competitividade entre os chamados materiais "modernos" e a terra como recurso natural de construção;
- a precariedade das construções com terra que resulta da falta de conhecimentos científicos no uso deste material na construção;
- a marginalização da arquitetura de terra no ensino universitário, que privilegia outros materiais considerados símbolos do "moderno";
- a falta de inversão nas políticas nacionais de investigação e falta de programas de financiamento para a construção de habitações de terra;
- a falta de normas técnicas para a construção com terra.

A esperança de que questões como essa influenciem cada vez menos na utilização da terra para a construção civil está exatamente no trabalho das inúmeras instituições espalhadas por todo o mundo que se dedicam tanto a pesquisar esse material e as técnicas nas quais ele pode ser utilizado quanto a desenvolver novas propostas que resultam em habitações de boa qualidade a preço bastante reduzido. Destacam-se os trabalhos desenvolvidos na França, com



o CRATerre e com o Comitê Específico do ICOMOS para a Arquitetura em Terra, na Espanha, com o Centro de Investigação Navapalos e na América Latina, especialmente em países como Peru, Argentina, Colômbia, Brasil e Chile. A atuação de profissionais pertencentes a programas e redes<sup>7</sup> ligados ao tema também tem contribuído para essa difusão.

No Brasil, merecem referência as pesquisas e projetos desenvolvidos pelo CEPED, o GRET, o NEPHU e os trabalhos de arquitetos como Wilza Lopes, Raymundo Rodrigues, Marcos Reco Borges, Sylvio Sawaya, Cydno da Silveira e Karla Caser, além de programas que incentivam o desenvolvimento de pesquisas na área do ambiente construído, como é o caso do HABITARE .

---

<sup>7</sup> Merecem ser citados o CYTED, fruto da integração entre a América Latina e a Espanha e o Correio Proterra, rede que une profissionais atuantes no campo da arquitetura e construção com terra na América Latina e nos países da Península Ibérica.



### 3. A TERRA E A MADEIRA: ASPECTOS GERAIS

Antes de iniciar o estudo propriamente dito sobre a técnica do pau a pique, é importante que algumas questões inerentes aos materiais terra e madeira sejam conhecidos. Tal conhecimento permitirá uma análise mais cuidadosa e profunda do objeto de trabalho (edifício a ser restaurado, por exemplo), essencial nas fases de mapeamento de danos e de diagnóstico explicitadas posteriormente no Capítulo V, fases estas que indicarão a necessidade e, se for o caso, o grau da intervenção no edifício.

Visto que a terra é o material de maior interesse para o presente trabalho, ela será tratada com mais vagar que a madeira, sendo enfocadas nesta última somente algumas de suas características como material de construção e o seu comportamento frente às tensões que sobre ela atuam no edifício.

#### 3.1. O SOLO

Dentre todas as características e classificações dos solos, existem aquelas que, especificamente, devem ser conhecidas por todos aqueles que trabalham com esse material na construção civil, seja para construir novos edifícios, seja para intervir naqueles já existentes. No decorrer do capítulo, serão abordados alguns aspectos tais como: origem, fases, tamanho das partículas constituintes, forma, estrutura, granulometria, plasticidade e atividade mineralógica.

##### 3.1.1. A formação (gênese) dos solos

Os solos, que constituem a parte sólida do planeta, são o resultado direto de processos físicos e químicos de intemperização que agem sobre as rochas gerando partículas de diversos tamanhos.

No intemperismo físico, as rochas são desintegradas sem perder as suas características mineralógicas. Alguns dos principais agentes desse processo são, segundo Nogueira (1988, p. 25), o crescimento de cristais estranhos à rocha, como partículas de sal, e o movimento de contração e expansão da mesma provocado pela variação de temperatura.

No caso do intemperismo químico, as rochas são decompostas através de reações químicas entre os minerais que as constituem e soluções aquosas de diferentes teores.



Processa-se por fases: na primeira, ocorre o ataque químico aos minerais com alteração na cor, mas a textura original não se modifica; na segunda, os minerais estão totalmente decompostos, mas ainda é possível perceber a textura; na terceira, a textura desaparece por completo (NOGUEIRA, 1988, p. 26).

Os fatores que influenciam nessa formação dos solos através de processos de intemperismo são, de acordo com João Baptista Nogueira (1988, p. 28):

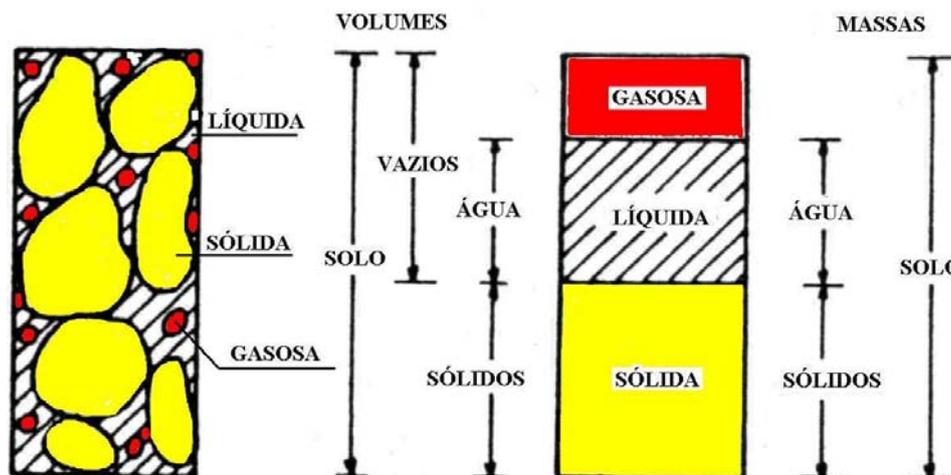
- composição mineralógica e textura da rocha de origem: "uma mesma rocha poderá formar solos com propriedades diferentes enquanto que rochas com composição e textura diferentes poderão formar um mesmo tipo de solo";
- clima: "através da temperatura e da chuva, é o fator preponderante no tipo e extensão do intemperismo". Por exemplo, em regiões onde a quantidade de chuva é grande e a temperatura é alta, o intemperismo químico é mais ativo e a influência dos organismos é mais acentuada. Em regiões com estações bem definidas, há uma ação dos dois tipos de intemperismo;
- topografia: "controla a percolação, infiltração e velocidade superficial da água e a erosão";
- vegetação: dependendo do tipo de vegetação existente em cada região, varia a quantidade de ácidos orgânicos que atacam as rochas;
- tempo de atuação dos fatores anteriores: influencia diretamente na formação de diversos tipos de solos.

As partículas (ou sedimentos) inorgânicas resultantes desses processos de intemperização podem permanecer junto à rocha de origem ou se deslocar para outro lugar em função de agentes tais como a água, o vento, a gravidade e as geleiras. No primeiro caso, o solo é conhecido como residual; no segundo, é dito transportado. Existem ainda os solos denominados orgânicos, que são formados pela mistura de restos de organismos animais ou vegetais e as turfeiras, estas últimas "formadas por uma carbonificação incipiente de matéria orgânica vegetal" (NOGUEIRA, 1988, p. 32).

### 3.1.2. Fases do solo

O solo é formado por três fases distintas, como mostra a figura 3.1: a sólida, a líquida e a gasosa. As partículas minerais que compõem a fase sólida, conhecidas como sólidos do solo, estão dispostas de maneira a formar uma estrutura porosa que, por sua vez, contém as fases líquida e gasosa. Os poros da estrutura são denominados de vazios do solo.





**Figura 3.1.** Fases do solo

Para se conhecer tais fases é necessária a determinação de índices que relacionam volumes e massas dos constituintes do solo entre eles próprios e entre si, denominados índices físicos, importantes por indicarem o comportamento (ou estado) dos solos em um dado momento. Por ser um assunto demasiado específico, a sua determinação não será aqui abordada.

### 3.1.3. Tamanho e forma dos sólidos

As partículas sólidas do solo possuem diversos tamanhos. Algumas delas podem ser percebidas a olho nu, como os pedregulhos e as areias; outras são tão pequenas que ficam visíveis somente no microscópio, como as argilas<sup>8</sup>.

Basicamente, existem dois tipos de solos de acordo com o tamanho das partículas que os compõem: os solos grossos, formados pelos pedregulhos e areias (que ainda se subdividem em grossa, média e fina) e os solos finos, compostos por siltes e argilas.

As características de cada uma das frações são, segundo a ABNT (1995b):

- pedregulhos: "solos formados por minerais ou partículas de rocha" (ABNT, 1995, p. 15). São inertes e resistentes;
- areias: sua origem é semelhante a dos pedregulhos. São ásperas ao tato e quando não têm agregadas partículas finas, não se contraem ao secar, não apresentam plasticidade e

<sup>8</sup> Para se ter idéia sobre a escala de tamanho de determinadas partículas de argila, somente a título de curiosidade, consideremos uma que meça dez Angstroms (0,000001 milímetros). Se ela fosse ampliada para o tamanho de uma folha de papel, grãos de areia com dimensões entre um e dois milímetros ficariam com um diâmetro entre cem e duzentos metros (PINTO, C., 2000, p. 3)



comprimem-se facilmente quando sobre elas é aplicada determinada carga;

- siltes: "solo que apresenta baixa ou nenhuma plasticidade, e que exhibe baixa resistência quando seco o ar. Suas propriedades dominantes são devidas à parte constituída pela fração silte" (ABNT, 1995, p. 17);

- argilas: são marcadas pela sua plasticidade, elevada resistência quando secas e alto grau de atividade em presença da água, esta última variando em função do argilomineral presente. Os principais minerais argílicos – sílica e aluminica – dependendo das associações que venham a ter, constituem grupos entre os quais se destacam os das caulinitas, das montmorilonitas e das illitas.

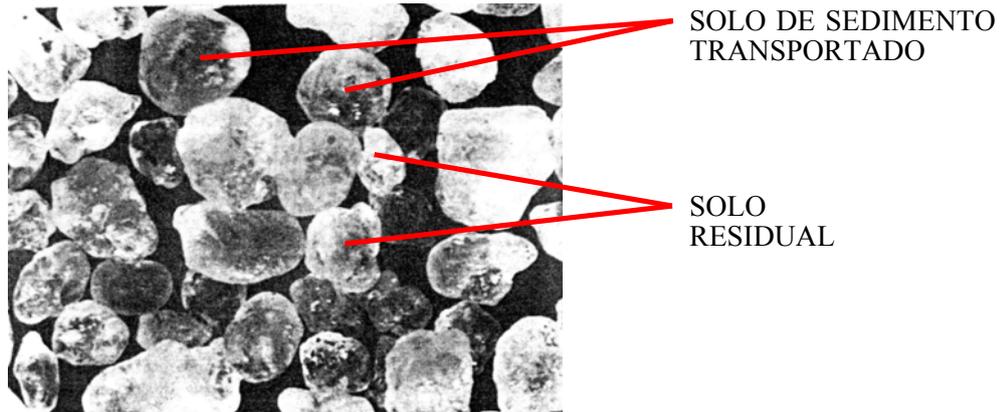
A tabela 1.1 exhibe os valores atribuídos pela ABNT (1995b) a cada uma dessas frações dos solos segundo o seu tamanho:

<b>Fração</b>	<b>Limites definidos pela Norma da ABNT</b>
Matacão	de 1m a 200 mm
Pedra	de 200 mm a 60 mm
Pedregulho	de 60 mm a 2,0 mm
Areia grossa	de 2,0 mm a 0,6 mm
Areia média	de 0,6 mm a 0,2 cm
Areia fina	de 0,2 mm a 0,06 mm
Silte	de 0,06 mm a 0,002 mm
Argila	inferior a 0,002 mm

**Tabela 1.** Dimensões das frações do solo

Em relação à forma, também se podem notar diferenças entre os solos grossos e os finos. Os primeiros normalmente têm sua forma semelhante a esferas sendo que aqueles com superfícies lisas normalmente indicam partículas constantemente transportadas, como é o caso dos seixos de rios, por exemplo. As partículas que apresentam vértices ou arestas sugerem solos residuais, como se pode notar na figura 3.2.





**Figura 3.2.** Forma das partículas

#### 3.1.4. Cor dos solos

A cor de um solo depende das cores dos minerais nele presentes podendo, por isso, variar em diferentes tipos de solo ou, até mesmo, em diferentes horizontes de um mesmo solo. Os fatores que influenciam nas diversas tonalidades existentes são a rocha de origem, os intemperismos químicos ocorridos e a presença de matéria orgânica.

Uma das maneiras de se descobrir os componentes dos solos é através da avaliação de suas cores: tons escuros de marrom e cinza, além do preto, indicam a presença de matéria orgânica; os vermelhos, amarelos e algumas tonalidades de marrom indicam a ocorrência de intemperismo químico; as cores mais claras indicam solos de origem inorgânica onde predominam a sílica, a gipsita ou depósitos de caulinita (argila) (NOGUEIRA, 1988, p. 34).

Além da NBR 7250 (ABNT, 1982b), existem tabelas que apresentam diversas tonalidades para a classificação das cores dos solos, como a de Munsell.

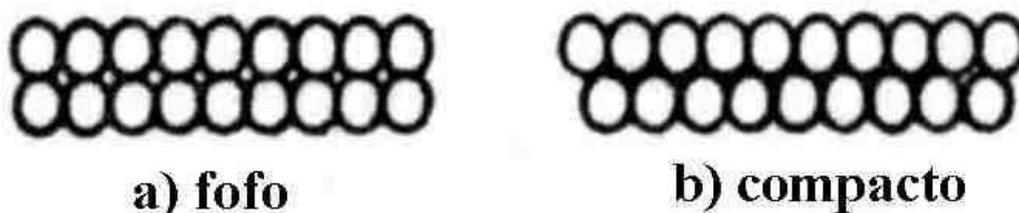
#### 3.1.5. Estrutura dos solos

A estrutura diz respeito ao modo como estão dispostas as partículas do solo e às forças que atuam entre elas influenciando, além da circulação de água e ar no seu interior, outras propriedades físicas. É importante que seja conhecida, pois auxilia no "entendimento de diversos fenômenos notados no comportamento dos solos, como, por exemplo, a sensibilidade das argilas<sup>9</sup>" (PINTO, C., 2000, p. 8).

<sup>9</sup> Sensitividade das argilas diz respeito à diminuição da sua consistência após o manuseio (amolgamento) em relação ao estado natural (indeformado). A consistência é indicada pela resistência apresentada pela argila e é quantificada por um ensaio de compressão (PINTO, C., 2000, p.22).



A estrutura dos solos grossos, mais especificamente das areias, varia entre fofa e compacta possuindo, uma e outra, os aspectos mostrados na figura 3.3. A força que atua entre as partículas, quando do processo de sedimentação, é a da gravidade.



**Figura 3.3.** Estrutura dos solos grossos

A estrutura dos solos finos é um pouco mais complexa, pois, sobre ela, interfere uma série de fatores que acabam por influenciar no seu comportamento. Um deles diz respeito à superfície específica das partículas que será maior quanto menor for o seu tamanho (PINTO, 2000, p. 12). O outro refere-se à estrutura: torna-se importante conhecer, mesmo que brevemente, as unidades estruturais básicas de alguns tipos de argila para entender, conseqüentemente, o seu comportamento quando em contato com a água. Para isso, serão apresentados a seguir tanto os tipos de ligações entre as partículas do solo quanto as características dos minerais presentes nas argilas (minerais argílicos).

- ligações: em relação às ligações, existem dois tipos principais: a intramolecular (dos tipos iônica, covalente e heteropolar), onde um átomo se une a outro átomo da mesma molécula, e a intermolecular (dos tipos hidrogênio e Van der Waals), onde um átomo se une a outro de uma molécula diferente. A primeira é difícil de sofrer alterações com o passar do tempo por ser muito forte; a segunda, em relação à primeira, é mais fraca, suscetível a alterações devido à ação de esforços externos, o que poderá provocar a modificação das propriedades do solo. Ainda sobre a ligação intermolecular, mais especificamente sobre aquela do tipo hidrogênio, diz Benedito de Souza Bueno (1984, p. 76): "(...) É uma ligação mais fraca do que a de valência principal [intramolecular], porém, difícil ainda de ser quebrada por esforços externos". Continua ele sobre a ligação do tipo Van der Waals: "(...) Estas ligações são fracas, facilmente quebradas com a introdução de moléculas de água" (BUENO, 1984, p. 82).

- minerais argílicos: os principais são os silicatos hidratados de alumínio, magnésio e ferro. Seus átomos se dispõem em forma de lâminas ou lamelas a partir de unidades estruturais básicas conhecidas como tetraédrica de sílica, representadas pela forma trapezoidal indicada na figura 3.4a, e octaédrica de alumina, representada pela forma retangular mostrada na figura



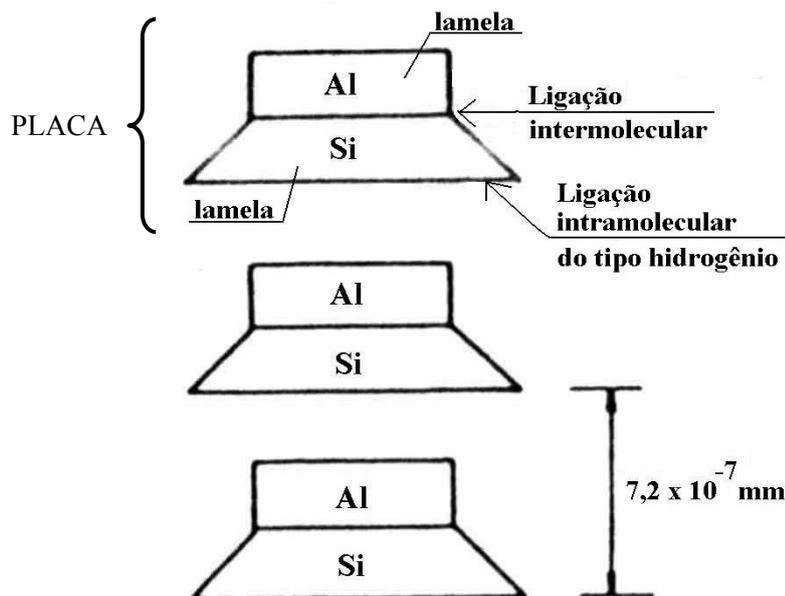
3.4b (NOGUEIRA, 1988, p. 80). A ligação entre lamelas, constituindo placas, é do tipo intramolecular, portanto mais forte. Já a ligação entre placas, sendo intermolecular, é mais fraca e, como se viu, pode resultar em modificações no comportamento da argila de acordo com os esforços externos que sobre ela possam agir.



**Figura 3.4.** Representação das unidades estruturais da sílica (a) e da alumina (b)

Vários tipos de minerais argílicos são formados a partir das associações das unidades estruturais citadas. Dentre eles, serão destacados os grupos das caulinitas e o das montmorilonitas.

A unidade estrutural das caulinitas caracteriza-se pela superposição de placas formadas por uma lamela tetraédrica de sílica e outra octaédrica de alumina, como indicado na figura 3.5. Sendo a ligação entre as placas do tipo hidrogênio, apesar de intermolecular, é bastante difícil a penetração de moléculas de água entre elas, o que permite que não ocorra inchamento ou contração do solo que contenha este argilo-mineral.



**Figura 3.5.** Unidade estrutural da caulinita



As montmorilonitas ou, como também são conhecidas, bentonitas, como não são adequadas para utilização na construção civil, não serão aqui tratadas.

### 3.1.6. Identificação dos solos através da análise de suas partículas

É possível conhecer, através da análise de suas partículas constituintes (composição granulométrica), o solo com o qual se está trabalhando. Esse conhecimento torna-se importante a partir do momento em que, pela realização de ensaios em laboratório e em campo, pode-se fazer a identificação das características e do provável comportamento desse solo.

Os ensaios de laboratório fornecem informações precisas sobre os diversos tipos de solo e sobre as suas características. Os procedimentos para a sua realização são normalizados pela ABNT. Geralmente são realizados somente se os resultados dos ensaios de campo não forem suficientes para caracterizar os solos devido ao seu alto custo e ao fato de nem sempre existirem laboratórios especializados próximos aos locais onde estão sendo realizados os estudos nos edifícios.

Os ensaios de campo, também conhecidos como expeditos, podem ser feitos no local da coleta do solo ou nos arredores do edifício que estiver sendo estudado. Para uma primeira análise e identificação daqueles solos que serão adequados para o uso que deles se pretende, os ensaios de campo são bastante indicados, pois seus resultados são confiáveis (quando realizados adequadamente) e de baixo ou nenhum custo<sup>10</sup>.

### 3.1.7. Estabilização dos solos

Existem técnicas conhecidas como estabilização que são adotadas no sentido de melhorar as características de cada tipo de solo se estes, naturalmente, não forem totalmente adequados para o uso no sistema construtivo pretendido.

A estabilização interfere diretamente "(...) sobre a textura ou sobre a estrutura modificando a porosidade ou a permeabilidade de um terreno ou melhorando as ligações entre as partículas" (BATI, 2001, p. 154), além de melhorar a sua resistência mecânica (à compressão, à tração e ao cisalhamento) e à abrasão pelo vento e pela chuva (SANTIAGO, 2001, p. 58).

---

<sup>10</sup> No Capítulo 5 está a indicação dos principais ensaios que devem ser realizados em edifícios de pau a pique, tanto para aqueles já existentes quanto para novas construções.



As características dos aditivos utilizados para estabilizar o solo devem ser minuciosamente conhecidas, pois determinados produtos que são empregados indiscriminadamente, além de não produzirem o resultado esperado, serão agentes de futuras patologias, tanto para as ações de conservação e restauro quanto para novas construções. Por isso, a realização de pesquisas, de laboratório e de campo, sobre o comportamento dos estabilizantes em cada caso é de grande auxílio no que diz respeito à sua eficiência e ao seu custo final de utilização.

Segundo Hugo Houben (1994, p.74), existem três tipos de estabilização:

a. Mecânica: as partículas do solo são rearrumadas através de processos de compactação ou de modificação da sua granulometria, sem o acréscimo de aditivos. O primeiro processo, que interfere na estrutura do solo, refere-se, basicamente, à redução dos vazios com o auxílio de uma prensa, de um vibrador ou de um pilão. O segundo, que se baseia na modificação da textura do solo, é caracterizado pelo acréscimo ou pela eliminação de grãos conforme a composição do mesmo (SANTIAGO, 2001, p. 60):

- solo rico em grãos graúdos: o excesso deverá ser eliminado por peneiramento;
- solo rico em finos: do total do solo a ser usado, uma parte é lavada e posteriormente misturada à parte restante;
- solo com textura descontínua: se a curva granulométrica apresentar um patamar, acrescenta-se a fração faltante; se a curva apresentar um pico, exclui-se a fração em excesso;
- solo muito arenoso e solo muito argiloso: mistura-se os dois tipos.

b. Física: a textura original do solo é modificada através da adição de grãos (já citado anteriormente) e de fibras, que são os dois métodos mais usados. Quando, por exemplo, uma parede de terra (seja qual for o sistema construtivo adotado) está sujeita a movimentos de expansão, compressão e tensão e à ação da água, a utilização das fibras é recomendada porque estas formam, juntamente com a fração arenosa do solo utilizado, uma armadura que os distribui de maneira mais uniforme pela área deste material. Com a sua adição, se em excesso, "a resistência mecânica final do material é reduzida, mas se ganha em estabilidade e durabilidade" (BARDOU e ARZOUMANIAN apud NEVES, 2005, p. 11).

Podem ser usadas fibras de origem vegetal como a palha, o sisal (figuras 3.6 e 3.7), o feno, as fibras de palmeiras, de bambu e de casca de coco; de origem animal, como os pêlos e as crinas; de origem industrial como a fibra de vidro, o aço etc.





**Figura 3.6.** Fibras de sisal



**Figura 3.7.** Detalhe da figura 3.6.

No caso do pau-a-pique, as características das fibras que serão usadas nas camadas de emboço e reboco deverão ser um pouco diferentes daquelas que serão usadas no enchimento, principalmente pela condição de maior exposição daqueles (são camadas mais externas) e pelos movimentos de expansão e retração que eles têm de suportar. Segundo Alain Hays (1986, p. 72), "(...) as altas tensões que têm que suportar o reboco por sua situação muito exposta e seu modo de colocação em camadas finas pedem mais exigências para a seleção das fibras que no caso do enchimento (...)". Ainda para o autor, elas devem ser resistentes à tração, fáceis de misturar, ter uma boa aderência com as argilas, não absorver muita água, serem pouco apodrecíveis e possibilitarem a realização de trabalhos em camadas delgadas. As fibras do enchimento garantem a esta camada, naturalmente mais argilosa que as outras duas, uma maior flexibilidade – o que permite que ela acompanhe os movimentos da trama sem fissurar em demasia – e aumentam o poder de aderência do reboco no emboço.

c. Química: para alterar as características do solo, principalmente no que diz respeito à diminuição da sua capacidade de absorção de água, os produtos adicionados reagem físico-quimicamente com as partículas ou criam uma matriz que liga ou encobre os grãos. No primeiro processo, o estabilizante (que pode ser um ácido, um polímero, um floculante etc.) inicia um processo de catalização que "liga" as folhas de argila (HOUBEN, 1994, p. 77); no segundo, o estabilizante preenche os vazios do solo, envolvendo e unindo as partículas. Os produtos mais comumente utilizados neste segundo caso são:

- cimento (solo-cimento): normalmente usa-se o cimento Portland;
- cal (solo-cal): geralmente é usada a cal virgem ou aquela já hidratada;



- gesso: usado para aumentar a coesão entre as partículas do solo;
- betume: impermeabiliza o solo preenchendo os seus vazios. Apresenta resultados mais satisfatórios para terras arenosas e siltosas;
- resinas: normalmente são usadas para impermeabilizar o solo (lignina, silanos), para aumentar a sua resistência mecânica (goma arábica, goma-laca) e para consolidar camadas de emboço e reboco em desprendimento (resinas à base de acetato polivinílico e de álcool polivinílico, suspensões acrílicas, epoxi etc.). São produtos muito caros e nem sempre dão os resultados esperados, pois até aqueles mais compatíveis com a terra, como é o caso do silicato de etila (sílica), apresentam inconvenientes.

A utilização concomitante de dois ou mais dos métodos de estabilização vistos anteriormente é aceitável desde que os resultados já tenham sido previamente pesquisados, o que evitará possíveis danos ao edifício onde os mesmos serão empregados.

Existem produtos de origem vegetal e animal que também são bastante conhecidos principalmente por fazerem parte das tradições do "saber fazer" dos artesãos construtores, mas cuja eficácia no que diz respeito ao que lhes é atribuído proporcionar ao solo, ainda não foi, ou foi insuficientemente comprovado cientificamente. A título de curiosidade, alguns deles são apresentados a seguir:

- para melhorar a impermeabilidade a águas externas: cinzas, pozolana ou pó de tijolos cozidos, clara de ovo, leite, sabão, sangue, mucilagem (líquido de cactáceos), urina de boi, esterco de boi e cavalo, óleos e gorduras animais;
- para melhorar a resistência à compressão: cinzas;
- para aumentar a dureza: urina de boi (para rebocos que contenham cal), pozolana ou pó de tijolos cozidos, mucilagem (líquido de cactáceos), fezes de boi, caseína;
- para aumentar a coesão: mucilagem (líquido de cactáceos), fezes e urinas de boi e cavalo, colas de "chifres, ossos, cascos e peles" (SANTIAGO, 2001, p. 70);
- para aumentar a resistência às intempéries: urina de cavalo, secreção de térmitas, suco de folhas de bananeira.

### 3.2. A MADEIRA

Apesar de serem responsáveis por uma grande parte das patologias detectadas em paredes de pau a pique, em algumas situações, os problemas não estão relacionados com a



escolha da terra ou com a má execução da técnica, mas à falta de critério na escolha da melhor madeira a ser utilizada para conformar as tramas ou às solicitações indevidas a que as mesmas ficam sujeitas.

Abaixo, foram elencadas algumas considerações sobre a madeira como material de construção que devem ser levadas em consideração quando da sua aplicação em edifícios, principalmente no caso de paredes de pau a pique.

### 3.2.1. Considerações iniciais

Segundo Isabela Cruz (1999, p. 3), a madeira é o "principal tecido formador do tronco dos vegetais das espécies arbóreas". É por esse tecido que a seiva, composto formado por água e sais minerais, circula até as folhas e garante o processo de nutrição da planta. Seus troncos são formados por fibras que se desenvolvem segundo determinadas direções (normalmente paralelas ou perpendiculares em relação ao eixo longitudinal do tronco), desenvolvendo esse que influencia diretamente na homogeneidade e na expansão dos mesmos.

A sua composição química é caracterizada pela presença de celulose, hemicelulose e lignina e varia conforme a espécie botânica. Tais espécies dividem-se em dois grupos:

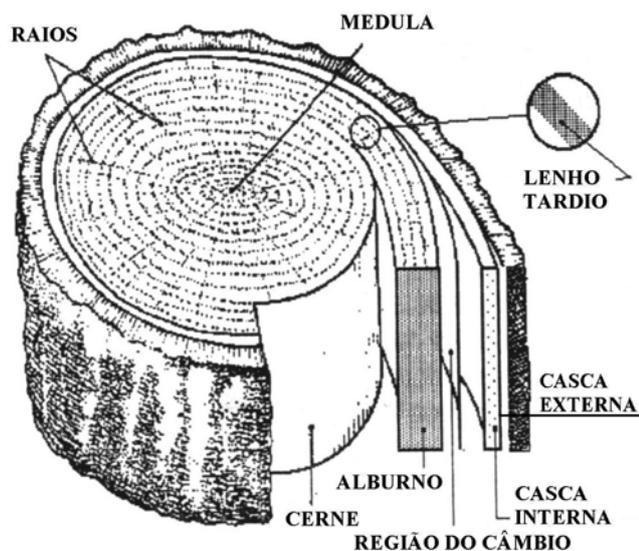
- coníferas (gimnospermas): possuem madeira mais mole, suas folhas têm forma de agulha, crescem horizontalmente através da formação de anéis (exógenas)<sup>11</sup> e são típicas de regiões de climas frios. São exemplos o pinho e o eucalipto;
- frondosas (angiospermas monocotiledôneas e dicotiledôneas): as dicotiledôneas, normalmente utilizadas em construções, possuem madeira mais dura e, por isso, são mais resistentes aos esforços (tensões) e aos agentes de degradação. Suas folhas são largas e o seu crescimento, também feito através de anéis, é mais lento que o das coníferas. Como exemplos, pode-se destacar a maçaranduba, a cerejeira, os ipês, as perobas, a imbuia, o cedro e o mogno.

A morfologia do tronco de um vegetal exógeno, que é o que particularmente interessa ser aqui conhecido, mostra, a nível da microestrutura, a existência de várias camadas que estão indicadas na figura 3.8.:

---

<sup>11</sup> As árvores endógenas, diferentemente das exógenas, crescem de dentro para fora (palmeiras e bambus) (OLIVEIRA, 1996, p. 38).





**Figura 3.8.** Morfologia do tronco de árvores exógenas

Essas camadas, especificadas a seguir, apresentam as seguintes características:

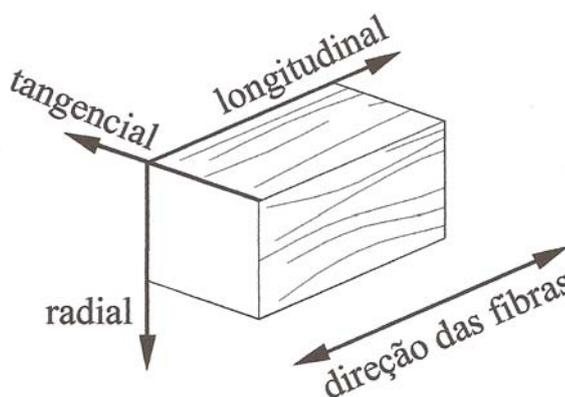
- casca – elemento mais externo do tronco formado por células mortas;
- câmbio – responsável pelo crescimento do vegetal;
- lenho – corresponde à madeira propriamente dita e é a parte mais resistente do vegetal. É subdividido em: alburno ou “branco da madeira” (CRUZ, 1999, p. 6) por ser de cor mais clara, constituído por células vivas responsáveis pelos movimentos ascendentes da seiva e menos resistente e mais suscetível ao ataque de fungos e insetos; e cerne, que é o elemento de sustentação das plantas adultas, geralmente de cor escura, formado por células do alburno que perderam as suas funções fisiológicas. Os extrativos presentes nesta última camada lhe conferem propriedades como cheiro, cor, gosto e, em alguns casos, apresentam atividades inibidoras ou tóxicas aos organismos xilófagos lhe servindo como preservantes naturais (LELIS, 2001, p. 5);
- medula – núcleo representativo do crescimento primário da planta. É pouco durável e apresenta baixa resistência mecânica não sendo indicada, portanto, para ser usada em construções.

Em termos de microestrutura, é importante ressaltar aqui as células ou fibras, como são mais conhecidas, das dicotiledôneas<sup>12</sup>. Correspondem a “tubos de paredes finas alinhados na direção axial do tronco e colados entre si” (PFEIL, 2003, p. 2-3) que cumprem o papel de

<sup>12</sup> As células das coníferas são chamadas de traqueóides.



elementos portantes desse último. A referência que se adota em relação à direção das fibras (figura 3.9.) resulta em modificação das propriedades principalmente mecânicas da madeira: a direção longitudinal apresenta valores maiores de resistência e rigidez se comparados aos das direções radial e tangencial.



**Figura 3.9.** Direções da madeira

### 3.2.2. Características da madeira como material de construção

A madeira sempre foi um material utilizado pelo homem em várias de suas atividades, inclusive na de construir. Testemunhos arqueológicos comprovam que, desde o período Neolítico, troncos de árvores eram usados para construir abrigos (JOHNSON, 1994, p. 62). Nos edifícios de pau a pique, geralmente estão presentes nas estruturas autônomas e na composição das tramas.

Puccioni (1997, p. 64) destaca algumas características que tornam a madeira um excelente material de construção: "boa resistência mecânica à compressão e à tração, baixo peso próprio, boa resistência ao choque, bom isolamento térmico e acústico, boa trabalhabilidade e bela aparência". Porém, como todo material, também apresenta algumas desvantagens: é altamente comburente, sofre variações de volume quando as condições ambientais variam, principalmente em se tratando da umidade, e é suscetível ao ataque de organismos xilófagos.

As características inerentes ao material variam de espécie para espécie. Por essa razão, é essencial que tanto a morfologia (já apresentada) quanto algumas propriedades sejam conhecidas para que um resultado ótimo seja alcançado no emprego da madeira em edifícios.

A seguir, estão listadas, resumidamente, algumas dessas propriedades:



### 3.2.2.1. Físicas

- umidade: a umidade contida na madeira influencia diretamente em algumas de suas propriedades. Quando uma madeira abatida é colocada para secar ao ar livre, ela começa a perder parte da água que estava contida no interior de suas células ocas e aquela que fora absorvida pelas paredes das fibras para o meio ambiente até que atinge um ponto de equilíbrio cujo valor pode variar entre 12% e 15% (OLIVEIRA, 2002, p. 106);
- retratibilidade: a variação da umidade da madeira pode fazer com que a mesma sofra modificações em sua forma através de processos de retração ou inchamento;
- densidade: é uma das principais propriedades das madeiras, pois interfere na sua resistência às tensões de caráter mecânico. Refere-se ao menor ou maior afastamento dos feixes lenhosos (o que significa, respectivamente, a uma menor ou maior densidade), à dimensão das células que formam esses feixes, à sua composição química e à idade do vegetal (CRUZ, 1999, p. 8);
- cor: geralmente, as madeiras mais claras possuem menor densidade e menor resistência mecânica que as mais escuras (CRUZ, 1999, p. 10);
- textura: diz respeito ao arranjo das células e das fibras em cada espécie. É importante para a identificação das espécies botânicas, além de influenciar no desdobro e na serragem das toras;
- odor: pode ser fator para a identificação de espécies e auxiliar na avaliação do nível de umidade contida nas peças. Está presente nos óleos, nas resinas e nas substâncias voláteis da madeira que evaporam junto com a água no seu processo de secagem (CRUZ, 1999, p. 13) e que ficam depositados nas cavidades das células;
- rigidez: desde que mantidos certos limites de pressão, temperatura e esforços mecânicos, permite uma constância da forma e das dimensões das peças de madeira. (CRUZ, 1999, p. 17);
- resistência: dizer que uma madeira é resistente à determinada tensão é também dizer que ela é capaz de suportá-la. Por isso, tal resistência é calculada "pela máxima tensão provocada por determinada solicitação que pode ser aplicada a uma peça, sem que ela venha a sofrer ruptura ou deformação permanente" (CRUZ, 1999, p. 14).

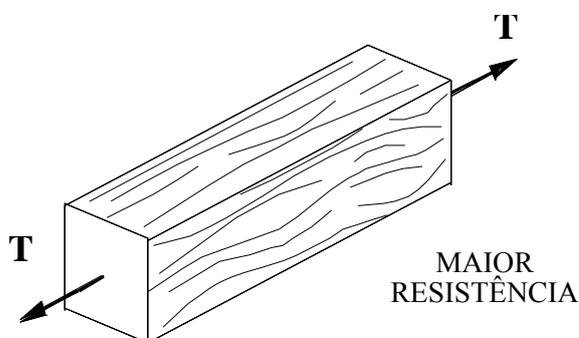
### 3.2.2.2. Mecânicas

Tais propriedades relacionam-se diretamente à disposição das fibras, pois, como se viu, estes são os elementos portantes e, por isso, os maiores responsáveis pela resistência mecânica da madeira. Os aspectos qualitativos das propriedades mecânicas da madeira estão

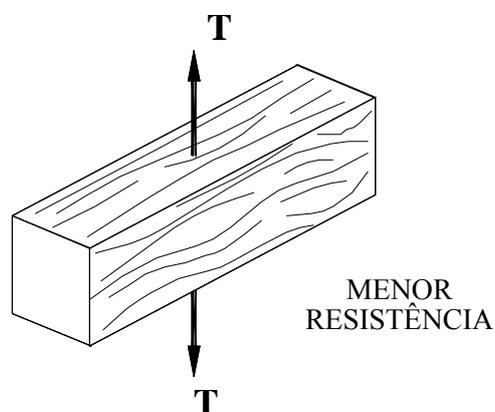


relacionados diretamente com a posição e o comportamento das fibras frente às diversas tensões. As principais tensões que podem agir sobre a madeira quando empregada em edifícios de pau a pique (tanto em estruturas autônomas quanto nas tramas) são as seguintes:

– tração: a madeira apresenta seu melhor comportamento frente à tração quando esta incide no sentido paralelo às fibras (axial), situação demonstrada pela figura 3.10. Sua resistência vai diminuindo gradualmente quando a tensão passa de axial para inclinada e, finalmente, chega à perpendicular, situação em que a sua resistência é muito baixa (figura 3.11), pois torna-se muito fácil a separação das fibras. Ultrapassada a tensão de resistência à tração, a tendência é que o material se rompa (REBELLO, 2000, p. 50).

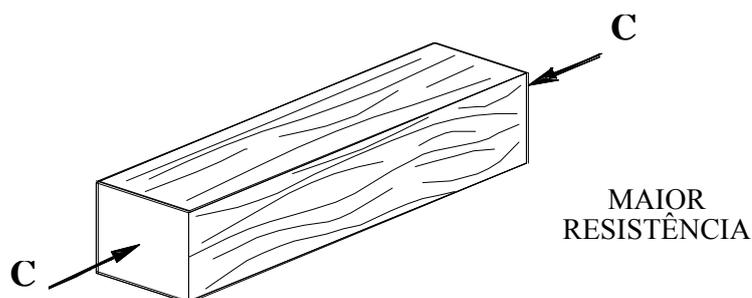


**Figura 3.10.** Tensão de tração paralela



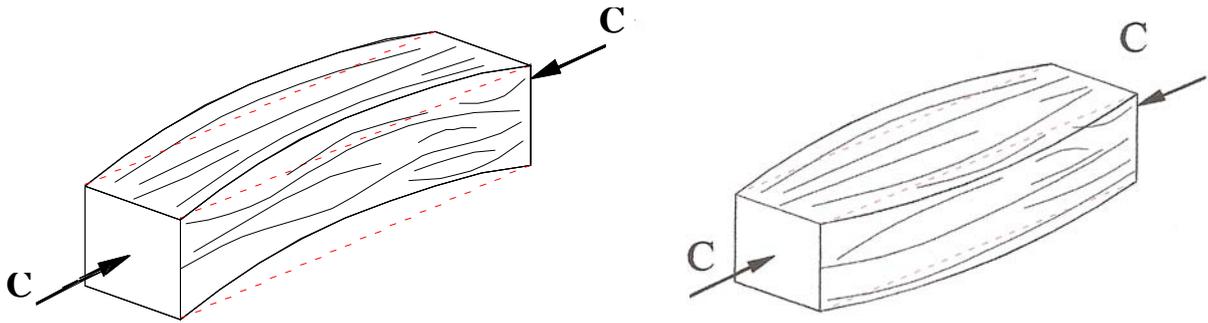
**Figura 3.11.** Tensão de tração perpendicular

– compressão: para tensões de compressão incidentes paralelamente às fibras da madeira, a resistência não é tão alta quanto no caso da tração neste mesmo sentido, mas é bem aceita para peças curtas (figura 3.12). Porém, à medida em que a tensão vai aumentando de intensidade, aumentam também as chances de na peça ocorrer uma flambagem, que é a perda da estabilidade do material antes da sua ruptura (REBELLO, 200, p. 50) pela separação das fibras (figura 3.13).



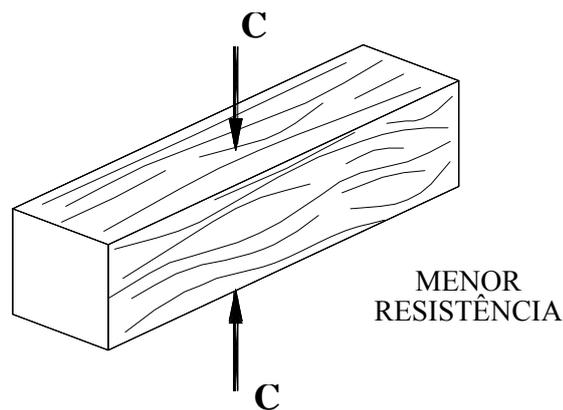
**Figura 3.12.** Tensão de compressão paralela



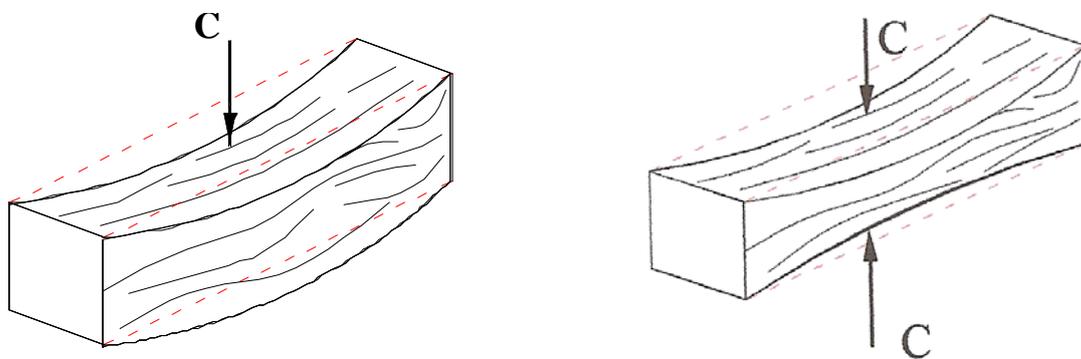


**Figura 3.13.** Aspecto de peças flambadas

Nos casos de compressão perpendicular à direção das fibras (figura 3.14), a resistência da madeira é cerca de  $\frac{1}{4}$  menor que nos casos de compressão paralela (CALIL Junior, 2003, p. 38). Nessas circunstâncias, as peças ficam sujeitas a um movimento de flexão (figura 3.15) cuja intensidade depende de fatores tais como a porosidade da madeira e as características da tensão (posição, extensão, distribuição).



**Figura 3.14.** Tensão de compressão perpendicular

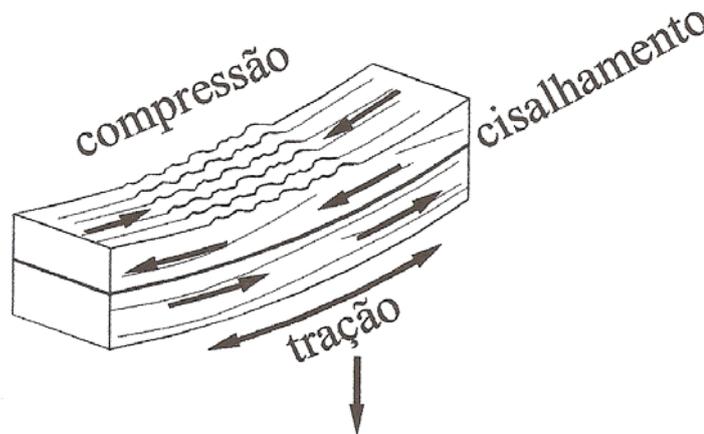


**Figura 3.15.** Aspecto de peças fletidas



Quando ocorre a flexão, as fibras são solicitadas à compressão axial, à tração axial e ao cisalhamento horizontal (figura 3.16). A peça se rompe quando da

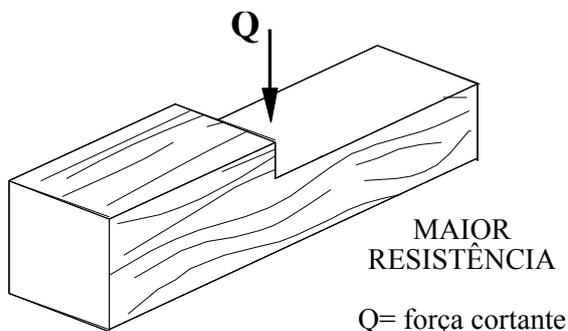
Formação de minúsculas falhas de compressão seguidas pelo desenvolvimento de enrugamentos de compressão macroscópicos. Este fenômeno gera o aumento da área comprimida na seção e a redução da área tracionada, podendo, eventualmente, romper por tração (CALIL JUNIOR, 2003, p. 41).



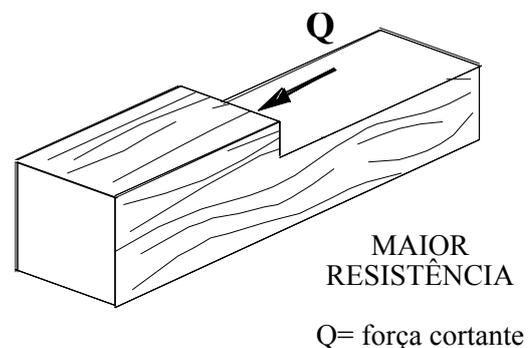
**Figura 3.16.** Flexão em peça de madeira

– torção: a madeira possui uma resistência muito boa às tensões de torção, casos em que tanto as seções transversais quanto horizontais da peça giram em torno de seu eixo, que permanece reto. É bastante difícil ocorrer este tipo de situação.

– cisalhamento: a madeira comporta-se bem às tensões de cisalhamento perpendiculares às fibras (figura 3.17), mas a resistência é mínima quando as tensões são no sentido das mesmas (figura 3.18).



**Figura 3.17.** Tensão de cisalhamento perpendicular



**Figura 3.18.** Tensão de cisalhamento paralela



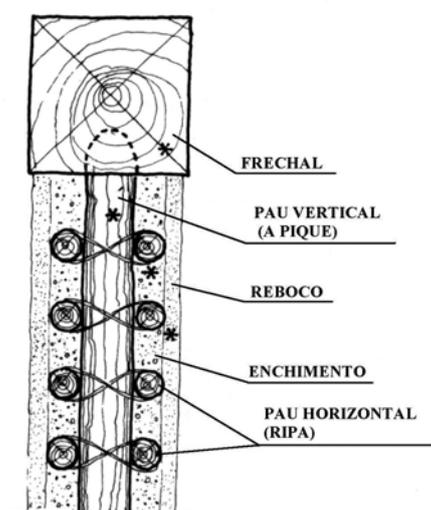
#### 4. O SISTEMA CONSTRUTIVO DO PAU A PIQUE

(...) Ainda agora é só andar pelo interior que elas logo surgem ao longo das estradas. Feitas com o pau do mato próximo e da terra do chão, mal barreadas, como casas de bicho, dão abrigo a toda a família – crianças de colo, garotos, meninas, os velhos, tudo de mistura e com aquele ar doente e parado, esperando... E ninguém liga de tão habituado que está, pois aquilo faz parte da terra como formigueiro, figueira-brava e pé de milho – é o chão que continua.<sup>13</sup>

Lúcio Costa

Neste capítulo será vista, mais amiúde, a técnica do pau a pique e a sua utilização em edifícios brasileiros de valor cultural.

Trata-se, basicamente, de uma trama de madeira constituída por paus verticais (paus a pique) presos, em ambos os lados, a paus horizontais (ripas) sobre a qual é aplicada manualmente uma argamassa de barro que preenche seus vazios (figuras 4.1 e 4.2).



**Figura 4.1.** Seção de uma parede de pau a pique



**Figura 4.2.** Parede de pau a pique

O pau-a-pique, ao contrário de outras técnicas de arquitetura que utilizam a terra crua como matéria-prima – o adobe e a taipa de pilão, por exemplo – não é estrutural<sup>14</sup>, mas de vedação. Por isso, quando é empregada em paredes externas, está sempre associado à existência de uma estrutura autônoma, em geral a gaiola de madeira, mas outros materiais,

<sup>13</sup> COSTA, Lúcio. **Arquitetura**. 2 ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2003.

<sup>14</sup> “Parede que, além de se constituir em vedação, suporta por toda a sua extensão as cargas da construção. É maciça e geralmente de taipa de pilão, alvenaria de pedra, tijolos ou adobe” (ÁVILA, 1996, p.69).

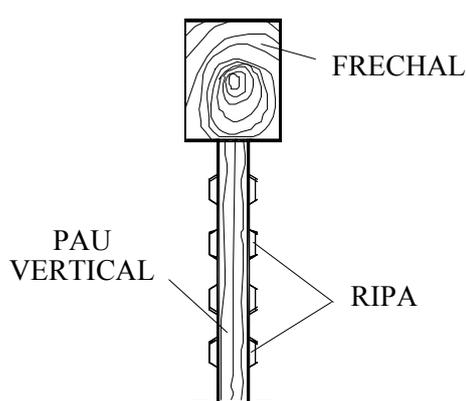


como a pedra e os tijolos cozidos, podem ser empregados.

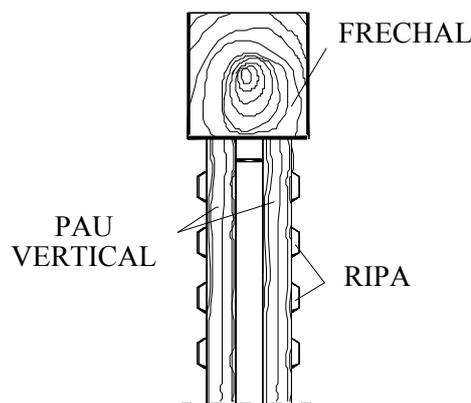
Como toda técnica construtiva, também apresenta variações de execução, de composição e de nomenclatura que estão relacionadas diretamente às regiões onde é encontrada. No que diz respeito à nomenclatura, as designações mais conhecidas são baseadas na própria forma de fazê-lo, na colocação dos paus e na aplicação do barro: pau a pique, taipa de mão, taipa de sopapo, taipa de sebe, pescoção, taponá, barro armado. A matéria prima existente no local de execução do edifício (terra, madeira, cipó) e, por isso, sem custos, era (e ainda é), na grande maioria das vezes, a preferida.

Geralmente, o pau-a-pique era utilizado no interior das edificações e em pavimentos superiores por ser bastante leve – algumas paredes apóiam-se, inclusive, diretamente sobre o assoalho de pavimentos superiores sem vigas específicas de sustentação – mas é possível encontrar exemplares onde a gaiola de madeira, interna e externamente, no térreo e nos pavimentos superiores, foi totalmente por ele preenchida.

As paredes que possuem uma única fileira de paus verticais (o que se adotou chamar como trama simples) têm espessuras que normalmente variam entre quinze e vinte centímetros (figura 4.3). As paredes com trama dupla – aquelas em que há duas fileiras paralelas de paus verticais – chegam a ter espessuras entre quarenta e cinquenta centímetros (figura 4.4).



**Figura 4.3.** Esquema de trama simples



**Figura 4.4.** Esquema de trama dupla

A seguir, são feitas algumas considerações sobre a utilização do pau a pique no Brasil que demonstram o quanto essa técnica foi, e continua sendo, importante para a história da arquitetura no país.



#### 4.1. O PAU A PIQUE NO BRASIL

Sobre a origem da utilização do pau a pique no Brasil, não se tem maiores informações. Diferentemente de outras técnicas construtivas – como, por exemplo, a taipa de pilão que já era utilizada em Portugal anteriormente ao século XVI, o pau a pique parece ter sido o resultado da soma de experiências portuguesas, africanas e indígenas para erguer edifícios. Para Lemos (1999, p. 42),

tudo indica que essa técnica tenha sido universal, variando somente o sistema estrutural de sustentação na vertical da referida trama barreada. Vimos que Tibiriçá, no testemunho de Anchieta transcrito por Serafim Leite, fez as paredes da primeira capela jesuítica de barro e paus. Teria aprendido com os padres? Os negros africanos conheciam a técnica (...).

Milanez (apud LOPES, 2001, p. 42) considera que foi uma mistura das paliçadas e tramas de madeira dos indígenas com as técnicas portuguesas no que diz respeito ao trabalho com a terra crua e com as paredes cobertas de barro dos africanos, posição também compartilhada por Freyre (1981, p. 302-303):

(...) a construção de taipa (...) [teria] se generalizado na Bahia dos primeiros tempos, onde ficou 'popular e rural' por uma 'fácil aliança': a taipa portuguesa e a cabana de varas e palmas dos índios, à que o negro da África ajuntou o sistema de as cobrir de lama ou arremessos de barro que chamamos de 'sopapo'.

Outros já sugerem a realização de pesquisas mais profundas para se saber realmente de quem foram as influências e qual a contribuição dada por cada um dos povos, como comenta Vasconcellos (1968, p. 47):

(...) embora o pau-a-pique se tenha difundido por todo o Brasil, e intensamente em Minas, é ele totalmente desconhecido em Portugal. Não há, em todo esse país, exemplo de sua aplicação. Não há, por sua vez, indicações seguras de sua origem africana, a partir das áreas de onde provieram os negros escravos. Em como dos territórios mulçumanos, talvez, que não o levaram para a península ibérica, se transferiram para o Brasil e para as Minas, é problema ainda a pesquisar. A obscuridade de sua origem ressalta das referências documentais alusivas à sua introdução em Portugal, por ocasião da reconstrução de Lisboa [mas não do pau-a-pique em si, mas da estrutura autônoma de madeira que, na maioria das vezes, o acompanha.

Como se pôde notar, a "origem" do pau a pique e/ou a origem das influências que permitiram a constituição da técnica ainda está longe de ser consenso entre aqueles que tratam



e escrevem sobre o assunto. É importante, porém, ressaltar, que independente dessa "origem", o pau a pique foi uma técnica adotada na maioria das regiões do Brasil. Existem diversos relatos que falam sobre o seu emprego desde o início da colonização:

(...) notamos em primeiro lugar, que as casas rústicas, de pau e barro, com vãos e coberturas rudimentares, levantadas nos primeiros cercados de paliçada, ao iniciar-se a colonização, são iguais às primeiras casas existentes junto aos engenhos e nas aldeias de Pernambuco, quando da invasão holandesa; iguais às dos primeiros arraiais de Minas um século depois, na época febril do ouro; iguais às casas isoladas, pioneiras, que vemos em qualquer rumo do sertão, esparsas à beira dos rios, nas roças longínquas ou dentro da mata espessa.

A casa que veio em seguida, feita, do mesmo modo, de paus cruzados e barro; de pedra irregular ligada com argamassa, de adobe ou taipa de pilão, é já de melhor construção e realizada com os ensinamentos e reminiscências da casa portuguesa, pois, edificada por portugueses, segue os seus sistemas de construção, apenas adaptados ao meio e aos materiais existentes. Define-se; toma logo forma precisa e estabelece usos que são imutáveis como leis, no correr do seu desenvolvimento, daí por diante (RODRIGUES, 1975. p. 285 e 286).

A técnica era usada em construções as mais diversas, desde senzalas até igrejas matrizes, passando por casas térreas e sobrados de dois ou mais pavimentos. Vauthier ([18--?], p. 91) nos dá uma visão do pau a pique das senzalas de engenhos que viu em Pernambuco:

(...) As paredes são de pau-a-pique. Pequenas estacas de madeira com casca, de 5 a 6 centímetros de diâmetro, fincadas na terra, suportam um gradeado horizontal, formando quadrados de 20 a 25 centímetros de lado, cheios de barro grosseiramente alisado pela parte de fora. Nenhum reboco protege esse enchimento, por isso, a ação das chuvas e do calor o deteriora prontamente, praticando ali aberturas suplementares através das quais penetra no cubículo um pouco de luz e de frescura (...)

Apesar de ter sido levada pelos bandeirantes paulistas para Minas Gerais em fins do século XVII juntamente com outras técnicas construtivas que utilizavam a terra crua, o pau a pique era empregado no território paulista em pequena escala, já que a taipa de pilão a técnica adotada para a construção da maior parte dos edifícios daquela região até o século XIX, principalmente devido à escassez e/ou à dificuldade de se trazer do interior outros materiais como a pedra e madeiras de lei. A partir do final do século XVIII, juntamente com os mineiros que migram para São Paulo em busca de novas pastagens para o gado (LEMOS, 1999, p. 76), chegou, “reintroduzido”, o pau a pique, onde passou a conviver harmoniosamente com a taipa de pilão a partir de então, como resalta ainda Lemos (1999, p. 124): "a taipa de pilão por fora das construções, constituindo as paredes mestras, e a taipa de



mão (com muitas variantes construtivas) nas divisórias internas". Segundo o mesmo autor, pode-se verificar também, em regiões paulistas não influenciadas pela ocupação mineira, remanescentes de construções que possuem um tipo próprio de utilização do pau a pique, que foi chamado por ele de "paulista tradicional", onde "todos os elementos verticais da trama de varas se apóiam em embasamento de taipa de pilão ou de pedra argamassada com barro ou, ainda, sobre alvenaria de tijolos igualmente ligados com terra molhada" (1999, p. 125).

Na Bahia, como se viu, a técnica já era conhecida desde a construção dos primeiros edifícios em solo brasileiro e constituía uma grande parcela deles. Em Pernambuco, mais especificamente em Recife e Olinda, apesar do predomínio das construções de tijolos maciços, os sobrados de pau a pique eram encontrados por toda parte. No caso de Olinda, destacamos a descrição, feita por um escritor holandês no século XVII, de um desses sobrados que, na verdade, representa todos os demais no que diz respeito à forma de construir:

A maneira de construir deles consiste em fincar tantos esteios quantos são necessários para o tamanho da casa; sobre eles, constroem um andar com a altura de um homem e por cima deste andar um teto, coberto de telhas ou folhas de palmeira. Usam o andar térreo para depósito, fechando-o por meio de um entrançado de varas emboçado e cuidadosamente caiado por dentro e por fora (SMITH, p. 124).

No Estado do Rio de Janeiro, a técnica é bastante encontrada em cidades do interior como Valença, Vassouras, Barra do Piraí, Piraí, Paty do Alferes, entre outras. Na capital, a cantaria foi utilizada em maior escala.

Como visto, foram os bandeirantes paulistas que introduziram em Minas Gerais, em fins do século XVII, as técnicas de utilização do barro, em especial o pau a pique. A principal explicação para a adoção desta técnica na região mineira foi a sua facilidade em adaptar-se a terrenos muito acidentados, como é constatado por Lúcio Costa (2003, p. 37):

(...) nas terras acidentadas de Minas, onde os caminhos acompanhavam as cumeadas, com as casas despencando pelas encostas, o pau-a-pique sobre baldrame de pedra foi a solução natural (...).

#### 4.2. ESPECIFICIDADES SOBRE A TÉCNICA

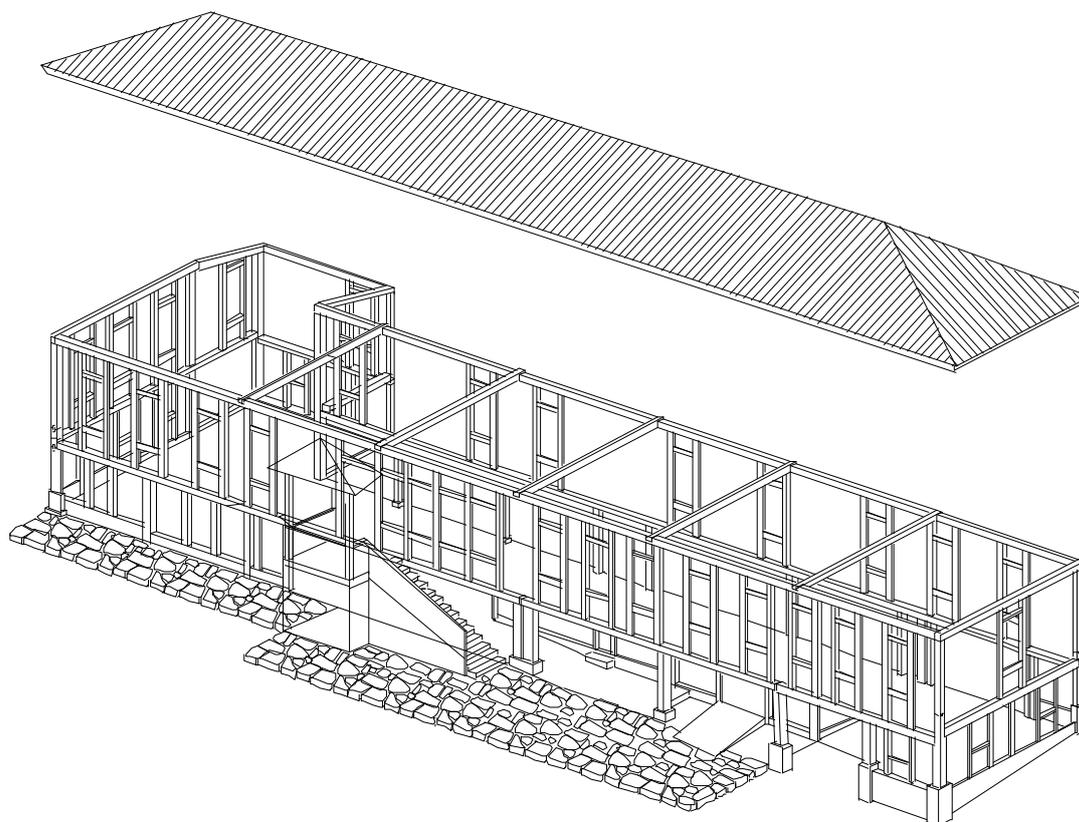
Os diversos sistemas construtivos que utilizam a terra como matéria-prima estão reunidos em dois grupos que são, segundo Puccioni (1997, p. 12-17), as estruturas auto-



portantes, onde se destacam as técnicas de alvenaria de pedra seca, pedra e barro, pedra e cal, taipa de pilão, adobe e de tijolos, e as estruturas autônomas. Particularmente para o presente trabalho este último sistema – estruturas autônomas – será melhor analisado por estar a ele associada a técnica do pau a pique.

Ainda segundo Puccioni (1997, p. 16), o sistema de estruturas autônomas é composto por uma estrutura principal ou autônoma, que desempenha a função portante, pois recebe e "transmite ao solo o peso do telhado, dos pisos intermediários, das paredes divisórias e das paredes de vedação", e por uma estrutura secundária, cujas funções são contraventar a estrutura principal e vedar os quadros (vãos) formados pelas peças que a constituem.

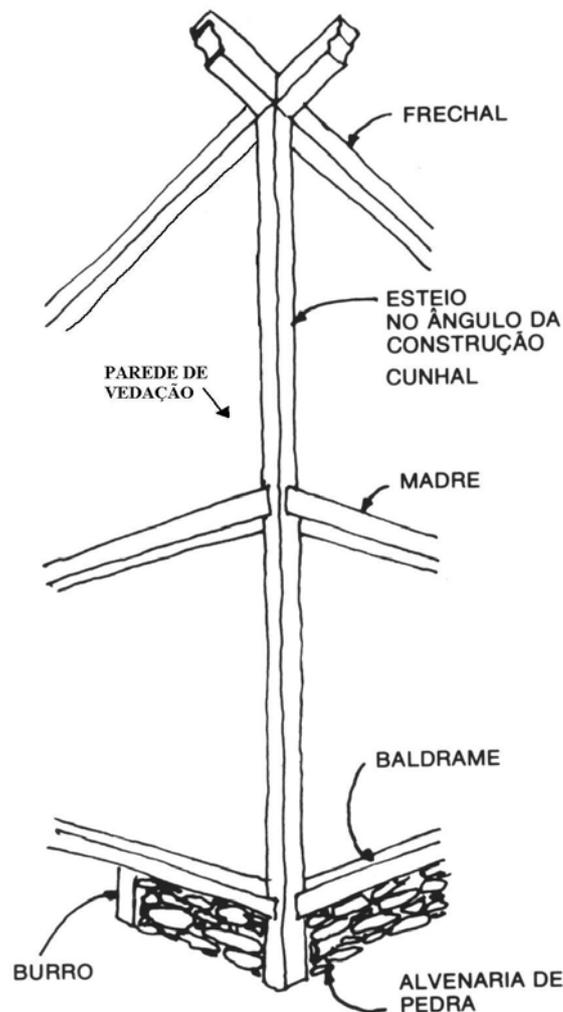
Nas construções atuais, é bastante comum o uso de concreto ou do aço para a execução de pilares e vigas de uma estrutura principal. Porém, em edifícios com valor cultural, a madeira é o material comumente encontrado na confecção das mesmas, que são também conhecidas como "gaiolas" (figura 4.5).



**Figura 4.5.** Esquema de estrutura autônoma (“gaiola”) de madeira

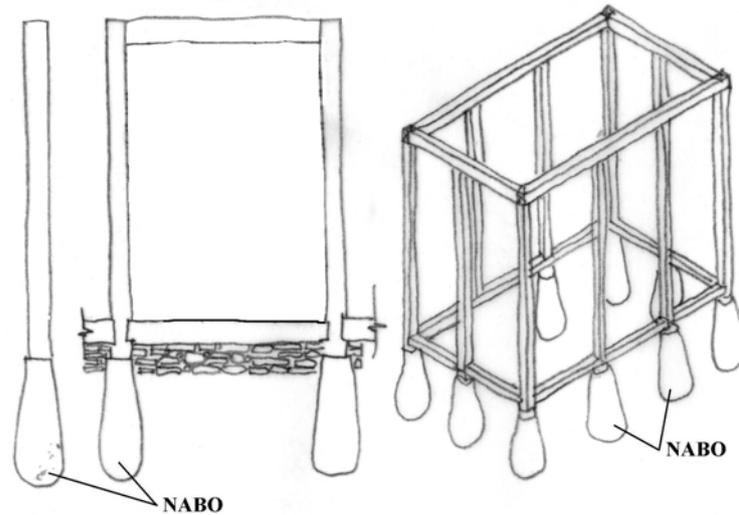


Como exemplifica a figura 4.6, a gaiola geralmente é composta por peças verticais, denominadas esteios (pilares), aos quais estão ligadas peças horizontais denominadas baldrames, madres e frechais (vigas), de acordo com a sua posição nessa estrutura. Como solução preventiva, era comum os baldrames estarem apoiados sobre uma parede baixa de alvenaria de pedra ou de adobe para evitar que possíveis infiltrações vindas do solo (ascendentes) atingissem essas e outras peças de madeira. As partes dos esteios que ficam incrustadas no solo, conhecidas como nabos (figura 4.7), recebiam tratamento especial, principalmente através de aplicação de fogo, para resistirem melhor visto que estavam em contato constante com a umidade do solo.



**Figura 4.6.** Esquema de estrutura autônoma com vedação em pau a pique



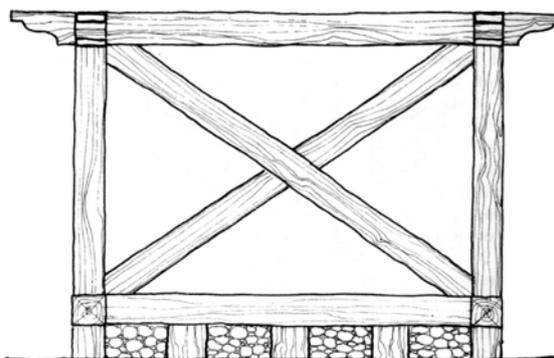


**Figura 4.7.** Esquema de gaiolas onde se destacam os nabos

Sobre as peças conformadoras da gaiola e as suas funções estruturais na mesma, ressalta Toledo (1983, p. 256):

(...) Os esteios não eram fíncados diretamente no solo, nasciam de troncos previamente fíncados (nabos). Os baldrames eram isolados do solo e, para não haver flexão, eram colocados apoios intermediarios [burros]. Os frechais eram responsáveis pelo travamento superior e armação dos beirais. As ombreiras de janelas apoiavam-se diretamente no frechal e no baldrame. A rigidez do conjunto era assegurada pelo uso de peças de madeira em diagonal formando um X. Eram as aspás ou cruz de Santo André (...).

Nos edifícios pesquisados para o presente trabalho, foi encontrado um exemplo clássico de cruz de Santo André (figura 4.8) que está ilustrado na figura 4.9. Ao invés de duas peças em diagonal formando uma cruz, pode-se também encontrar, reforçando estruturalmente a parede, apenas uma dessas pernas.



**Figura 4.8.** Esquema de Cruz de Santo André



**Figura 4.9.** Cruz de Santo André



Os vãos das gaiolas eram preenchidos por paredes de vedação, que constituem as estruturas secundárias, e podiam ser executadas pelas mais diferentes técnicas como as alvenarias de tijolos cozidos e os entramados.

A família dos entramados consiste em estruturas eminentemente artesanais onde

(...) a terra, bastante plástica e misturada com fibras, é aplicada sobre um suporte do tipo encanastrado de ripas de madeira ou bambu, entrançado de ramos, para guarnecer uma estrutura geralmente feita de madeira (CRATERRE, 1992, p. 144).

Essa família é composta por várias técnicas também conhecidas como mistas – por unir estruturas vegetais e enchimento de terra – que são utilizadas pelo homem há milênios em diversas regiões do planeta. Algumas dessas técnicas, executadas principalmente na América Latina, estão destacadas na tabela 2.1.

País	Denominação
Argentina	<i>estanteo/ quincha</i>
Bolívia	<i>tabique</i>
Brasil	taipa de mão/ pau a pique
Equador, Venezuela	<i>bahareque</i>
Peru	<i>quincha</i>

**Tabela 2.** Principais técnicas de entramados encontradas em países da América Latina

No Brasil, a técnica de entramado mais empregada como estrutura secundária é a do pau a pique, que pertencente ao grupo das taipas<sup>15</sup>. É uma técnica eminentemente artesanal onde o seu executor, aqui considerado como artesão, trabalha com práticas de construção transmitidas, normalmente, de geração a geração. Uma das características mais marcantes desse sistema construtivo e que, na maioria das vezes, passa despercebida pela maioria das pessoas, é a existência das marcas dos dedos dos artesãos que ficam gravadas no barro como se fossem a sua identidade, a sua assinatura "anônima", uma forma de dizer: "esse é o produto das minhas mãos" (figuras 4.10 a 4.13). E essa integração artesão/barro não pára por aí: ela tem início numa etapa até anterior ao barreamento, quando a terra, misturada à água e ao suor do taipeiro, é pisada e marcada, momentaneamente, também pelos seus pés (figura 4.14).

<sup>15</sup> Taipa: o termo de origem árabe refere-se à “parede feita de barro socado ou mole, misturado a outros materiais, que lhe emprestam maior plasticidade e resistência, a exemplo da cal, areia, cascalho, fibras vegetais, estreme animal etc (...)”. (ÁVILA, 1996, p. 87).





**Figura 4.10.** Marcas dos dedos gravadas durante o barreamento



**Figura 4.11.** Marcas dos dedos do taipeiro



**Figura 4.12.** Detalhe da figura 4.11.



**Figura 4.13.** Marcas dos dedos gravadas no barro



**Figura 4.14.** Taipeiro pisando o barro

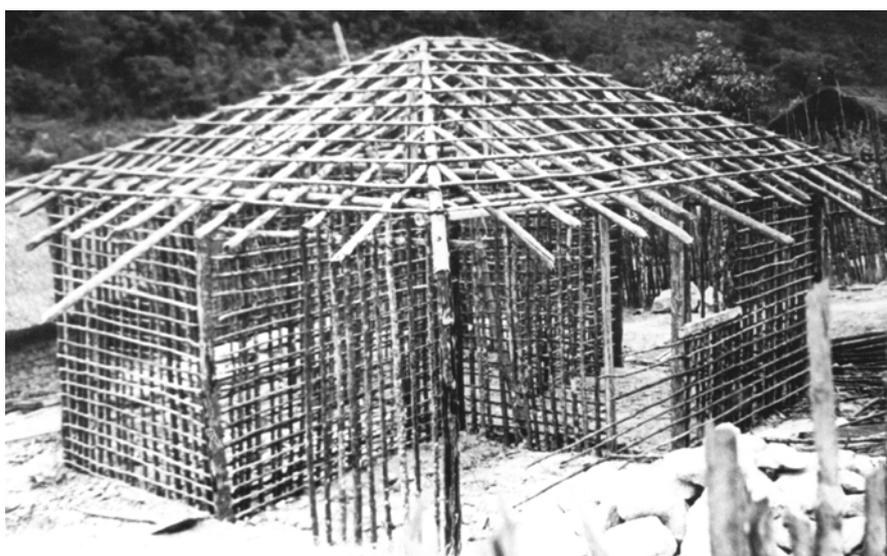


### 4.3. ELEMENTOS QUE COMPÕEM UMA PAREDE DE PAU A PIQUE

Uma parede de pau a pique é composta por diversos elementos, cujas características estão descritas a seguir:

#### 4.3.1. Trama

A trama ou esqueleto de uma parede de pau a pique é o elemento estruturador da própria parede; é ela que sustenta o enchimento de barro e que faz a ligação dessa "estrutura de vedação"<sup>16</sup> à estrutura autônoma. Principalmente nas construções mais antigas, os paus eram cortados no mato próximo e utilizados para compor as tramas em seu estado natural. O conjunto das tramas das diversas paredes constitui o esqueleto desse tipo de edifício (figura 4.15).



**Figura 4.15.** Esqueleto de uma casa de pau a pique

É possível encontrar tramas constituídas somente de paus roliços (figura 3.20) ou somente de paus serrados (em construções mais recentes) (figura 4.17) e/ou compostas pelos dois tipos (figura 4.18).

---

<sup>16</sup> Estrutura não no sentido de suportar cargas, mas no sentido de um conjunto de elementos que serão responsáveis pela vedação de algo.





**Figura 4.16.** Trama constituída por paus roliços



**Figura 4.17.** Trama constituída por paus serrados



**Figura 4.18.** Trama constituída por paus verticais roliços e paus horizontais serrados

Uma trama é composta por paus verticais, paus horizontais e pelo emento que faz a ligação entre ambos, como descrito abaixo:

#### 4.3.1.1. Paus verticais

"Estes paus são freqüentemente roliços, com sua casca inclusive, em seção compatível com a espessura pretendida para as paredes que vão compor" (VASCONCELOS, 1979, p. 45). Não existe uma distância fixa para a colocação dos paus, mas foi possível notar, no caso de tramas simples, medidas que variam em torno de um palmo e meio entre eles (mais ou menos trinta e três centímetros).

Os paus da trama simples são encaixados nos baldrames e frechais (para pavimento térreo) e/ou nas madres e frechais (para pavimentos superiores). O tipo mais comum de encaixe é aquele em que as extremidades dos paus são inseridas em orifícios feitos nas faces



superiores dos baldrames e/ou das madres (figuras 4.19 a 4.21) e nas faces inferiores dos frechais e/ou das madres.



**Figura 4.19.** Paus verticais encaixados no frechal

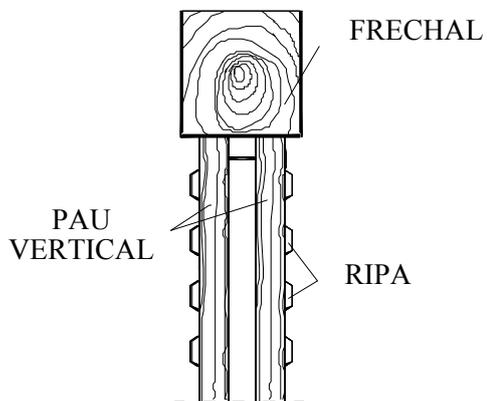


**Figura 4.20.** Detalhe do encaixe no frechal

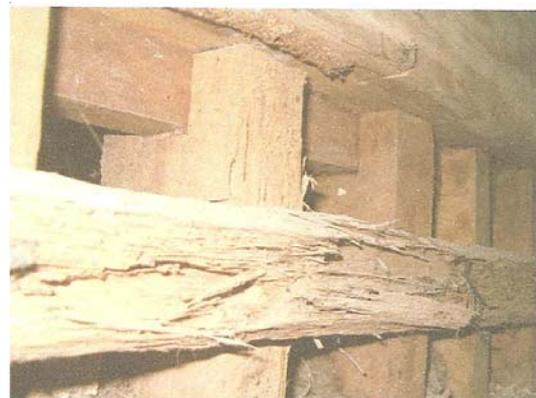


**Figura 4.21.** Furos para encaixe de paus verticais

Outro tipo de encaixe encontrado para o caso de trama simples é do tipo macho e fêmea, como se pode verificar nas figuras 4.22 e 4.23.



**Figura 4.22.** Esquema de encaixe do pau vertical no frechal

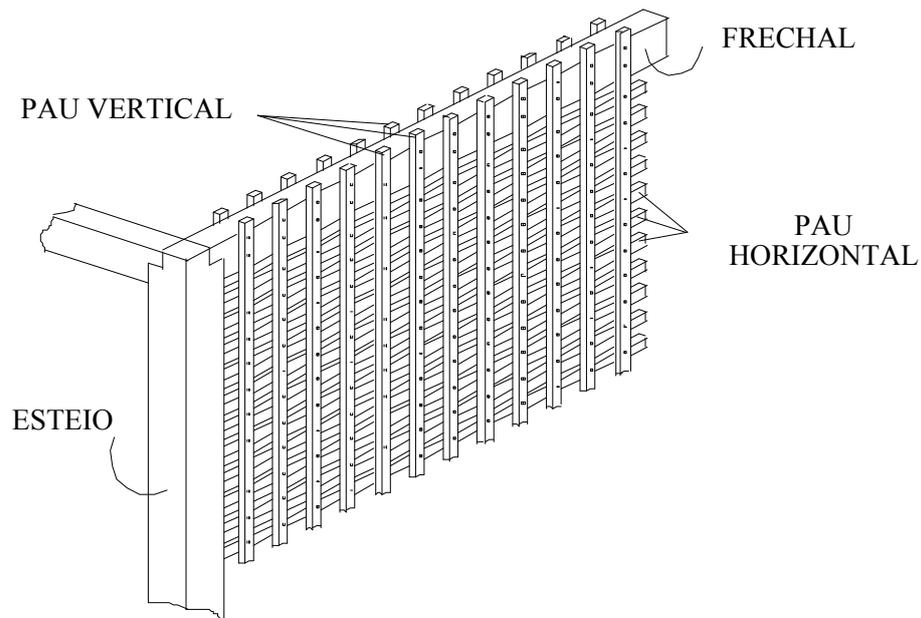


**Figura 4.23.** Encaixe do tipo macho e fêmea do pau vertical no frechal



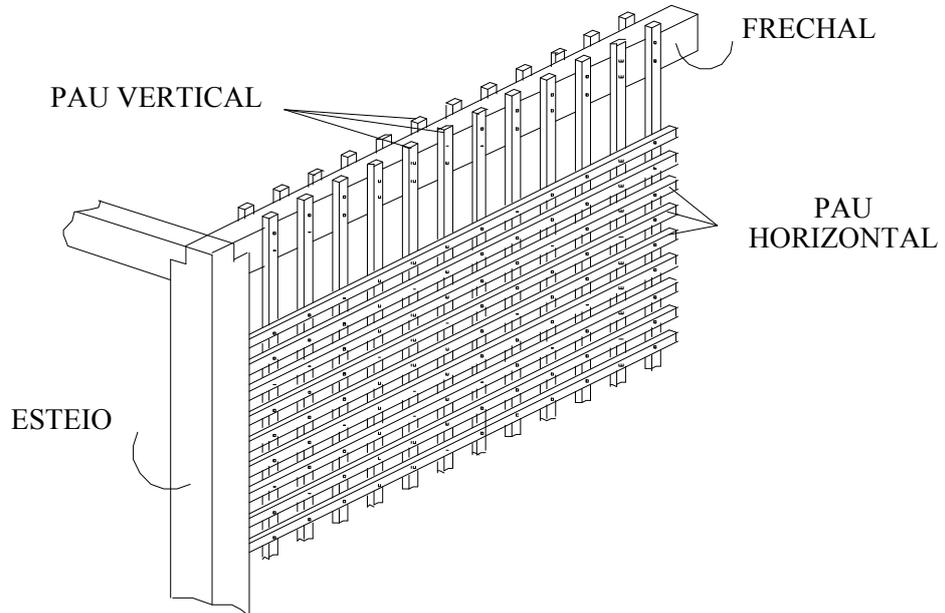
Também podem ocorrer casos em que os paus verticais têm a as suas partes superiores presas às faces laterais dos frechais. Nestas circunstâncias, as varas podem ser fixadas nas faces posteriores dos paus verticais, fazendo parte então do “miolo” da parede (figura 4.24) ou então na parte externa dos mesmos até uma certa altura, sem se aproximar do frechal (figuras 4.25 a 4.27). Sobre esses último caso, comenta Lemos (1999, p. 126):

(...) Está visto que o revestimento dessas paredes não tem espessura suficiente para esconder o tal pau roliço horizontal, que garante a verticalidade do paramento. Disso resulta que a parede em uma de suas faces, nunca a externa, apresenta uma protuberância paralela ao forro e sempre suja de pó acumulado.

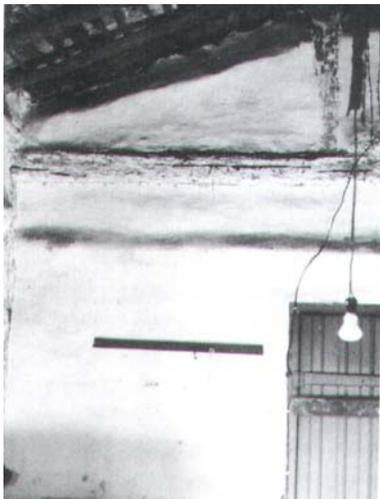


**Figura 4.24.** Tipo de trama em que os paus verticais são presos às faces laterais dos frechais e as varas, nas faces posteriores dos frechais

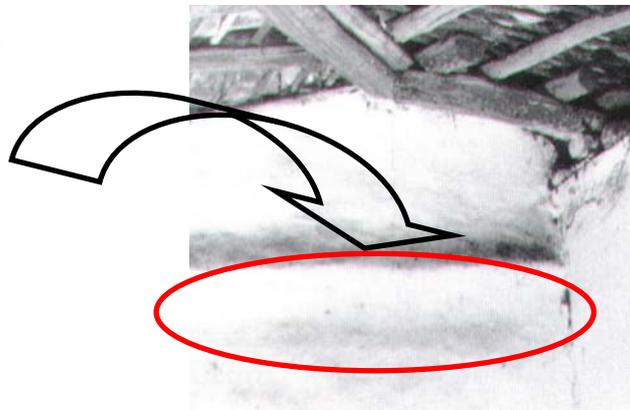




**Figura 4.25.** Tipo de trama em que os paus verticais são presos às faces laterais dos frechais e as varas, nas faces frontais dos frechais



**Figura 4.26.** Protuberância na parede



**Figura 4.27.** Detalhe da figura 4.26

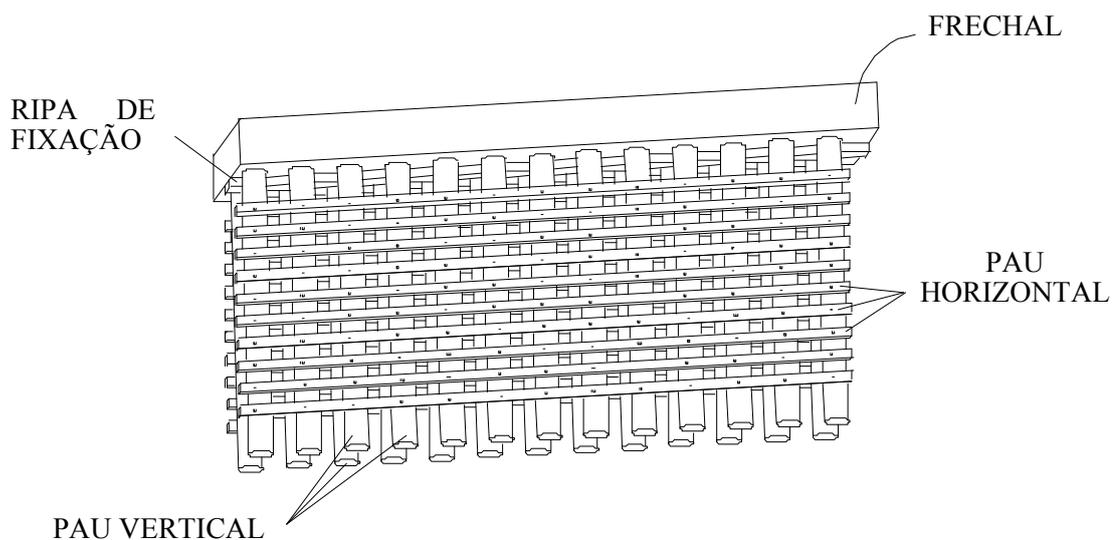
Há ainda as situações em que os paus verticais possuem suas faces superiores paralelas às faces inferiores dos frechais (figura 4.28). Aqui, a trama normalmente é presa somente pelas varas aos esteios.





**Figura 4.28.** Paus verticais com faces superiores paralelas à face inferior do frechal

Uma outra solução encontrada em um dos edifícios pesquisados para a ligação entre os paus verticais e o frechal é aquela que ocorre em paredes de "trama dupla" (figuras 4.29 e 4.30), onde as extremidades superiores daqueles primeiros são presas em uma ripa que, por sua vez, é fixada na face inferior do frechal.



**Figura 4.29.** Tipo de trama em que as extremidades superiores dos paus verticais são presas em uma ripa fixada na face inferior do frechal





**Figura 4.30.** Paus verticais presos em ripa fixada no frechal

Para paus verticais (e, às vezes, para os horizontais), ao invés de madeira, pode-se também utilizar o bambu, mas nos edifícios históricos pesquisados não foi constatada a presença deste material.

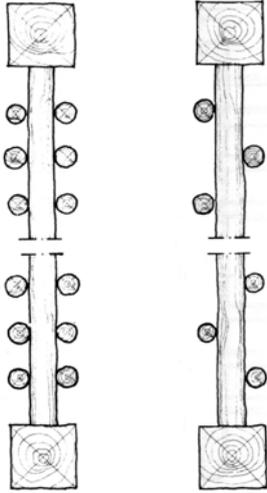
#### 4.3.1.2. Paus horizontais

Também conhecidos como ripas ou varas, completam a trama criando, juntamente com os paus a pique, os vazios que posteriormente serão preenchidos pelo barro. Syvio de Vasconcellos (1979, p. 45) refere-se a eles:

normalmente a estes [aos paus verticais], são colocados outros, mais finos, ripas ou varas (...). Estas varas horizontais podem ser roliças, de taquaras inteiras ou de canela de ema. No norte utilizam-se os troncos de carnaúba (...). Podem ser colocadas duas a duas, de um lado e outro, no mesmo nível ou alternadamente, de modo a corresponder cada uma a um intervalo de duas do lado oposto (...).

As possibilidades de posicionamento das ripas na trama às quais se refere o citado autor (figura 4.31) são complementadas por Pisani (s.d., sem paginação), que exemplifica a sua colocação em, apenas, um dos lados da trama (figura 4.32).





**Figura 4.31.** Esquema de colocação das ripas na trama: paralela e alternadas



**Figura 4.32.** Esquema de colocação das ripas em apenas um lado da trama

Em termos de travamento, podem ser encaixadas nos esteios e/ou nos pilares, mas é raro encontrar situações desse tipo. Normalmente as suas faces são paralelas à face do esteio.

Nos edifícios pesquisados, observou-se que a grande maioria das ripas das tramas é feita com madeira extraída de palmeiras (como o palmito) e de coqueiros, cuja composição é rica em fibras (figura 4.33).



**Figura 4.33.** Ripa de madeira de palmeira

A distância que separa as ripas geralmente é menor que a distância dos paus verticais, ficando em torno de um palmo (mais ou menos vinte e dois centímetros).

#### 4.3.1.3. Elementos de união entre os paus da trama

Os paus a pique e as varas podem ser unidos por diversos materiais. Nos casos de



serem amarrados, são usados materiais principalmente de origem animal, como o couro, e vegetal, como o cipó (figuras 4.34 e 4.35) e alguns outros citados por Vasconcellos (1979, p. 45): "(...) ‘seda em rama, o linho, o cânhamo, canabis sativa, o tucum, o cravete, o guaxima, o imbé, o buriti’ e outros diversos gêneros próprios para cordas, conhecidos no Brasil pelo nome genérico de embiras (...)". Além desses, também podem ser encontrados metais como o arame, por exemplo, mas este tipo de material é de utilização mais recente (do século XX em diante). Nos casos de serem pregados, os elementos mais comumente encontrados são os pregos (figura 4.36) ou os cravos. Também podem ser encontradas tramas que possuem os paus verticais e horizontais unidos através de encaixes, mas esse último caso não foi constatado nos edifícios pesquisados.



**Figuras 4.34 e 4.35.** Tramas amarradas por cipó



**Figuras 4.36.** Ripa presa ao pau a pique por prego



### 4.3.2. Enchimento

O enchimento é uma mistura feita de barro, água e, muitas vezes, de fibras. Sua função é preencher os vazios da trama, formando o corpo da parede.

As características da terra do enchimento são essenciais para garantir a durabilidade do conjunto (trama + enchimento + revestimento). Pesquisas realizadas na Europa mostram que a terra ideal é aquela onde predominam "(...) os elementos finos do solo como a areia fina, o silte e a argila, que permitem a coesão da mistura e uma boa aderência com as fibras" (HAYS, 1986, p. 37). De acordo, ainda, com tais pesquisas, a mistura deverá possuir "(...) elasticidade que lhe permita seguir, sem rachar-se, os movimentos naturais da estrutura de madeira" (1986, p. 37).

A aplicação do barro sobre a trama é feita manualmente (figura 4.37), começando de baixo para cima, por duas pessoas que se dispõem, uma de frente para a outra, em ambos os lados. Cada uma delas coloca, ao mesmo tempo e sobre o mesmo vazio da trama, um punhado da mistura previamente preparada, apertando-o contra o punhado da outra. Para o sucesso desse processo, influencia o acabamento da ripa que possibilita uma boa aderência da mistura principalmente quando as quinas são vivas, além do grau de coesão da citada mistura. As marcas deixadas pelas mãos dos taapeiros, além das características já sublinhada no início deste capítulo de corresponder, de certa forma, à “assinatura” do mesmo, também possui a função eminentemente técnica de auxiliar na ancoragem (fixação) do emboço, quando este existir, ou do reboco.



**Figuras 4.37.** Barreamento da trama



Para aumentar a elasticidade da mistura e permitir que ela acompanhasse possíveis movimentações da estrutura autônoma sem sofrer maiores danos, podiam a ela ser adicionadas fibras de origem animal e/ou vegetal, como crinas, pêlos e palhas.

#### 4.3.3. Revestimento

O revestimento de um edifício com paredes de pau a pique compõem-se, geralmente, de três camadas – emboço, reboco e acabamento. Tais camadas são aplicadas sobre o enchimento com o objetivo de garantir ao mesmo proteção e um maior apuro estético.

São três as camadas principais de revestimentos: emboço, reboco e acabamento, como descrito a seguir.

##### 4.3.3.1. Emboço/Reboco

O emboço é a camada de argamassa que se localiza entre o enchimento de barro e o reboco, mas não é obrigatória a sua utilização. O reboco é a camada mais externa, que serve como acabamento final ou como suporte para outros tipos de acabamento, como a pintura, por exemplo.

Geralmente, a composição do emboço é pensada em função de ser ele uma espécie de “ponte” entre o enchimento e o reboco, sendo então composto por terra, material presente no primeiro, por cal, material presente no segundo e por areia, que está presente em ambos. O reboco é constituído, normalmente, somente por areia e cal.

Além desses materiais básicos, é nestas duas camadas, como visto no Capítulo III, onde mais comumente se misturam aditivos visando uma impermeabilização mais eficiente, uma diminuição do processo de retração do barro ao secar e/ou uma ligação entre ambas.

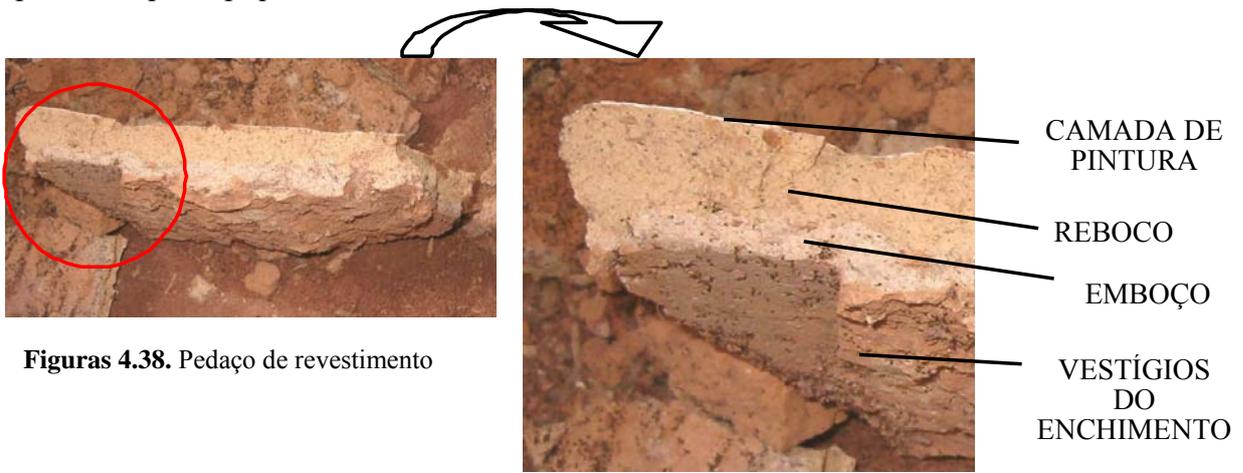
##### 4.3.3.2. Acabamento (pintura, azulejos etc)

Após a aplicação do reboco, era usual a parede receber uma última camada de proteção que, ao mesmo tempo, conferia-lhe um melhor acabamento estético. Na grande maioria das vezes, a caiação era o processo de acabamento preferido por ser de fácil aplicação e de baixo custo. Tintas pigmentadas à base de cal também foram largamente empregadas, sendo a utilização da própria argila como pigmento (por exemplo, da tabatinga, termo que



popularmente refere-se a um tipo de argila de cor ocre ou branca). Essas tintas à base de cal e de argila têm a grande vantagem de serem plenamente compatíveis com os materiais utilizados no reboco, mantendo a sua permeabilidade. Além disso, como possuem a viscosidade de uma pasta, auxiliam no recobrimento de pequenos orifícios e fissuras existentes no reboco dificultando, assim, a penetração de água.

As figuras 4.38 e 4.39 apresentam um pedaço de revestimento onde podem ser notadas as três camadas de revestimento que normalmente são aplicadas sobre o enchimento de uma parede de pau a pique.



**Figuras 4.38.** Pedaço de revestimento

**Figuras 4.39.** Detalhe da figura 4.38

Em paredes internas, era comum a existência de pinturas ornamentais, como mostram as figuras 4.40 a 4.42:



**Figuras 4.40., 4.41 e 4.42.** Pinturas parietais

Outros materiais também podem ser encontrados dando acabamento às paredes de pau a pique, tais como azulejos, telhas de barro e tábuas de madeira.



## 5. INTERVENÇÃO EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PAU A PIQUE

Minha casa de paus de carnaúba,  
construída com meses de trabalho,  
foi trocada depois noutro agasalho,  
quando as cascas dos paus viraram fuba.

A madeira de cima ficou puba.  
Frágeis restos de tábua de assoalho  
arream por cima do cascalho,  
como hastes de pau que alguém derruba.

No restante das varas do caniço,  
ficou marca dos dias de serviço  
que a minha família trabalhou.

Oh! Que pena meu Deus, como fui tolo!  
Me mudei para a casa de tijolo  
e minha casa de taipa se acabou.<sup>17</sup>

Geraldo Alves

Finalizada a primeira parte da dissertação, que buscou apresentar a técnica do pau a pique e a sua utilização no Brasil, resta agora tratar dos aspectos relativos à sua preservação. Dentre as diversas ações que podem ser praticadas para se preservar um edifício, interessa para este trabalho estudar uma em particular: a intervenção.

Por mais criteriosa que seja, uma intervenção sempre deverá ser vista como algo excepcional, como orienta a Carta de Veneza (apud IPHAN, 2006), um dos principais documentos internacionais de preservação. Isso porque toda intervenção modifica, de alguma forma, as características presentes no edifício, sejam elas referentes à concepção original do mesmo ou a transformações significativas ocorridas ao longo da sua história. E são exatamente as intervenções que levam à perda de uma enorme quantidade de edifícios de valor cultural de pau a pique no Brasil. Isso porque, na maioria das vezes, os próprios técnicos responsáveis pelos projetos e pelas obras de intervenção não conhecem devidamente os sistemas estruturais e as características dos materiais que os compõem, além de não saberem interpretar as manifestações das degradações existentes<sup>18</sup>.

Dentro do universo das intervenções, interessa para o presente trabalho destacar aquelas que visam especificamente a preservação de edifícios e que correspondem ao que se

<sup>17</sup> Disponível em <http://www.usinadeletras.com.br/exibelotexto.phtml?cod=6127&cat=Corde&vinda=S>.

<sup>18</sup> O embasamento teórico-crítico também é fator essencial no processo de intervenção, mas não será aqui tratado.



conhece por conservação. Segundo o Programa Monumenta (2005, p. 13), conservação corresponde ao "conjunto de ações destinadas a prolongar o tempo de vida de determinado bem cultural (e) engloba um ou mais tipos de intervenções". O conceito ganha destaque no cenário mundial a partir de 1964, quando é citado no texto da Carta de Veneza (apud IPHAN, 2006) como uma alternativa de preservação dos edifícios de valor cultural a partir da manutenção dos mesmos e da prévia identificação, do controle e/ou da eliminação das causas de degradação. Muito contribuiu para a adoção desse conceito, principalmente a partir da década de 70 do século XX, o avanço de técnicas científicas voltadas para a área do restauro, o que permitiu análises mais precisas sobre o estado de conservação dos bens culturais e a elaboração de diagnósticos tecnicamente melhor embasados.

As intervenções de cunho conservativo que merecem destaque são aquelas de manutenção e de restauração que, segundo o citado Programa (2005, p. 13-14), correspondem, respectivamente, ao "conjunto de operações preventivas destinadas a manter em bom funcionamento e uso, em especial, a edificação" e ao "conjunto de operações destinadas a restabelecer a unidade da edificação, relativa à concepção original ou de intervenções significativas na sua história". Enquanto aquela primeira engloba atividades de inspeção e limpeza rotineiras e de pintura e pequenas substituições, a restauração de edifícios, que é sobre a qual se tratará aqui, está relacionada a intervenções significativas em fundações, estrutura, paredes, forros, pisos e cobertura dos edifícios e, por isso, "constitui o tipo de conservação que requer o maior número de ações especializadas" (2005, p. 14) executadas por uma equipe multidisciplinar sempre que possível.

## 5.1. O PROJETO DE RESTAURAÇÃO

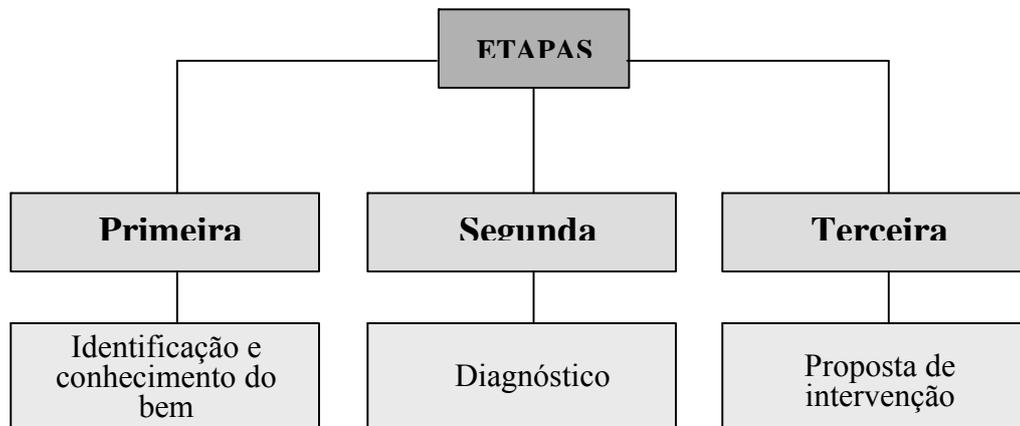
O instrumento que direciona e orienta qualquer ação de restauração é o projeto que, segundo o IPHAN (apud RIBEIRO, 2003, p. 560) é

o conjunto de informações que permitem o conhecimento da situação atual do bem, das medidas propostas para a sua preservação assim como da sua situação após as intervenções. É a descrição textual e gráfica do estado do bem, do 'que' se pretende fazer e de 'como' se pretende fazer.

Por ser considerada ideal para a avaliação das reais necessidades e o grau das possíveis intervenções, foi adotada aqui a metodologia proposta pelo Programa Monumenta (2003, p. 19-46) anteriormente citado para a elaboração de um adequado projeto de restauração, que o

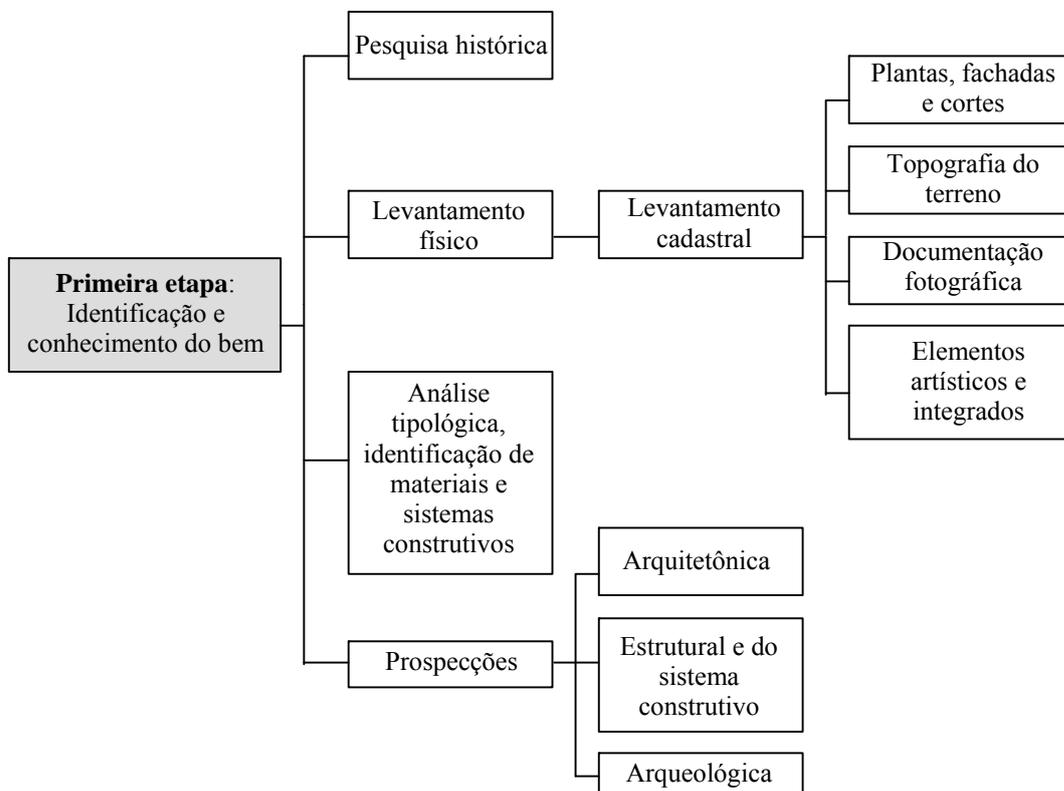


divide em três etapas, como mostra o esquema a seguir:



**Figura 5.1.** Etapas em que se divide um projeto de restauração

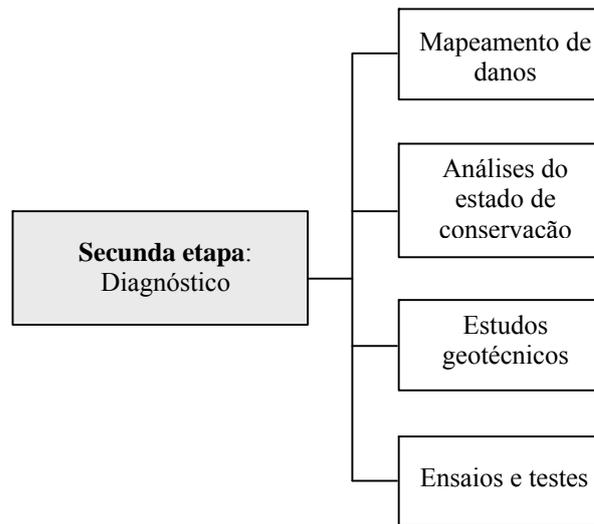
Na primeira etapa, denominada "Identificação e conhecimento do bem" (2005, p. 20), é feita uma sistematização de dados acerca de informações históricas, artísticas e técnicas inerentes ao edifício e ao local onde o mesmo está implantado, que permitem uma visão ampla dos acontecimentos pelos quais ele passou e os motivos que levaram à valorização da preservação. Compõem esta etapa as seguintes atividades, de acordo com o esquema apresentado abaixo:



**Figura 5.2.** Primeira etapa do projeto de restauração

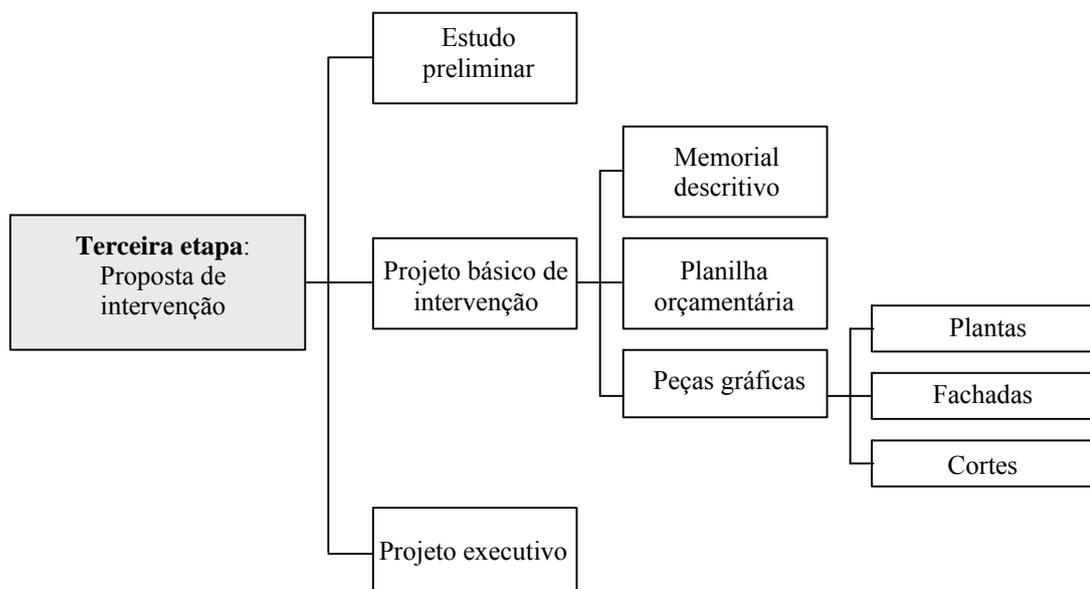


A segunda etapa, denominada "diagnóstico" (2005, p. 28), constitui o momento em que as informações obtidas anteriormente são complementadas por outras relacionadas às lesões detectadas no edifício e dão origem a um diagnóstico propriamente dito, onde são apontadas as causas e os agentes dessas lesões. O esquema 3 aponta as atividades constantes dessa etapa:



**Figura 5.3.** Segunda etapa do projeto de restauração

Com o diagnóstico em mãos é elaborada, então, a “proposta de intervenção”, que constitui a terceira e última etapa de um projeto de restauração, onde vão ser definidos, por exemplo, os processos de intervenção e os materiais que serão empregados. A figura 5.4. mostra as atividades dessa etapa:



**Figura 5.4.** Terceira etapa do projeto de restauração



Dentre as três etapas citadas anteriormente, serão vistas com mais vagar a de diagnóstico e a proposta de intervenção: o diagnóstico, por ser fundamental para qualquer trabalho de conservação e por abarcar informações que nem sempre são corretamente verificadas e interpretadas pelos responsáveis pela elaboração das propostas; a proposta de intervenção, por corresponder ao momento em que serão apontadas as melhores soluções visando a preservação do edifício, baseadas no conjunto de informações disponibilizadas pelas etapas precedentes e no conhecimento teórico e prático do responsável pela mesma.

### 5.1.1. A etapa do diagnóstico

O diagnóstico indica as diretrizes para uma intervenção consciente (se esta for realmente necessária), refletida na priorização e sistematização das ações e, conseqüentemente, na preservação do edifício e na diminuição dos custos da obra. É, na verdade, elaborado com base nos resultados do mapeamento de danos, do levantamento do estado de conservação, tanto dos materiais quanto do sistema estrutural (incluindo seus vínculos), e nos de ensaios, testes e estudos geotécnicos.

Porém, antes de qualquer um desses processos, os profissionais envolvidos devem conhecer pormenorizadamente as características dos principais materiais que constituem o pau a pique e a estrutura que o sustenta (geralmente estrutura autônoma de madeira), que são o solo e a madeira, características essas apresentadas no Capítulo III da presente dissertação.

Cada um desses processos que antecedem a elaboração do diagnóstico está melhor explicado a seguir:

#### 5.1.1.1. Mapeamento de danos

A maneira mais eficaz de se realizar o levantamento do estado de conservação é através do registro gráfico das patologias<sup>19</sup> ou mapeamento de danos, porque fornece uma visão geral de todas as manifestações dos danos existentes no edifício (lesões), facilita a análise de suas possíveis causas<sup>20</sup> e permite a identificação dos agentes<sup>21</sup> que induzem à sua

---

<sup>19</sup> Patologia: a palavra patologia deriva das palavras gregas “*pathos*” e “*logos*” que significam, respectivamente, enfermidade e estudo (CARRIO, s.d., p.11). Em relação à construção, ainda segundo o mesmo autor, é a “ciência que estuda os problemas construtivos que aparecem no edifício (ou em algumas de suas unidades) depois de sua execução” (s.d., p.12)

<sup>20</sup> Causas: responsáveis por alterações no equilíbrio do conjunto do edifício (fundação + estrutura autônoma + paredes de vedação + estrutura da cobertura). Em alguns casos, a reunião de várias causas pode ocasionar um só



ocorrência<sup>22</sup>.

Pela sua importância e eficácia, a elaboração desse mapeamento é indicada pelo ICOMOS (2001, p.15):

Levantamentos geométricos ou desenhos devem mapear diferentes tipos de materiais, notando sua deterioração e suas irregularidades e danos estruturais, prestando atenção especial aos padrões de fissura e às evidências de esmagamento. Irregularidades geométricas podem ser o resultado de deformações prévias, podem indicar a ligação entre diferentes etapas de construção ou alterações nas estruturas.<sup>23</sup>

A correta identificação das causas dos danos encontrados em edifícios de pau a pique é uma tarefa bastante difícil, possivelmente mais difícil que a realizada naqueles erguidos com outras técnicas construtivas, porque deve levar em conta as relações da parede de pau a pique com a estrutura autônoma e com paredes de outros materiais e as relações intrínsecas à própria parede, que envolvem a trama de madeira e o barro.

Para a identificação das causas e dos agentes responsáveis pelos danos apontados no mapeamento, Silvia Puccioni (2002, não paginado) propõe a elaboração de tabelas que sistematizam os dados, facilitando a compreensão dos fenômenos de degradação presentes no edifício e a identificação de suas causas e agentes. São importantes três tipos de tabelas: a de patologias de estrutura (tabela 3), onde são apontadas as lesões causadas por degradações na estrutura do edifício e em seus vínculos; a de patologias de umidade (tabela 4), onde é representada a presença da água nos elementos que compõem o edifício (nas paredes, nas peças estruturais etc) e alguns de seus sintomas como "a presença de mofo, eflorescências, manchas nas paredes, erosão nas superfícies, deformações nos revestimentos, danos no mobiliário ou mesmo a existência de odores característicos" (PUCCIONI, 1997, p. 24); e, finalmente, a de patologias de materiais (tabela 5), onde são observadas deteriorações, principalmente nas superfícies dos materiais presentes no edifício: "argamassa, cerâmica, pedras, pinturas parietais, madeira, metais e outros" (1997, p. 24).

---

dano; em outros, uma só causa pode originar diversos danos. Eliminando-a a causa, elimina-se o dano e, conseqüentemente, a lesão;

<sup>21</sup> Agentes: induzem ao acontecimento dos danos a partir da(s) causa(s). Vale ressaltar que o elemento que é agente em determinada situação poderá tornar-se causa e outra e vice-versa.

<sup>22</sup> No Anexo são apresentados modelos de mapeamento de patologias de umidade, de materiais e de estruturas que integram o trabalho de conclusão do Curso de Especialização de Monumentos e Sítios Históricos – CECRE – “Projeto de Restauração e Revitalização da Fazenda Ribeirão das Rosas”, de autoria de Mônica C. H. Leite Olender.

<sup>23</sup> ICOMOS. **Recomendações para análise, conservação e restauração estrutural do patrimônio arquitetônico**. Tradução: Sylvia Puccioni. Paris: 2001.



PATOLOGIAS DE ESTRUTURA EM EDIFICAÇÕES DE PAU A PIQUE		
LESÃO	CAUSA	AGENTE
fissuras	perda de seção das peças da estrutura autônoma	translação vertical
Separação entre as peças da estrutura autônoma e entre os paus das tramas	perda dos vínculos de amarração	deslocamento das peças

**Tabela 3.** Exemplo de tabela de patologias de estrutura em edificações de pau a pique

PATOLOGIAS DE UMIDADE EM EDIFICAÇÕES DE PAU A PIQUE		
LESÃO	CAUSA	AGENTE
mancha esverdeada	infiltração descendente	desenvolvimento e proliferação de microorganismos (algas, fungos, cianobactérias etc)
desprendimento do reboco	presença de água	cristalização de sais

**Tabela 4.** Exemplo de tabela de patologias de umidade em edificações de pau a pique

PATOLOGIAS DE MATERIAIS EM EDIFICAÇÕES DE PAU A PIQUE		
LESÃO	CAUSA	AGENTE
fissuras	movimento natural de retração e expansão do barro	ganho e perda de umidade
mancha enegrecida	fogo	homem

**Tabela 5.** Exemplo de tabela de patologias de materiais em edificações de pau a pique

As patologias podem ser divididas em três grupos distintos, a partir do caráter das ações que levam ao seu aparecimento: físico, mecânico ou químico.

a. Físico: as lesões que compõem esse grupo geralmente se manifestam devido à presença de água no edifício ou no seu entorno. Incluem-se também neste grupo as manchas provocadas por sujidades e o tipo de erosão provocado pela ação dos agentes atmosféricos.

Abaixo, estão exemplificadas as patologias de **origem física** detectadas em alguns dos edifícios pesquisados:

– umidade: o contato de água com as paredes não só de pau a pique, mas construídas com qualquer técnica construtiva, é extremamente prejudicial, pois pode desencadear uma série de processos patológicos que, muitas vezes, leva a perdas irreparáveis de partes ou de todo o edifício (não é a toa que a água é considerada o pior inimigo das edificações).

Além dos danos que provoca em estruturas e materiais, a presença de água em edifícios é a causa de inúmeras patologias cujas lesões proporcionam resultados estéticos extremamente prejudiciais à imagem dos mesmos. Manifesta-se pela presença de manchas nas



superfícies das paredes, muitas vezes associadas à presença de áreas erosionadas, em desprendimento e/ou faltantes, de microorganismos, de vegetação e de eflorescência ou criptoflorescência de sais.

As principais causas para o seu aparecimento são: presença de água no terreno; presença de água utilizada na construção do próprio edifício e que não evaporou adequadamente, ficando contida no interior das paredes; ocorrência de condensação; água das chuvas; rompimento de encanamentos; realização de construção ou de intervenção inadequada.

As figuras 5.5 a 5.8. mostram algumas situações em que a água está presente e, o que é pior, sendo a causa de patologia em paredes de pau a pique:



**Figuras 5.5.** Manchas provocadas pela ocorrência de infiltração descendente



**Figuras 5.6.** Infiltração ascendente e erosão por respingo de água de chuva



**Figuras 5.7.** Intervenção inadequada de colocação de condutores



**Figuras 5.8.** Parte do edifício levado por enxurrada de água de chuva

– manchas de sujidades: diz respeito ao depósito de partículas sobre as superfícies de paredes internas e externas que ficam em suspensão no ar. Não provocam outros danos além daquele estético. Manifestam-se pela alteração de cor dos trechos sobre os quais se depositam, sendo



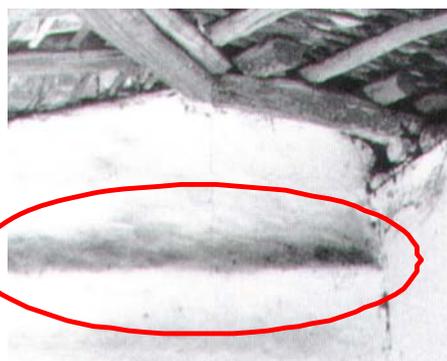
as cores mais comuns os tons de cinza, o preto e o marrom.

As principais causas são: presença de poeira; presença de fuligem e de cinzas oriundas de queimas; presença de terra.

Ilustram duas situações de manchas em edifícios de pau a pique as figuras 5.9 e 5.10:



**Figuras 5.9.** Manchas de cor marrom devido à presença de terra no entorno do edifício



**Figuras 5.10.** Mancha enegrecida (depositada em protuberância da parede)

b. Mecânico: as lesões que compõem esse grupo caracterizam-se tanto pelo aparecimento de fissuras, pela alteração de forma e pelo desgaste das superfícies dos elementos atingidos, quanto pela perda de trechos principalmente de revestimentos. Abaixo, estão exemplificadas as patologias de **origem mecânica** detectadas nos edifícios pesquisados:

– fissuras: são aberturas longitudinais que podem estar presentes somente em uma das superfícies das paredes ou transpassá-las (nestes casos, são conhecidas como fissuras passantes). Provocam a ruptura do material separando-o em duas partes. Principalmente em paredes de pau-a-pique, a interpretação correta do quadro fissurativo presente é de fundamental importância para a detecção da(s) causa(s) que levou(aram) ao aparecimento das fissuras, pois pode evitar intervenções desnecessárias e, conseqüentemente, demolições. Além dos inconvenientes estéticos, as fissuras podem ser a causa de outras lesões, pois propiciam, por exemplo, a penetração, no interior da parede, de água e de insetos (inclusive xilófagos).

Caracterizam-se por aberturas de pequena, média e/ou grande espessuras que, dependendo da(s) causa(s), manifestam-se nas direções horizontal, vertical e/ou diagonal sobre a superfície das paredes. As principais causas para o seu aparecimento são: presença de água; movimento de retração e expansão do barro; problemas nos paus da trama; composição ruim de reboco, emboço e/ou enchimento; vibração; problemas na estrutura autônoma.

As figuras 5.11 a 5.14 ilustram situações onde as paredes de pau a pique apresentam fissuras no enchimento e no reboco:





**Figuras 5.11.** Fissuras no enchimento causadas, entre outras coisas, por movimentação dos paus da trama



**Figuras 5.12.** Fissuras no reboco causadas por problemas na estrutura autônoma



**Figuras 5.13 e 5.14.** Fissuras no reboco

– desprendimento: ocorrem geralmente devido à diminuição ou à perda total da aderência existente entre a camada perdida e o seu suporte (por exemplo, reboco e emboço, emboço e enchimento, enchimento e trama). Além dos inconvenientes estéticos, a perda das camadas de uma parede pode ser a causa de outras lesões, pois propicia, por exemplo, o contato das camadas subseqüentes, principalmente com a água e o vento, além de facilitar a ação degradante de animais e do homem. Nos casos em que ocorre o desprendimento de todas as camadas de revestimento, inclusive a do enchimento, a parede perde a sua função original de vedação. Manifesta-se pela perda de áreas de parede que deixam sempre um suporte a vista (reboco, emboço, enchimento).

Suas principais causas são: presença de água; presença de fissuras; presença de sais; composição ruim de enchimento, reboco e/ou emboço; presença do homem.

As figuras 5.15 e 5.20 ilustram situações onde este tipo de lesão está presente.





**Figuras 5.15.** Desprendimento de camada pictórica sobre reboco devido ao desprendimento do reboco sobre a peça de madeira



**Figuras 5.16.** Desprendimento de emboço e reboco



**Figuras 5.17.** Desprendimento de reboco sobre emboço



**Figuras 5.18.** Perda de enchimento das demais camadas da parede



**Figuras 5.19.** Perda de enchimento



**Figuras 5.20.** Desprendimento de trecho da sobreverga devido à presença de vegetação de médio porte



– perda de seção de peças de madeira: ocorre quando, nas peças de madeira, detectam-se perdas de algum de seus trechos, podendo ser apenas superficiais ou mais profundos. A resistência mecânica de uma peça diminui proporcionalmente ao aumento da dimensão da perda, podendo tornar-se, por isso, a causa de inúmeras patologias que atingem, sobremaneira, as paredes e a estrutura autônoma de edifícios de pau a pique.

As principais causas para o seu aparecimento são: presença de vegetação de pequeno, médio e grande portes; presença de organismos xilófagos; presença de roedores.

Algumas ocorrências dessas lesões estão mostradas nas figuras 5.21. a 5.23.



**Figuras 5.21.** Presença de organismos xilófagos



**Figuras 5.22.** Presença de fungos



**Figuras 5.23.** Presença de cupim de solo

– deformações: referem-se tanto a elementos estruturais (no caso das madeiras, as situações mais encontradas estão descritas no Capítulo III) quanto a paredes, caracterizando-se pela modificação das formas desses elementos devido à ocorrência de esforços mecânicos. São causadas principalmente por fenômenos de acomodação, pressoflexão e empuxo.

Exemplificam esses tipos de patologias as figuras 5.24 e 5.25.:



**Figuras 5.24.** A linha vermelha acompanha a deformação da parede



**Figuras 5.25.** Paus verticais da trama (deformados)



– erosão: provoca a perda de material da superfície atingida devido a esforços mecânicos que sobre ela atuam. Além dos inconvenientes estéticos, a perda, mesmo que de pequenos trechos do revestimento externo, pode ser a causa de outras patologias, pois propicia a penetração de água por absorção, por exemplo. Manifesta-se através da existência de diversas áreas de pequenas dimensões marcadas pela perda superficial de material principalmente nas bases das fachadas e em superfícies voltadas para a direção dos ventos dominantes. É causada principalmente pela presença de água (figura 5.26) e de vento (figura 5.27).



**Figuras 5.26.** Erosão provocada pela ação da água



**Figuras 5.27.** Erosão provocada pela ação do vento

c. Químico: por fim, as lesões desse grupo estão relacionadas a processos patológicos de caráter químico, cujas causas estão normalmente associadas à presença de sais, de organismos vivos ou de produtos ácidos. A seguir, estão casos que exemplificam algumas dessas lesões de **origem química** encontradas nos edifícios pesquisados.

– oxidação/ corrosão: tanto a oxidação quanto a corrosão provocam a degradação da superfície dos metais.

De maneira geral, a oxidação dos metais ocorre quando, em contato com o oxigênio, as moléculas da superfície do metal transformam-se em óxido. Esta primeira etapa de degradação normalmente é seguida por outra, a corrosão, que se dá quando a superfície metálica reage com os agentes atmosféricos, principalmente com a água, ou quando entre em contato com substâncias ácidas ou que contenham água e sais. A degradação por corrosão se inicia na superfície, mas pode se propagar, também, para o interior dos elementos. As lesões mais comuns verificadas nesses casos são a mudança de cor de partes ou de todo o elemento, a escamação e posterior desprendimento das superfícies (em especial do ferro), o aumento de volume da superfície atingida ou do elemento como um todo e a formação de pequenos orifícios.

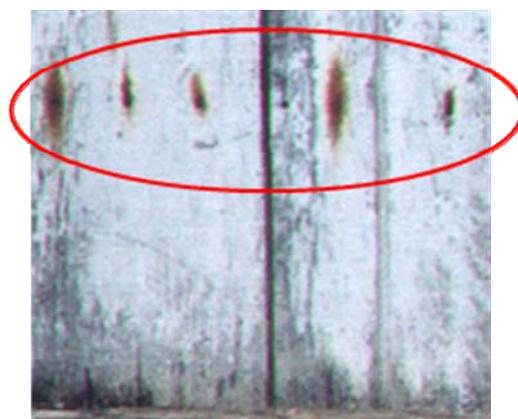


A corrosão pode ser causa de outras lesões como a perda das camadas de revestimento do pau a pique (quando o elemento metálico – arame ou pregos usados na fixação da trama – aumenta de volume no interior da parede), o aparecimento de fissuras em peças de madeira e de manchas de diversas tonalidades no próprio elemento ou nas regiões próximas com as quais ele esteja em contato. As principais causas para o aparecimento de oxidações e corrosões são: presença de água; presença de substâncias ácidas contidas, inclusive, em excrementos de pombos, morcegos e aquelas expelidas por musgos e líquens; presença de sais; presença de poluição acentuada, casos em que o ar carrega partículas ácidas.

As figuras 5.28 e 5.29. mostram exemplos dessas lesões.



**Figuras 5.28.** Oxidação do prego na trama



**Figuras 5.29.** Oxidação dos pregos na janela de madeira

– alteração nas superfícies os materiais: caracteriza-se por algum tipo de mudança que ocorra nas superfícies de camadas pictóricas, rebocos, peças de madeira etc., que vão desde o aparecimento de manchas (que modificam a tonalidade dos materiais) até a decomposição, parcial ou total, das mesmas.

Tais alterações são causadas, principalmente, pela presença de microorganismos que se desenvolvem nas superfícies onde encontram condições ideais para o seu desenvolvimento. A ação química nesses casos é devida “a processos de assimilação ou de excreção. No primeiro caso, os microorganismos ou os organismos, utilizam o material como fonte nutricional, como fonte de carbono ou de energia liberada graças à atividade enzimática” (SALVADORI, 2002, p. 43-44). No segundo caso, os materiais são danificados pelos ácidos e pigmentos contidos nas substâncias ou nos excrementos liberados pelos microorganismos e organismos.

Nos edifícios pesquisados, foram encontradas as situações ilustradas pelas figuras 5.30., 5.31. e 5.32. que se seguem:





**Figuras 5.30. e 5.31.** Presença de microorganismos sobre a parede

**Figuras 5.32.** Presença de microorganismos sobre a parede e nos pisos e espelhos da escada

#### 5.1.1.2. Análise do estado de conservação

Tendo como base as informações obtidas na primeira etapa – identificação e conhecimento do bem – e aquelas recolhidas durante o mapeamento de danos, é possível avaliar o estado de conservação em que se encontram a estrutura, as paredes, a fundação, a cobertura e os materiais presentes no edifício. É essa avaliação, feita sob a forma de um memorial descritivo, que irá nortear a proposta de intervenção no momento da sua elaboração a partir de duas vertentes: uma quantitativa, pois geralmente indica em porcentagens o grau de deterioração dos elementos constitutivos da edificação, e outra qualitativa, pensada em função das causas dos danos encontrados.

A análise do estado de conservação deve ser feita através de ensaios, testes e estudos geotécnicos, que são procedimentos importantes para o estudo dos materiais presentes no edifício e do solo de fundação e objetivam, nesta etapa, fornecer dados que auxiliem no entendimento dos danos existentes no mesmo<sup>24</sup>.

#### 5.1.2. A etapa da proposta de intervenção

Se a partir das constatações feitas na etapa de diagnóstico concluir-se que há necessidade de intervenção para que sejam eliminadas as causas das patologias e/ou para que se restitua a sua unidade, então deverá ser elaborada uma proposta específica para tal.

<sup>24</sup> No Apêndice estão descritos os procedimentos para a realização de alguns ensaios com o material terra.



Em linhas gerais, o produto final da proposta de intervenção deve corresponder a diretrizes que deverão, como se viu, propor soluções para eliminar as causas dos danos existentes e, além disso, habilitar o edifício para receber os usos que a ele serão destinados.

Compõem a proposta de intervenção diversos projetos que são elaborados por profissionais de diversas áreas de atuação. Os mais comuns são:

- projeto de restauração arquitetônica: engloba propostas para a restauração dos sistemas construtivos, dos elementos que compõem o edifício (pisos, forros, esquadrias, cobertura etc), de espaços ou da distribuição espacial etc;
- projeto de recuperação estrutural: inclui propostas para eliminar as causas das patologias estruturais, bem como promover a re-estabilização do edifício;
- projeto de restauração de bens móveis e integrados: contém propostas para a restauração dos bens móveis e integrados presentes no edifício (pinturas parietais, retábulos, imaginária etc.);
- projetos complementares: englobam propostas para a recuperação das fundações, das instalações hidráulicas e sanitárias, das instalações elétricas, das instalações de prevenção e combate a incêndios etc.

Todas as propostas feitas deverão ser registradas em um memorial Justificativo, assim como deverão ser anotados periodicamente os resultados, bons ou ruins, destes processos empregados durante as obras. Tais anotações permitirão futuras análises a respeito de tudo aquilo que foi sugerido e executado no edifício e facilitará na opção de sua reutilização ou substituição em outras obras.

No item seguinte estão apontadas algumas recomendações consideradas pertinentes para a realização de uma adequada intervenção em edifícios de pau a pique. Antes, porém, considera-se importante frisar duas questões: a primeira, como já dito anteriormente, que as ações e projetos relacionados à proposta de intervenção devem ser excepcionais, devendo sempre prevalecer as ações preventivas de conservação; a segunda, que a proposta de intervenção deve sempre levar em conta que o seu objeto é uma pré-existência e que possui, por isso, valores históricos e artísticos que devem ser respeitados acima de tudo.



## 5.2. RECOMENDAÇÕES PARA UMA BOA INTERVENÇÃO

O CRATerre (apud FERNÁNDEZ, 1995, p. 13) sugere questões, algumas delas mencionadas no presente trabalho, que devem ser observadas antes da realização de intervenções em edifícios que utilizam a terra como matéria-prima:

- necessidade de um conhecimento aprofundado do material terra, isto é, de suas características e propriedades fundamentais
- conhecimento das particularidades da técnica construtiva utilizada
- consideração de sistemas construtivos simples e compatíveis com as características mecânicas do material
- adoção de princípios, conceitos, soluções técnicas e arquiteturas específicas das arquiteturas de terra, levando sempre em conta a proteção das partes da obra que são particularmente expostas aos agentes da degradação
- projetar um sistema de drenagem apropriado a cada caso
- no tratamento das superfícies, as propriedades físicas, mineralógicas e químicas do novo material devem ser o mais semelhantes possíveis com àquelas da parte antiga (não tratada) da edificação. É uma vantagem que a superfície das edificações de terra possam manter sua porosidade original, de tal forma que a umidade interna se evapore, isto é, ser impermeável à água de chuva e permeável ao vapor d'água
- finalmente, garantia de uma execução cuidadosa da obra.

No decorrer da pesquisa bibliográfica e através das entrevistas realizadas, foram selecionados alguns pontos a serem observados na elaboração das propostas de intervenção e na execução das obras específicas em edifícios de pau a pique<sup>25</sup>, que são:

### 5.2.1. Em relação à trama

- quando se detectar deterioração de paus verticais, após o adequado escoramento da estrutura, retirar aqueles danificados e substituí-los por novos ou somente acrescentar peças totalmente novas. É importante salientar que tanto as peças existentes quanto as novas deverão sempre ser imunizadas. A pertinência de reaproveitamento das ripas (peças horizontais) nesses casos deverá ser verificada;
- todas as peças novas a serem utilizadas devem estar livres de defeitos inerentes ao próprio material, como nós, desvios e fendilamentos, e devidamente secas, ou seja, não devem ser “verdes”;
- as ripas, caso sejam substituídas, nunca devem ter quinas vivas, mesmo em peças

<sup>25</sup> Apesar de serem citadas objetivando intervenções em pré-existências, tais práticas também podem ser consideradas para construções novas, pois estas estão sujeitas à maioria das patologias que atingem os edifícios de valor cultural.



aparelhadas, pois tais quinas não permitem uma boa aderência do enchimento (ver figura 4.17, p. 57);

- deve-se ter muito cuidado com a utilização de elementos metálicos como, por exemplo, os pregos, para unir as peças horizontais e verticais. Isso porque o contato com o ar poderá causar um processo de oxidação do mesmo, assim como o contato com outros elementos, principalmente com a água, poderá iniciar a sua corrosão;
- normalmente usa-se o método de gotejamento para imunizar as peças da trama quando não é necessária a retirada do reboco, emboço e enchimento da parede.

### 5.2.2. Em relação ao enchimento, emboço e reboco

– nunca se deve retirar os revestimentos da parede (reboco e emboço) antes de se ter certeza sobre a causa da patologia. Se a preservação da mesma depender dessa retirada, fazê-la apenas em uma das faces da parede após a outra ter sido devidamente escorada, principalmente se sobre ela houver pinturas parietais (nesse caso, o trabalho deverá ser feito com o acompanhamento de um conservador-restaurador de bens móveis e integrados). O procedimento de intervenção deverá ser avaliado *in loco* se houver pintura em ambas as faces da parede;

– a realização de testes para se avaliar a composição do solo disponível é de crucial importância, pois argila em demasia provoca retração e, conseqüentemente, fissuras ao secar e areia em demasia reduz a resistência mecânica dos revestimentos. Puccioni (1997, p. 71) indica para estes últimos a proporção de 65% de areia e 35% de barro (argila e silte).

Sendo assim, "a argila garantirá coesão à massa (aglutinante) e a areia garantirá resistência evitando a contração da argila" (PUCCIONI, 1997, p. 71). Para o enchimento, a proporção de argila costuma ser um pouco maior que essa citada para emboço/rebocos;

- o conhecimento do tipo da argila presente também é fundamental, pois aquelas ativas ou muito ativas (cujo uso não é aconselhado para a construção) têm seu comportamento alterado quando em contato com água no que se refere a movimentos de expansão e retração;

- no preparo da(s) massa(s), deve-se sempre dosar corretamente a quantidade de água colocada na mistura, pois as massas mais molhadas de terra, como as usadas na execução do pau a pique, possuem uma elevada porosidade "devido à evaporação da água adicionada na [sua] preparação (...)" (NEVES, s.d., p. 20). Isso reduz a sua resistência mecânica e a sua impermeabilidade. Hays (1986, p. 57) indica uma quantidade de água entre 20% e 30% do peso da terra;



- além de ser flexível e permeável ao vapor d'água, o reboco deve ter boa aderência para se fixar ao enchimento e ser resistente à erosão (o que se consegue com a adição de alguns aglomerantes, como a cal, compatíveis com o material terra);
- segundo a tradição, é comum empregar-se terra de formigueiro em rebocos e acabamentos finos para aumentar a impermeabilidade da parede, mas é necessária a realização de pesquisas científicas para comprovar a sua eficácia;
- em caso de necessidade de se inserir novos elementos para alcançar a recuperação do edifício como um todo ou de partes dele, deve-se levar em conta, como propõe Viñuales (s.d., p. 48), "os conceitos básicos de continuidade, homogeneidade, aderência – em relação ao construtivo – e de unidade, textura, cor, no visual e morfológico", o que reduz significativamente incompatibilidades futuras e contribui, de certa forma, para a preservação do saber fazer tradicional da técnica;
- ainda sobre a utilização de novos elementos, ressalta-se o emprego danoso, em construções de terra, do cimento (e/ou do concreto) que, para a maioria das pessoas, é um material "melhor e mais forte" que a terra. Comprovadamente, sabe-se que a aderência de um reboco de cimento, por exemplo, sobre um emboço de terra é momentânea,

pois o cimento cuja diferença de retração e coeficiente de dilatação é grande em relação à taipa, não permite a evaporação adequada da água e cria espécies de "crostas" que se desprendem da parede em pouco tempo, levando consigo sempre alguns centímetros a mais da taipa antiga. Esses vazios que ficam na parede aparecem nas superfícies das mesmas como lacunas, criando contrastes estéticos desagradáveis e alterando sua eficiência estrutural, o que facilita o processo de degradação e dificulta sua conservação (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, s.d., p. 194).

Além disso, "a parede de sustentação deve ser sempre mais forte que o reboco sustentado" (VIÑUALES, s.d., p. 63), o que não acontece na relação terra/cimento;

- para trabalhos de reintegração, onde uma nova camada de barro deverá ser colocada sobre ou junto de uma pré-existente, a superfície desta última deverá estar livre de poeiras e partículas soltas, o que evita desagregação e desprendimentos, e deverá ser embebida com água para que a face interna da camada aplicada fissure menos. No caso da aplicação de emboço ou reboco, além da realização dos passos citados anteriormente, é importante que na superfície do enchimento apareçam fibras e áreas salientes ou porosas (o que tradicionalmente é resolvido pelas próprias marcas dos dedos que ficam "impressas" no barro, como se viu) para que a ancoragem de um no outro seja perfeita (HAYS, 1986, p. 77). Também é aconselhável deixar que a nova massa sofra uma retração prévia para diminuir os riscos de



desprendimento da parede depois de seca (MINKE, 2001, p. 125). Deve-se priorizar a utilização de solos localizados no entorno do edifício (se estes tiverem a sua adequabilidade comprovada) e não se descarta a possibilidade de reutilização da terra da própria parede (reciclagem);

- segundo a tradição popular, é usual aspergir a água da cal virgem hidratada (também conhecida popularmente como “cristalizante”) sobre o emboço para que haja maior aderência do reboco de terra, cal e areia que sobre ele será colocado. Esse hábito pode ser seguido para ações de conservação e restauro ou para construções novas.

### 5.2.3. Em relação à estrutura autônoma

As peças da estrutura autônoma que receberem reboco sobre as suas faces deverão sempre possuir elementos salientes (figuras 5.33) ou ser falquejadas (figura 5.34), para que o reboco fique melhor aderido à sua superfície.



**Figuras 5.33.** Elementos salientes sobre esteio de madeira



**Figuras 5.34.** Esteio falquejado

As peças da estrutura autônoma devem, sempre, ser pensadas para que fiquem afastadas da água. Numa intervenção, quando a própria forma construtiva do edifício não apresenta mecanismos que promovam esse isolamento, devem ser pensadas soluções técnicas – tais como sistemas de drenagem, por exemplo – que possam, o mais possível, afastar a água principalmente de bases de esteios.



#### 5.2.4. Em relação à pintura

A pintura é um elemento importante para o aumento da durabilidade das paredes de pau a pique pois, entre outras vantagens, diminui a possibilidade de erosões nas superfícies do reboco e preenche áreas de pequenas fissuras, impedindo a penetração de água. Todavia, é importante deixar claro que a pintura deve ser feita com material compatível com a terra (como a cal, por exemplo), ser impermeável a águas externas e permeável ao vapor d'água.

#### 5.2.5. Em relação à estabilização

Como visto anteriormente, a estabilização é um processo importante para melhorar as características dos solos quando estes, naturalmente, não forem adequados para o uso na construção. Sendo assim, nem sempre o seu emprego é necessário.

Abaixo, estão alguns pontos a serem observados em relação a processos e materiais que envolvem a estabilização dos solos.

##### 5.2.5.1. Fibras (vegetais, animais ou industriais)

- assim como a água, a quantidade de fibras acrescida no enchimento deverá ser controlada, pois seu excesso pode reduzir a aderência da camada sucessiva, seja ela emboço ou reboco. Segundo Hays (1986, p. 56), a proporção ideal varia entre 2% e 3% do peso do solo;
- pontas longas para fora do reboco absorvem água do ambiente e introduzem umidade no interior da parede, levando ao apodrecimento da própria fibra e à deterioração das peças da trama. Além disso, podem servir como meios de instalação de parasitas prejudiciais à saúde do homem. O ideal é que as fibras tenham um extensão entre 4 e 6 cm (KANAN, 2000, p. 155);
- fibras muito resistentes atrapalham a flexibilidade natural das camadas de enchimento, emboço e reboco.

##### 5.2.5.2. Cal, cimento e gesso

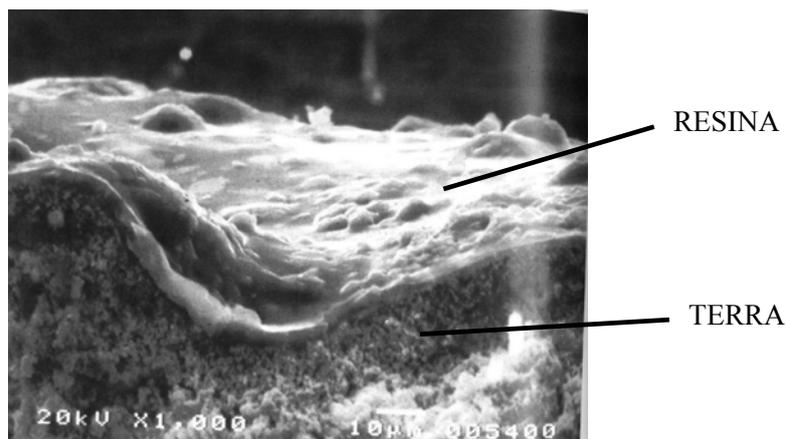
- a mistura de cal aérea a um solo argiloso, na proporção de 2% a 3%, melhora a trabalhabilidade do material e diminui a possibilidade de retrações (HAYS, 1986, p. 54), além de aumentar a coesão em terras que dela necessitam;



- o cimento comum e a cal hidráulica dão rebocos menos resistentes, muito rígidos e difíceis de trabalhar (HAYS, 1986, p. 73) mas, ao mesmo tempo, aceleram o endurecimento da massa quando utilizados na proporção entre 10% a 25% (HAYS, 1986, p. 75);
- o uso do cimento deve ser muito bem estudado, pois é um material que contém sais solúveis em sua composição que se cristalizam quando seca a água da mistura (KANAN, 2000, p. 155).

### 5.2.6. Em relação à consolidação dos revestimentos

- não se deve utilizar, de forma alguma, produtos não testados ou com eficiência ainda não comprovada;
- dificilmente consegue-se consolidar um reboco e/ou emboço desprendidos da trama. O ideal é retirar as partes em desprendimento e refazê-los com uma massa nova de características similares às das massas existentes;
- muitos tipos de resinas que geralmente são usadas para consolidar rebocos, além de não penetrarem nos seus interstícios, formam um filme na superfície sobre as quais são aplicadas impermeabilizando-as (figura 5.35). Sendo seus coeficientes de dilatação diferentes do da terra, elas se desprendem desta última com facilidade. Por isso, se houver necessidade, o uso desses produtos em elementos de terra deverá ser incessantemente estudado.



**Figuras 5.35.** Camada de resina sobre a terra

- o produto mais citado na bibliografia estudada como ideal para ser usado em consolidações de arquitetura de terra é o silicato de etila, pois ele mantém a porosidade da terra (não cria filmes na superfície) e penetra no interior da mesma, onde se polimeriza. Por outro lado, ele altera a tonalidade de pinturas parietais e é irreversível (VIÑUALES, s.d., p. 58). Por isso, seu



emprego deverá ser avaliado antecipadamente;

– Viñuales (s.d., p. 58-59) aponta algumas características necessárias a um consolidante indicado para construções com terra:

- igual coeficiente de dilatação que o material a proteger;
- fluidez necessária para penetrar bem;
- manutenção de condições físicas da parede: porosidade, equilíbrio úmido;
- admissão de novos tratamentos que se descubram no futuro;
- inalterabilidade de características estéticas;
- economia.

### 5.2.7. Em relação aos ensaios que são necessários realizar

Existem alguns ensaios específicos<sup>26</sup> – de campo e de laboratório – que deverão ser feitos durante as etapas do projeto de intervenção para que possibilitem o conhecimento mais exato dos elementos que compõem o edifício de pau a pique, em especial aqueles constituídos pela terra, como o enchimento, o emboço e/ou o reboco, e pela madeira, como a estrutura autônoma e as tramas (primeira etapa – identificação e conhecimento do bem); do seu comportamento frente às patologias existentes (segunda etapa – diagnóstico) e das melhores soluções a serem indicadas nos projetos (terceira etapa – proposta de intervenção)<sup>27</sup>.

Os principais ensaios de campo indicados por Neves (2005, p. 15-25) para avaliar o solo são:

- para se saber a classificação do solo em função das frações existentes: análise por brilho e queda da bola;
- para estimar as frações que compõem o solo: análise visual e análise de sedimentação;
- para saber qual o tipo de solo: análise pela cor e teste de resistência seca;
- para saber o tipo de solo em função da sua plasticidade: teste do cordão e teste da fita;
- para saber o índice de retração do solo: teste da caixa.

Ainda sobre os solos, os principais ensaios de laboratório indicados por Correia (2004, p. 337-338) e que são considerados ideais para edifícios de pau a pique são:

- para conhecer as frações que compõem o solo: análise granulométrica;

<sup>26</sup> Os procedimentos para a realização de alguns destes ensaios estão descritos no Apêndice.

<sup>27</sup> Vale ressaltar que diversos desses ensaios podem e devem ser realizados, também, antes de se iniciar novas construções, porque os mesmos fornecem dados que aumentam as possibilidades de se obter resultados satisfatórios e duradouros.



- para calcular o teor de matéria orgânica nas argamassas existentes: teor de matéria orgânica;
- para conhecer os limites de consistência: limites de Atterberg;
- para conhecer a atividade mineralógica da argila: valor azul de metileno;
- para conhecer o teor de água: análise higrométrica;
- para identificar os minerais presentes: raio X.

Em relação ao comportamento das madeiras frente às solicitações, comportamento esse analisado no Capítulo III, indica-se a realização de ensaios de laboratório<sup>28</sup> que verifiquem, segundo Pfeil (2003, p. 27-32):

- as suas propriedades mecânicas resistentes: compressão paralela às fibras, compressão normal às fibras, tração paralela às fibras, tração perpendicular às fibras e cisalhamento paralelo às fibras;
- a sua rigidez: flexão.

É importante ressaltar que os ensaios de solos indicados servem tanto para aqueles que são encontrados no entorno do edifício, ou seja, como matéria prima natural, quanto para aqueles que já foram empregados nos edifícios. Neste último caso, o seu conhecimento é importante porque, em situações de áreas degradada como, por exemplo, de emboço e reboco onde parte dos mesmos deverão ser substituídos, as novas massas que preencherão estas áreas deverão possuir características similares àquelas retiradas, o que evitará, entre outras coisas, incompatibilidade entre o material novo e o existente e o aparecimento de fissuras.

---

<sup>28</sup> Não foram pesquisados ensaios de campo para as madeiras.



## CONCLUSÃO

O que preservar? Por que preservar? Como preservar? Essas são questões que fundamentam o ato da preservação, justificando tudo aquilo que é feito para se manter "vivo" o patrimônio cultural. Dessa forma, tendo sido a preservação do pau a pique o enfoque principal proposto para o presente trabalho, a maneira como foi estruturado todo o conteúdo procurou atender, como não poderia deixar de ser, àquelas indagações.

Para responder à primeira pergunta – o que preservar? – tendo como premissa o fato de que só se pode realmente preservar aquilo que se conhece, procurou-se apresentar a técnica do pau a pique de uma maneira mais específica, mostrando a sua relação com outros elementos que compõem os edifícios, como a estrutura autônoma de madeira, e as características mais significativas de seus materiais constituintes: o barro e a madeira. Além disso, foram utilizadas fotografias de edifícios localizados nos estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro mostrando algumas variações do próprio saber fazer da técnica e possibilitando uma mudança na abordagem da mesma: de normalmente genérica na bibliografia disponível sobre o assunto, para específica, que era exatamente aquela que se desejava explorar através da exposição dos dados pesquisados.

Para atender à segunda questão – por que preservar? – procurou-se mostrar a importância que o pau a pique teve no passado para a história da arquitetura brasileira, tendo sido, durante séculos, amplamente empregado em boa parte das regiões do país, principalmente, porque podia se adaptar, com uma certa facilidade, às condições de relevo, clima e de disponibilização de materiais das mesmas. Foi utilizado em todo tipo de construções, desde simples senzalas até suntuosas sedes de fazendas e engenhos, igrejas e edifícios públicos. Por suas inúmeras vantagens (como segurança, baixo custo, facilidade de execução, conforto térmico entre outras), a sua utilização não se esgotou nas construções coloniais, mas está sendo atualmente estudada para, no futuro, ser uma possível e viável solução para a obtenção de moradias mais baratas e acessíveis a populações de baixa renda e uma alternativa que substitua materiais de construção, como o cimento, por exemplo, por outros "ecologicamente corretos", que proporcionem economia de energia e não poluam o meio-ambiente.

Finalmente, a resposta para a terceira pergunta – como preservar? – foi abordada sob duas vertentes: uma, através da indicação de uma metodologia considerada ideal porque sistematiza adequadamente as informações que darão suporte para a elaboração de uma



proposta consciente de intervenção em edifícios de pau a pique. Tal metodologia divide esse processo em três etapas: a de identificação e conhecimento do edifício (bem cultural), a de diagnóstico e a que trata especificamente da proposta de intervenção. A segunda vertente aborda a reunião e a sistematização de uma série de recomendações obtidas na bibliografia pesquisada e nas entrevistas feitas a arquitetos e mestres de obras que trabalham com a técnica. Espera-se que essas recomendações, além de despertar nos responsáveis pelas obras de intervenção no mínimo a curiosidade de verificar a adequação teórica e técnica de suas propostas ao edifício no qual estiverem trabalhando, sirvam como ponto de partida para a recuperação e, conseqüentemente, para a preservação de inúmeros edifícios construídos de pau a pique.

Entende-se, portanto, que a presente pesquisa serviu não só para responder às questões citadas anteriormente, mas ratificou, também, algumas constatações que já vinham sendo feitas empiricamente durante as experiências com a restauração de edifícios de pau a pique, tais como:

- ainda existe um preconceito bastante grande em relação ao uso do pau a pique e à sua preservação, fato esse que não ocorre tanto em relação a outras técnicas de terra crua, como, por exemplo, o adobe, pelo menos no que tange à sua preservação;
- não existem, ou pelo menos não foram encontrados, estudos nos quais tenham sido realizados testes específicos sobre os mais adequados processos de intervenção nas estruturas de pau a pique, estando tais estudos, quando existem, focados, principalmente, na pesquisa por novas variações da técnica, como pré-fabricações por exemplo, com objetivo de se obter construções mais baratas e de fácil execução;
- não existem normas no Brasil que regulamentem os ensaios inerentes não só ao pau a pique, mas às técnicas que utilizam a terra crua de um modo geral;
- os profissionais que têm contato com essa técnica na maioria das vezes não compartilham suas experiências, sejam elas boas ou ruins;
- não há bibliografia disponível que aborde as especificidades do pau a pique, sendo até hoje o livro "Sistemas construtivos", de Sylvio Vasconcellos (1979), o mais citado e seguido nos textos pesquisados. Apesar de extremamente valiosas, as informações contidas nesse livro apenas apresentam o pau a pique de forma rápida e superficial. Situação ainda pior é a que se refere à história da técnica no Brasil. Nota-se que as observações levantadas por alguns autores para o início da sua utilização no país são vagas e não ultrapassam o campo da hipótese;
- a transmissão oral contribuiu muito mais para a difusão da técnica ao longo dos anos que



qualquer outra forma de divulgação da técnica.

Apesar de todas as dificuldades encontradas, muitas delas relacionadas às próprias constatações apontadas acima, considera-se que o resultado obtido constitui material significativo para aqueles que trabalham com a técnica, principalmente os restauradores, porque reúne uma série de observações que ressaltam alguns pontos acerca da técnica e das formas mais adequadas de nela se intervir muito pouco exploradas até o momento.



## BIBLIOGRAFIA

ALVARENGA, Maria Auxiliadora. **Curso de Arquitetura de Terra**. S.l.:s.d.

ALVES, Geraldo. **Casa de taipa**. Disponível em: <<http://www.usinadeletras.com.br/exibelotexto.php?cod=6127&cat=Cordel&vinda=S>>. Acesso em: janeiro de 2006.

ALVES, R. **A casa**. Disponível em: <<http://www.usinadeletras.com.br/exibelotexto.php?cod=6127&cat=Cordel&vinda=S>>. Acesso em: janeiro de 2006.

AMOROSO, Giovanni G. **Trattato di scienza della consevazione dei monumenti**. Firenze: Alinea, 2002.

ANASPS. **Mapa do estado do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://rj.anasps.org.br/index.asp?link=18>>. Acesso em: março de 2006.

ANTUNES, Alfredo da Mata, et. al. **Arquitectura Popular em Portugal**. 3 ed. Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses, 1988. (vol. 1).

**Arquitetura vernácula**. Texto não publicado.

**Aspectos generales de la construcción com tierra – especificaciones técnicas Lak’a Utà**. Proyecto AHSA – DIB – Bolivia – SAHB. Snt.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**. Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 6459**. Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984 a.

\_\_\_\_\_. **NBR 7180**. Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984b.

\_\_\_\_\_. **NBR 7181**. Solo - avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio sedimentométrico comparativo – ensaio de dispersão SCS Rio de Janeiro, 1984c.

\_\_\_\_\_. **NBR 7183**. Determinação do limite de contração de solos. Rio de Janeiro, 1982a.

\_\_\_\_\_. **NBR 7250**. Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos. Rio de Janeiro, 1982b.

ÁVILA, Affonso et. al. **Barroco mineiro: Glossário de arquitetura e ornamentação**. 3 ed. Revista e ampliada. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro – Centro de Estudos Históricos e culturais, 1996.

BATI, Silvia Briccoli. Terra: tecniche costruttive e caratteristiche meccaniche del materiale e delle strutture. FORLANI, Maria Cristina (org.). **Costruzione e uso della terra**. Rimini: Maggioli, 2001, p. 119-157.



BERTAGNIN, Mauro. **Architetture di terra in Itália** – tipologie, tecnologie e culture costruttive. Monfalcone: Edicom, 1999.

BIBLIOTECA VIRTUAL CARLOS CHAGAS. Disponível em: <http://www4.prossiga.br/chagas/doenca/index-sub.html>. Acesso em: fevereiro de 2006.

BOLLINI, Gaia (org.). **La ricerca universitária sull'architettura di terra**. Monfalcone: EdicomEdizioni, 2002.

BRASILEIRO, Suely Benevides. **Construções com terra no Brasil**: o antigo e o moderno. In: Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra, 1, 2002, Salvador. Anais. Edit. C. Neves: C. Santiago Salvador: Projeto PROTERRA, 2002, p. 26.

BUENO, Benedito de Souza; VILAR, Orencio Monje. **Mecânica dos solos: volume I**. São Carlos: Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Geotecnia, 1984.

BURGOS, Paulo César; VILAR, Orencio Monje. **Caracterização da atividade de solos da cidade de Salvador através da técnica de absorção de azul de metileno**. In: XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Brasília, 1998. (vol. 1)

CALIL JUNIOR, Carlito. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira**. Barueri: Manole, 2003.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações** – fundamentos. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1998.

CARDOSO, Viviane Souza Valle. **Sistematização das causas das patologias em edificações antigas em pau-a-pique e pedra**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2003. Dissertação de Mestrado.

CARRIO, Juan Monjo. **La patologia y los estudios patológicos**. S.l., s.d.

CAVALCANTE, Messias Soares. **Deterioração biológica e preservação de madeiras**. São Paulo: IPT – SP, 1982.

CHIARI, Giacomo. Conservazione in situ di superfici decorate in terra cruda. In: **Consolidanti e protettivi in uso sui materiali inorganici porosi di interesse artistico ed archeologico**. 3 Incontri di Restauro – 25 – 27 febbraio 1999. Trento: Provincia Autonoma di Trento – Servizio Beni Culturali, 2000. p. 88-99.

CORONA, Eduardo; LEMOS, Carlos A. C. **Dicionário da Arquitetura Brasileira**. São Paulo: EDART, 1972.

CORREIA, Mariana. Estratégias na conservação do patrimônio em terra. In: III SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, III, 2002, Salvador. ANAIS. San Miguel de Tucumán: Projeto PROTERRA, 2004, p. 333-342.

COSTA, Lúcio. **Arquitetura**. 2 ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2003.



COSTA, Tony Carlos Dias da; GANDOLFI, Nilson. **Uso do ensaio de azul de metileno no mapeamento geotécnico e sua correlação com a classificação MCT para os procedimentos de Pejon e Fabbri**. In: XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Brasília, 1998. (vol. 1).

COSTALES, Leonora. **Architetture in terra – cause del deperimento e provvedimenti per la loro conservazione**. Bollettino degli Ingegneri. Ano XXXV - n° 12. Firenze, dezembro de 1987.

COUTINHO, Monique. Frade Azeredo; FARIA, Fernanda Graziela de. **O turismo cultural no espaço rural: um estudo no município de Santana dos Montes – Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2003. Trabalho de conclusão do Curso de Turismo do Centro Universitário Newton Paiva.

CRATERRE. A construção e a arquitetura de terra. In: **Arquitecturas de Terra – triunfos e potencialidades, materiais e tecnologia, lógica do restauro, actualidades e futuro**. Conimbriga: Comissão de Coordenação da Região Centro Alliance Française de Coimbra – Museu Monográfico de Conimbriga, 1992, p. 141-152.

CRUZ, Isabela. **Comportamento de ligações madeira-resinas sintéticas e fibra de vidro na restauração de peças estruturais**. Salvador: Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, 1999. Dissertação de Mestrado.

DETHIER, J.. **Des architectures de terre ou l’avenir d’une tradition millenaire**. Paris: Edition du Centre Pompidou, 1986. 224p.

DI MARCO, A. R. Pelos caminhos da terra. **Projeto**. São Paulo, n.65, p. 47-59, julho, 1984.

DOAT, Patrice. et al. **Construire em terre**. Paris: CRA Terre, Editions Alternatives, 1985.

EASTON, David. **Arquitetura da terra no século XXI – um apelo de massa**. Trad.: Claudia Silveira Corrêa. ABCTERRA, s. d.

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

\_\_\_\_\_. Caracterização de solos para uso na arquitetura e construção com terra. In: **Arquitetura de terra em Portugal**. Lisboa: Argumentum, 2005, p. 179-84.

FERNANDES, Maria. A conservação da arquitetura em terra. In: **Arquitetura de terra em Portugal**. Lisboa: Argumentum, 2005, p. 204-12.

FERNÁNDEZ, Rosa Amélia Flores. **Estudo da taipa de pilão visando as intervenções em edificações de interesse histórico**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 1995. Dissertação de Mestrado.

FILIZOLA, Geraldo. **Métodos de consolidação e reforço em estruturas de monumentos**. Texto não publicado.



FORNARI, Gabriela; PEDEMONTE, Enrico. **Chimica e restauro** – la scienza dei materiali per l'architettura. Veneza: Marsilio, 2003.

FREYRE, Gilberto. **Sobrados e Mucambos**: decadência do patriarcado rural e desenvolvimento do urbano. 6 ed. Rio de Janeiro: José Olympio; Câmara dos Deputados de Recife (Estado de Pernambuco) – Secretaria de Turismo, Cultura e Esportes, 1981.

GARCIA, Alberto Calla. A conservação do patrimônio edificado em terra. In: **Anais do Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra, I. Salvador**. Salvador: Projeto PROTERRA, 2002, p. 27-36.

GEOCITIES. **Mapa do estado de Minas Gerais**. Disponível em: <http://geocities.yahoo.com.br/fernandomevbr/mapamg.html>. Acesso em: março de 2006.

GEOTECNIA. Disponível em: <http://www.geotecnia.ufba.br>. Acesso em: fevereiro de 2006.

HAYS, Alain, MATUK, Silvia, VITOUX, F. **Técnicas mixtas de construcción con tierra**. Saint-Martin d'Uriage: CRAterre, 1986.

HENRIQUEZ, Fernando M. A. **Humidade em paredes**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1994.

HOLANDA, Sérgio Buarque de. **Raízes do Brasil**. 19 ed., Rio de Janeiro: José Olympio, 1987.

HOLANDA FERREIRA, Aurélio Buarque de. **Novo dicionário Aurélio**. São Paulo: Folha de São Paulo, 1995.

HOUBEN, Hugo; Guillaud, Hubert. **Earth construction**. Marseille: CRAterre – EAG, Intermediate Technology Publications, 1994.

ICOMOS. **Recomendações para análise, conservação e restauração estrutural do patrimônio arquitetônico**. Tradução: Silvia Puccioni. Paris: s.ed., 2001.

IENTILE, Rosalba. **Per un consolidamento consapevole dei beni architettonici**. Turim: celid, 2001.

IEPHA. **Patrimônio Cultural**. Disponível em: [http://www.iepha.mg.gov.br/sobre\\_cultura.htm](http://www.iepha.mg.gov.br/sobre_cultura.htm). Acesso em: janeiro de 2006.

\_\_\_\_\_. **Documentação fotográfica da Casa do Padre Taborda**. Belo Horizonte, 2002.

IPHAN. **Carta de Veneza**. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=236>>. Acesso em: maio de 2006.

\_\_\_\_\_. **Documentação fotográfica da intervenção no Sobrado Ramalho**. Tiradentes, 2004.

ITAPEMAR. Disponível em: <<http://www.itapemar.com.br/ilhabelav2.htm>>. Acesso em: fevereiro de 2006.



JOHNSON, Hugh. **La maderia**. Barcelona: Blume, 1994.

KANAN, Maria Isabel. An analytical study of earth-based building materials in southern Brazil. In: **Terra 2000**: International Conference (8<sup>th</sup>) on the Study and Conservation of Eathern Architecture. Proceedings, Torquay, Devon, UK. Londres: James e James, 2000, p. 150-157.

KATINSKY, Julio Roberto. **Um guia para a história da técnica no Brasil colônia**. 2 ed. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1980.

LACERDA, Ana Maria Carvalho. **Umidade ascendente em alvenarias tradicionais**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 1988. Dissertação de Mestrado.

LEAL, Fernando Machado. **Restauração e conservação de monumentos brasileiros – subsídios para o seu estudo**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1977.

LELIS, Antonio de. (coord.) **Biodeterioração de madeiras em edificações**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2001.

LEMOS, C. A. C. **Casa Paulista: história das moradias anteriores ao ecletismo trazido pelo café**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999.

\_\_\_\_\_. **Alvenaria Burguesa**. São Paulo: Nobel, 1989.

\_\_\_\_\_. **História da casa brasileira**. São Paulo: Contexto, 1989.

\_\_\_\_\_. **Arquitetura Brasileira**. São Paulo: Melhoramentos – Universidade de São Paulo, 1979.

LOPES, Wilza Gomes Reis. **Taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções**. São Paulo: 1998. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, USP.

MASSARI, Ippolito; MASSARI, Giovanni. **Risanamento igienico dei locali umidi**. Trento: Hoepli, 1998.

MASTRODICASA, Sisto. **Dissesti statici delle strutture edilizie**. Milão: Hoepli, 2003.

MATTONE, Manuela. Gli edifici in terra cruda: analisi delle differenti tipologie costruttive presenti in territorio piemontese. In: STAFERRI, Luisa. **Conservazione dei materiali nell'edilizia storica**. Scuola de Specializzazione in Storia, Analisi e Valutazione dei Beni Architettonici e Ambientali, Politecnico di Torino. Torino: CELID, 2001. p. 83.

MATTONE, Roberto; GILIBERTI, Anna. **Terra: incipit vita nova – l'architetture di terra cruda dalle origini al presente**. Turim: Politecnico di Torino, 1998.

MATTONE, Roberto; PASERO, Gloria. **Gypsum and earth based plaster reinforced with vegetal fibres**. João Pessoa: Inter American Conference on Non-Conventional Materials and Technologies in the Eco-Construction and Infrastructure IAC-NOCMAT, 2003.



MELLACE, Rafael. **Ensayos de suelos** – projeto de componentes constructivos de terra cruda. Etapa 1: região N.D.R. Altiplano de Jujuy, Argentina. Tucumán: Publicaciones Leme, 1996.

MINKE, Gernot. Manual de construcción em tierra – la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual. S.l.: Nordan Comunidad, 2001.

NEVES, Célia Maria Martins et al. Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – práticas de campo. In: **CYTED**, 2005.

\_\_\_\_\_. Alvenaria de terra. In: VIÑUALES, Graciela Maria (Org.). **Arquitecturas de tierra em Iberoamérica**. Programa Iberoamericano de Ciência y Tecnología para el Desarrollo C Y T E D . Subprograma XIV- Tecnología para Viviendas de Interés Social. S.l., s.d., p. 44 -70.

NOGUEIRA, João Baptista. **Mecânica dos solos**. São Paulo: USP – EESC – Departamento de Geotecnia, 1988.

OIKOS. Disponível em: <http://groups.msn.com/oikosecoarquitectura>. Acesso em: janeiro de 2006.

OLARTE, Jorge Luis de; SHIGETOMI, Evelin Guzmán. **Edificación con tierra armada**. Madrid: Dirección General de Arquitectura Consejería de Política Territorial de la Comunidad de Madrid, 1993.

OLENDER, Mônica Cristina Henriques Leite. Conservação e restauração do pau-a-pique no Brasil. In: Anais do SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, III, 2002, Salvador. San Miguel de Tucumán: Projeto PROTERRA, 2004, p. 305-311.

\_\_\_\_\_. **Restauração e revitalização da Fazenda Ribeirão das Rosas**. Salvador: XII CECRE, 2002. Trabalho de conclusão do curso de especialização.

OLIVEIRA, Mário Mendonça de. A conservação do patrimônio edificado em terra. In: **Anais do SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, I. Salvador**. Salvador: Projeto PROTERRA, 2002, p. 215-224.

OMEGNA, Nelson. **A cidade colonial**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1961.

ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS. **Tierra y materiales alternativos em la construcción**. Centro de Tecnología Apropriada – Organización de los eStados Americanos, s.d.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de madeira**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 2003.

PINTO, Carlos Souza. **Curso básico de mecânica dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



PINTO, Fernando. Arquitectura de Terra- Que futuro? In: **Anais da Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra**. Lisboa. CTT, Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais-DGEMN, 1993. p. 612-617.

PIRENÓPOLIS. Disponível em: <http://www.pirenopolis.com.br/ExibeNoticia.jsp?pkNoticia=179>. Acesso em: março de 2006.

PISANI, Maria Augusta Justi. **Taipas: a arquitetura de terra**. <<http://www.cefetsp.br/sinergia/8p2c.html>>.

PROGRAMA MONUMENTA. **Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural**. Brasília: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 2005.

PUCCIONI, Silvia. **Restauração estrutural: metodologia de diagnóstico**. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997. Dissertação de Mestrado.

\_\_\_\_\_. **Patologia das estruturas**. X CECRE. Notas de aula da disciplina Patologia das construções. Salvador, 1998.

REBELLO, Yopanan C. P. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo, Zigurate Editora, 2000.

REIS FILHO, Nestor Goulart. **Quadro da arquitetura no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1995.

RESENDE, Maria Aparecida de. Biodeterioração de monumentos históricos. In: Melo, I. S. de; Azevedo, J. L. de. **Microbiologia Ambiental**. S.l.: Embrapa – CNPMA, 1997, 440 p.

RIBEIRO, Rosina Trevisan et al. Projeto de restauração. As fases preliminares de pesquisas histórica e arqueológica: metodologia e influência no projeto final. In: Anais do 3º ENCORE. Lisboa: LNEC, 2003, p. 559-567.

RODRIGUES, J. W. (1945) A Casa de Morada no Brasil Antigo. **Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**, 1945, v.9, p.159-90, Ministério da Educação e Saúde, Rio de Janeiro.

SAIA, Luis. Notas sobre a arquitetura rural paulista do segundo século. In: **Arquitetura civil I**. São Paulo: FAU-USP e MEC-IPHAN, 1975, p. 283-318.

SALVADORI, Ornella; et. al. **La biología nel restauro**. Firenze: Nardini Editore, 2002.

SANNA, Antonello (Org.). **Architetture in terra: tipologia, tecnologia, progetto**. Architettura in terra cruda: problemi di restauro. Cagliari: Cuccia Editrice, 1993.

SANTIAGO, Cybèle Celestino. **O solo como material de construção**. 2 ed., rev. Salvador: EDUFBA, 2001.



SANTIAGO, Cybèle Celestino, LEAL, João Legel, OLIVEIRA, Mário Mendonça de. **Tecnologia da conservação e da restauração – materiais e roteiros: um roteiro de estudos**. Salvador: EDUFBA / ABRACOR, 2002.

SEMINÁRIO EXPOSICIÓN ARQUITECTURA EM TIERRA, 1998, La Paz. **Anais: La Paz: Instituto de Investigaciones – Facultad de Arquitectura y Artes – Universidad Mayor de San Andrés**, p. 17.

SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, I, 2002, Salvador. **Anais**. Salvador: Projeto PROTERRA, 2002.

SILVEIRA, C.; GAMA, A. (1982). Arquitetura de taipa. **Módulo**, 1982, n. 70, p. 74-77, maio, Rio de Janeiro.

SMITH, Robert C. Arquitetura civil no período colonial. In: **Arquitetura Civil I**. São Paulo: FAU-USP e MEC-IPHAN, 1975, p. 95-190.

STORELLI, Franco (Org.). **Habitat e architetture di terra: lê potenzialità delle tradizioni costruttive. Le tecniche del “crudo” dal manuale all’inventario. Il passaggio al “moderno” tra marginalità e alternativa**. Roma: Gangemi Editore, 1996.

TAMPONE, Gennaro. **Il restauro delle strutture di legno**. Trento: Hoepli, 2000.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **História da Engenharia no Brasil – séculos XVI a XIX**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1994.

TERRAZAS M., Luis F. Caso de identidad colectiva en los valles de Cochabamba. In: **Arquitectura en Tierra**. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés / CYTED. Rede Habiteria, s.d.

TEUTONICO, Jeanne Marie. **A laboratory manual for architectural conservations**. Roma: ICCROM, 1998.

TOLEDO, Benedito Lima de. Do séc. XVI ao início do séc. XIX: maneirismo, barroco e rococó. In: ZANINI, Walter (Org.). **História geral da arte no Brasil**. São Paulo: Instituto Walther Moreira Salles, 1983, 2 v.

TORRACA, Giorgio. **Matériaux de construction poreux, Science dès matériaux pour la conservation architecturale**. Roma: ICCROM, 1986.

TRAVELER HAT. Disponível em: <[http://www.hat.net/album/south\\_america/patagonia/026\\_santiago/01\\_downtown/detail010.htm](http://www.hat.net/album/south_america/patagonia/026_santiago/01_downtown/detail010.htm)>. Acesso em: março de 2006.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Arquitetura de terra**. Workshop. São Paulo: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 1995.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Técnicas de construção em terra**. Disponível em: <[http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2004-1/arq\\_terra/tecnicas.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2004-1/arq_terra/tecnicas.htm)>. Acesso em: fevereiro de 2006.

VASCONCELLOS, Sylvio de. **Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais –UFMG, 1979.

\_\_\_\_\_. **Mineiridade – ensaio de caracterização**. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1968.

VAUTHIER, L. L. Casas de Residência no Brasil. In: **Arquitetura Civil I**. São Paulo: FAU-USP e MEC-IPHAN, 1975, p. 1-94.

VIÑUALES, Graciela Maria. **Restauracion de arquitectura de tierra**. Texto não publicado.

VITRÚVIO POLIÃO, Marco. **Da arquitetura**. 2 ed. Tradução e notas: Marco Aurélio Lagonegro. São Paulo: Hucitec / Annablume, 2002.

VIVAS, Fruto. Barro nuestro que estás en la tierra. In: **Seminario Exposición Arquitectura en Tierra**. La Paz: Instituto de Investigaciones – Facultad de Arquitectura y Artes – Universidad Mayor de San Andrés, s. d.

WARREN, John. **Conservation of earth structures**. Oxford, Auckland, Boston, Johannesburg, Melbourne, New Delhi: Butterworth Heinemann, 1999.



## APÊNDICE

### a. ENSAIOS DE CAMPO

Indicam-se os seguintes procedimentos para a realização desses ensaios, visando a identificação do tipo e de algumas características dos solos. Para auxiliar na avaliação dos resultados dos mesmos, Neves (2005, p. 15) indica alguns parâmetros mostrados na tabela Ap1.

Classificação	Textura e aparência do solo
Areia	Textura granular. Pode-se visualizar o tamanho dos grãos. Flui livremente se está seca
Terra arenosa	Textura granular, porém com suficiente silte e argila para observar sua coesão. Predominam as características da areia
Terra siltosa	Textura fina. Contém uma quantidade moderada de areia fina e uma pequena quantidade de argila. Suja os dedos como talco. Em estado seco, tem uma aparência compacta. Pulveriza com facilidade
Terra argila	Textura fina. Quando está seca, fratura-se em torrões resistentes; em estado úmido, é plástica e se agarra aos dedos. É difícil de pulverizar
Terra orgânica	Textura esponjosa. Olor característico de matéria orgânica que é mais acentuado ao umedecer ou aquecer

**Tabela Ap1** – Informações úteis para a classificação dos solos em função das frações existentes

### Para saber a classificação do solo em função das frações existentes

- análise por brilho: uma bola feita com solo úmido amassado, cortada ao meio, apresenta um brilho que poderá auxiliar na sua classificação: para superfícies brilhantes, o solo é argiloso; para superfícies com pouco brilho, o solo é siltoso; para superfícies sem brilho, o solo é arenoso;
- queda da bola: a forma como se comporta, após ser solta da altura de aproximadamente um metro, uma bola com cerca de 3 centímetros de diâmetro feita com solo úmido dá idéia de suas características (figura Ap1): se houver desagregação, o solo é arenoso; se houver pouca ou nenhuma desagregação, o solo é argiloso.





**Figura Ap1** – Ensaio da queda da bola

### Para estimar as frações que compõem o solo

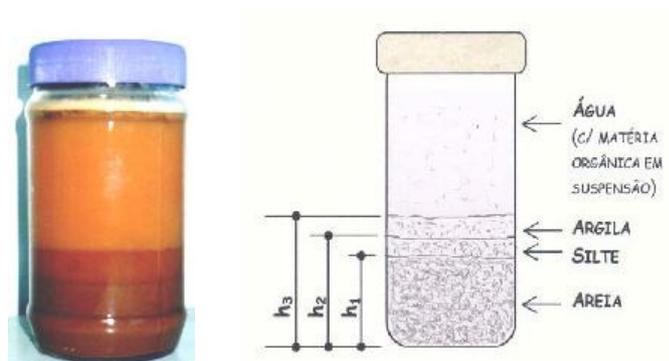
– análise visual: para se estimar as proporções relativas dos grossos e finos do solo, uma porção seca do mesmo é examinada a olho nu. As partículas maiores que puderem ser manualmente separadas correspondem a pedregulhos e areias; o restante das partículas, a siltes e argilas. Se a quantidade de grossos prevalecer, o solo é classificado como pedregoso ou arenoso; se a fração fina for a maior, o solo será siltoso ou argiloso;

– análise de sedimentação (ensaio do recipiente de vidro): permite que se tenha uma idéia sobre a textura

e o tamanho das partículas presentes no solo. De acordo com as orientações de Neves (2005, p. 17), é realizado da seguinte maneira: primeiro, enche-se aproximadamente  $\frac{1}{3}$  de um vidro cilíndrico transparente com terra seca e destorroada, completando-se os restantes  $\frac{2}{3}$  com água e uma pitada de sal (que vai agir como defloculante das partículas de terra). Depois de agitada vigorosamente, a mistura deve ser deixada em repouso por, aproximadamente, uma hora, ao fim da qual deverá ser novamente agitada. Após mais uma hora de repouso, é feita a observação da mistura: os pedregulhos e a areia se depositam no fundo do vidro, logo acima fica depositado o silte, seguido da argila. Se houver matéria orgânica, esta fica em suspensão na superfície da água.

A figura Ap2 mostra este ensaio para uma amostra de solo qualquer e a forma de se calcular as frações existentes:





**Figura Ap2** – Ensaio do recipiente de vidro

onde,

$$(h_1 / h_3) \times 100\% = \% \text{ areia}$$

$$[(h_2 - h_1) / h_3] \times 100\% = \% \text{ silte}$$

$$[(h_3 - h_2) / h_3] \times 100\% = \% \text{ argila}$$

### Para se saber qual o tipo de solo

- análise pela cor: os solos que possuírem cores claras e brilhantes são inorgânicos; aqueles que apresentarem cores escuras (preto, marrom ou verde) são orgânicos;
- ensaio de resistência seca: identifica o solo através da sua resistência quando seco. A partir de três pastilhas com um centímetro de espessura e dois ou três centímetros de diâmetro, moldadas com o solo bem úmido, tenta-se quebrar as mesmas (após terem secado ao sol por, no mínimo, dois dias) apertando-as entre os dedos polegar e indicador (figura Ap3). Os resultados podem ser avaliados com os parâmetros da tabela Ap2.



**Figura Ap3** – Etapas de execução do ensaio de resistência seca

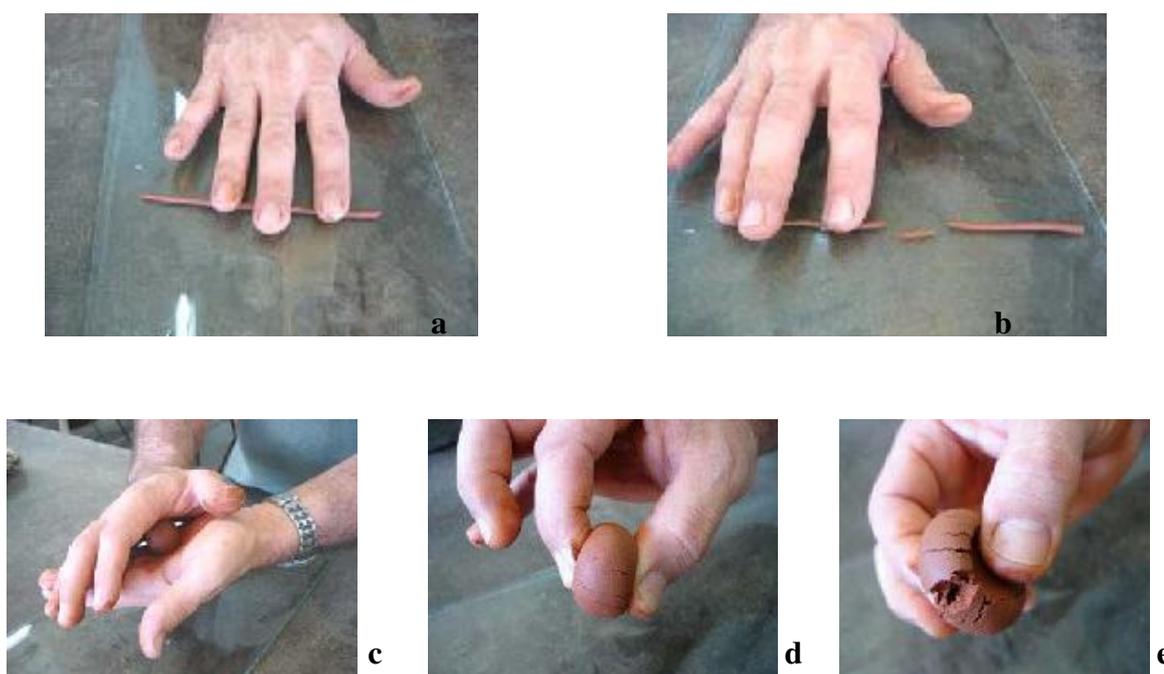
Resistência	Esforço de ruptura	Comportamento	Classificação e interpretação
grande	resistente	não se pulveriza	solo inorgânico de alta plasticidade; argila
média	pouco resistente	é possível reduzir os pedaços a pó	terra argilo siltosa, terra argilo arenosa ou areia argilosa. Se for argila orgânica, não usar
fraca	não resistente	fácil desagregação	falta de coesão. Solo siltoso inorgânico ou outro com pouca argila

**Tabela Ap2** – Parâmetros para a avaliação do ensaio de resistência seca



### Para se saber o tipo de solo a sua plasticidade

– ensaio do cordão (figura Ap4): a um punhado de terra, acrescenta-se água até que um cordão de 3 milímetros de diâmetro, moldado sobre uma superfície plana (a), comece a se quebrar (b). A partir dessa umidade, molda-se uma bola com a terra (c) e tenta-se esmagá-la com o polegar e o indicador (d) e (e). Os resultados podem ser avaliados segundo a tabela Ap3.



**Figura Ap4** – Etapas de execução do ensaio do cordão

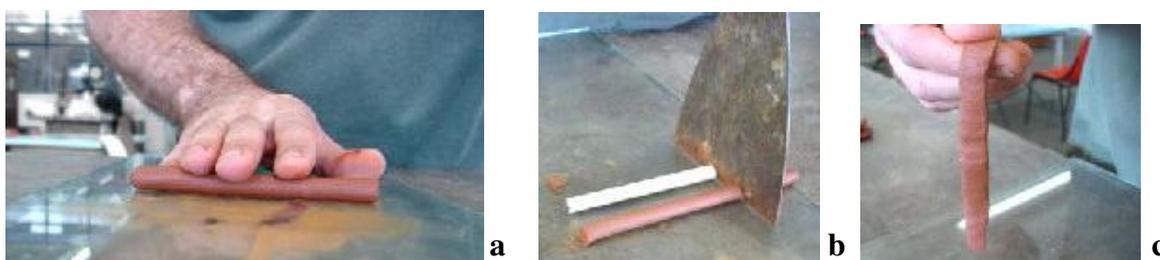
Tipo de cordão	Ruptura da bola	Classificação e interpretação
Duro	Só se pode quebrar a bola com muito esforço ou não se quebra	Muita argila: terra de alta plasticidade
Mole	Pouco resistente. Fissura e esmigalha facilmente	Terra argilo-siltosa, arenosa ou areno-argilosa; plasticidade média
Frágil	Frágil. Não se pode remodelar a bola devido à sua fragilidade	Bastante silte ou areia e pouca argila; baixa plasticidade
Suave e esponjoso	Esponjosa e fofo. Se é comprimida, volta a esponjar-se	Solo orgânico. Não é apto para utilização na construção civil

**Tabela Ap3** – Parâmetros para a avaliação do ensaio do cordão

– ensaio da fita (figura Ap5): com um punhado de terra contendo a mesma umidade necessária para o cordão se quebrar (ensaio do cordão), moldar um cilindro (a) cortando-o com o tamanho aproximado ao de um cigarro (b). Posteriormente, amassa-se o cilindro para



que ele fique com espessura entre três e seis milímetros e o maior comprimento possível (c). A tabela Ap4 indica parâmetros para se avaliar os resultados.



**Figura Ap5** – Etapas de execução do ensaio da fita

Tipo de fita	Comportamento da fita	Classificação e interpretação
Longa	É possível formar uma fita de 25 cm a 30 cm sem dificuldade	Muita argila: terra de alta plasticidade
Curta	É possível formar uma fita de 5 cm a 10 cm com dificuldade	Terra argilo-siltosa, arenosa ou areno-argilosa; plasticidade média
	Não se faz a fita	Bastante silte ou areia e pouca argila; sem plasticidade

**Tabela Ap4** – Parâmetros para a avaliação do ensaio da fita

### Para se saber o índice de retração

– teste da caixa: indica a retração linear do solo. Em um pouco de terra acrescentar água até que a mistura grude na lâmina de uma colher de pedreiro. Coloca-se, então, tal mistura dentro de uma caixa de madeira e deixa-se descansar por sete dias na sombra. Após este período, empurra-se a massa seca do solo para uma das extremidades da caixa para que, tanto o vazio surgido na caixa quanto a massa contraída de solo, sejam medidos (figura Ap6).



**Figura Ap6** – Ensaio da caixa



## b. ENSAIOS DE LABORATÓRIO

A seguir estão indicados os procedimentos de alguns ensaios de laboratório cuja realização se considera importante para trabalhos com o pau a pique.

### Granulometria

A granulometria permite identificar o tamanho das partículas que constituem os solos e a percentagem dessas partículas reunidas nas diversas frações. Através dos processos de análise granulométrica<sup>1</sup> – peneiramento para solos grossos e sedimentação para solos finos – as dimensões das partículas e a proporção das frações são representadas na chamada curva de distribuição granulométrica, mostrada na figura Ap7, onde as abscissas indicam os diâmetros (tamanhos) equivalentes das partículas e as ordenadas, as percentagens acumuladas (à esquerda as retidas e à direita, as passantes).

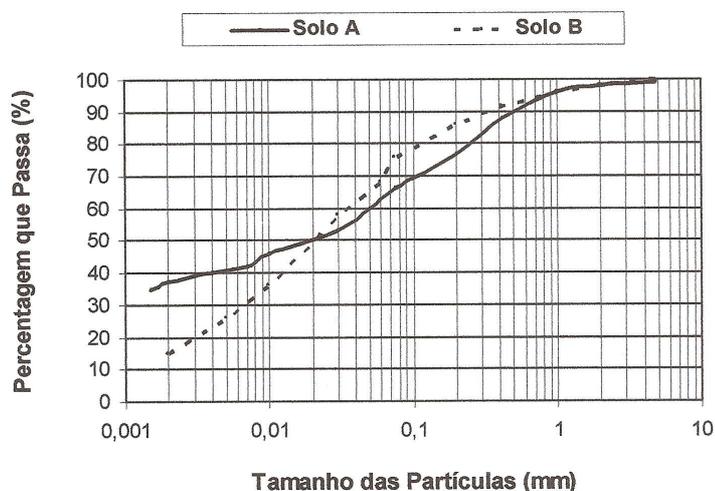


Figura Ap7 – Exemplo de curva granulométrica

Em síntese, o ensaio de peneiramento é a determinação da quantidade percentual das partículas que passam ou que são retidas em peneiras de aberturas normalizadas. Os equipamentos necessários para a sua realização são apresentados na figura Ap8.

<sup>1</sup> Normalizados pela NBR - 7181/84 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984c).





**Figura Ap8** – Equipamentos utilizados para o ensaio do peneiramento

A análise granulométrica por sedimentação é de especial interesse para o presente trabalho porque, através do conhecimento da fração fina do solo, poderá se prever também o seu comportamento. Tal conhecimento irá influenciar diretamente na escolha do tipo de solo com o qual se irá trabalhar principalmente porque, para a técnica do pau a pique, o solo utilizado deverá ser preferencialmente argiloso. A sedimentação é "a velocidade de decantação das partículas dispersas em água, em função da variação de densidade da solução, calculando-se as suas proporções na amostra" (NEVES, 2005, p. 5). Segundo Carlos Sousa Pinto (2000, p. 10-11), essa análise baseia-se na Lei de Stokes:

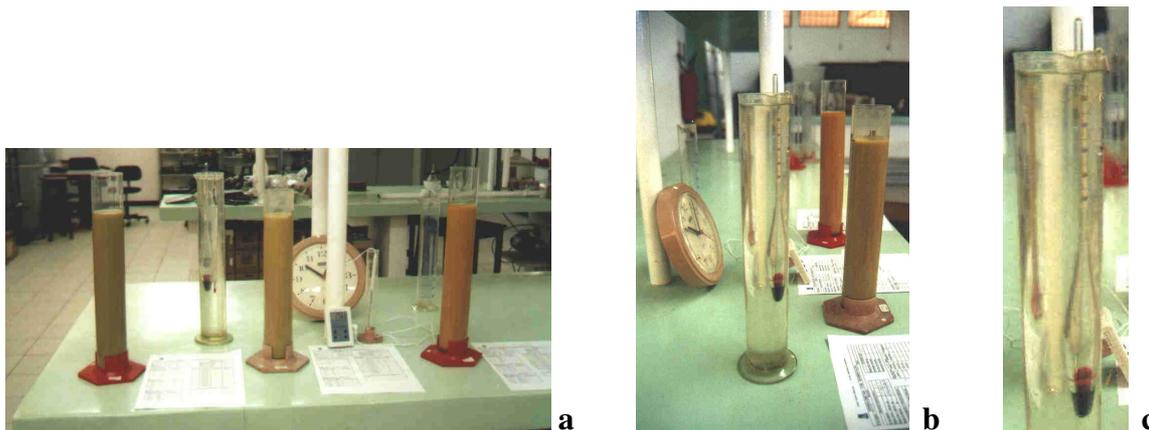
a velocidade de queda de partículas esféricas num fluido atinge um valor limite que depende do peso específico do material da esfera ( $\gamma_s$ ), do peso específico do fluido ( $\gamma_w$ ), da viscosidade do fluido ( $\infty$ ), e do diâmetro da esfera (D), conforme a expressão:

$$J = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18 \cdot \infty} \cdot D^2 \quad (1)$$

Colocando-se uma certa quantidade de solo (uns 60g) em suspensão em água (cerca de um litro), as partículas cairão com velocidades proporcionais ao quadrado de seus diâmetros. (...). Se a densidade da suspensão era uniforme ao longo da altura no início do ensaio, já não o será após certo tempo, pois numa seção, a uma certa profundidade, menos partículas estão presentes (...). As densidades de suspensão são determinadas com um densímetro, que também indica a profundidade correspondente. Diversas leituras do densímetro, em diversos intervalos de tempo, determinarão igual número de pontos na curva granulométrica, (...), complementando a parte da curva obtida por peneiramento".

A figura Ap9 apresenta etapas do processo de sedimentação.





**Figura Ap79**– Etapas de execução do ensaio de sedimentação

### Estados e limites de consistência

Os estados de consistência do solo estão diretamente ligados à quantidade de água nele presente, podendo variar de líquido a sólido conforme a sua gradual perda de umidade, como pode-se verificar na figura Ap10. São eles:

- estado líquido: quando a umidade do solo é extremamente elevada, ele apresenta-se como um fluido denso e não possui nenhuma resistência ao cisalhamento;
- estado plástico: com a evaporação gradual da água, o solo endurece e, para um determinado limite de liquidez, perde a sua capacidade de fluir, mas ainda pode ser moldado e conservar a sua forma se nenhum tipo de força externa sobre ele agir;
- estado semi-sólido: continuando a perder umidade, o solo passa do estado plástico para o estado semi-sólido quando atinge um determinado limite de plasticidade. Já não pode ser facilmente moldado e pode sofrer variações de volume devido à retração provocada pela secagem;
- estado sólido: continuando o processo de secagem, o solo atinge o limite de contração e passa do estado semi-sólido para o sólido. Neste estado, não há mais alteração no volume, mas poderá haver diminuição do peso do solo devido à secagem.



**Figura Ap10** – Indicação dos estados e dos limites de consistência



Vale ressaltar que um desses estados, o plástico, está relacionado à plasticidade, que é uma das principais propriedades dos solos. Ela caracteriza-se pela maior ou menor capacidade do solo ser moldado sob certas condições de umidade sem que seu volume varie ou que haja acréscimo de material e depende, além da quantidade de água, do argilo-mineral presente.

Os limites de consistência, definidos por A. Atterberg<sup>2</sup> e padronizados por Arthur Casagrande<sup>3</sup>, caracterizam as mudanças entre os estados de consistência do solo. Baseiam-se

na constatação de que um solo argiloso ocorre com aspectos bem distintos conforme o seu teor de umidade. Quando muito úmido, ele se comporta como um líquido; quando perde parte de sua água, fica plástico; e quando mais seco, torna-se quebradiço (PINTO, 2000, p. 13).

Os teores de umidade que correspondem a essas mudanças de estado de consistência são conhecidos como:

– limite de liquidez ( $w_L$ ): é o teor de umidade que divide o estado líquido do plástico e "para o qual o solo apresenta uma pequena resistência ao cisalhamento" (NOGUEIRA, 1988, p.55). É determinado através do "teor de umidade para o qual o sulco feito na amostra de solo (umedecido e amassado), colocado no aparelho de 'Casagrande', se fecha em 1 cm, com 25 golpes" (FARIA, 2002, p.94). A norma que se aplica a este ensaio é a NBR 6459/84 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984a). A figura Ap11 mostra os equipamentos necessários para a realização deste ensaio, inclusive o aparelho de Casagrande, enfocado na figura Ap12.



**Figura Ap11** – Equipamentos para a determinação do limite de liquidez ( $w_L$ )



**Figura Ap12** – Aparelho de Casagrande

<sup>2</sup> Engenheiro químico sueco que pesquisou o comportamento dos solos sob o ponto de vista da agronomia (PINTO, C., 2000, p. 13).

<sup>3</sup> Professor de mecânica dos solos que adaptou e padronizou os ensaios e índices de consistência propostos por Atterberg (PINTO, C., 2000, p.13).



– limite de plasticidade ( $w_p$ ): é o teor de umidade que separa o estado plástico do semi-sólido e para o qual

o solo amassado começa a se fraturar, quando se tenta moldar, sobre uma placa de vidro, um cilindro com  $\varnothing$  3 mm e comprimento de 10 cm [...]. Estes teores de umidade são obtidos por tentativas e, para cada tentativa, se coletam amostras em três cápsulas de alumínio (...)" (FARIA, 2002, p. 94).

O resultado das amostras deverão ser utilizados na equação 2. Este ensaio é normalizado pela NBR 7180/84 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984b). A figura Ap13 mostra os equipamentos utilizados para a realização do ensaio.

$$U_s = \frac{(M_{sU} - M_{sO})}{(M_{sO} - T)} \quad (2)$$

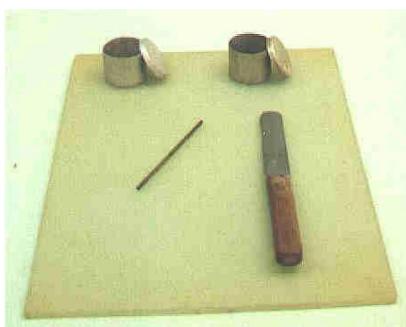
onde,

$U_s$  : teor de umidade natural do solo (%)

$M_{sU}$  : massa do solo úmido, com o recipiente (g)

$M_{sO}$  : massa do solo seco em estufa, com o recipiente (g)

$T$  : tara (ou massa) do recipiente vazio (g)



**Figura Ap13** – Equipamentos para a determinação do limite de plasticidade ( $w_p$ )

– limite de contração ( $w_c$ ): principalmente devido às características dos argilo-minerais presentes no solo, acontecem movimentos de contração e expansão do material terra, também quando aplicado em edifícios, em função da umidade. O limite de contração encontra-se entre os estados semi-sólido e o sólido e "é determinado pelo teor de umidade a partir do qual o volume do solo permanece constante quando se processa a evaporação da água" (NEVES, 2005, p. 8). Os movimentos de contração e expansão provocam fissuras nas paredes de terra, principalmente se o solo possuir argilas altamente expansivas, como é o caso das montmorilonitas, o que pode ser causa de patologias. O ensaio do limite de contração é normalizado pela NBR 7183/82 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,



1982a).

Além dos estados e dos limites, existem ainda os índices de consistência, que são determinados a partir dos valores obtidos com os limites e auxiliam na constatação prévia do comportamento dos solos. Os mais usuais são:

– índice de plasticidade (IP): muito utilizado nos sistemas de classificação dos solos, o índice de plasticidade corresponde à quantidade de água que deve ser acrescida ao solo para que ele passe do estado plástico<sup>4</sup> ao estado líquido. Normalizado pela NBR 7180/84 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984b), é obtido pela diferença entre os limites de liquidez e de plasticidade (equação 3):

$$IP = WL - WP \quad (3)$$

O CRATerre (apud NEVES, 2005, p.8) indica um sistema de classificação que leva em consideração o limite de liquidez ( $w_L$ ) e o índice de plasticidade (IP) como mostra a tabela Ap5:

Tipo de solo	IP (%)	$w_L$ (%)
Arenoso	0 a 10	0 a 30
Siltoso	5 a 25	20 a 50
Argiloso	> 20	> 40

**Tabela Ap5** – Classificação do solo em função do limite de liquidez ( $w_L$ ) e do índice de plasticidade (IP)

– índice de atividade: para se determinar o comportamento argiloso de um solo não basta conhecer somente o teor de argila nele presente, mas também a sua atividade, que leva em conta as variações na composição dos minerais argílicos e a presença de areia. Segundo Carlos Souza Pinto (2000, p. 14), "pequenos teores de argila e altos índices de consistência indicam que a argila é muito ativa" e "solos de mesma procedência, com o mesmo mineral-argila, mas com diferentes teores de areia, apresentarão índices diferentes, tanto maiores quanto maior o teor de argila, numa razão aproximadamente constante".

Sendo assim, o índice de atividade da fração argila é função do índice de plasticidade e da própria fração argila do solo, conforme a equação 4 (PINTO, C., 2000, p. 14):

<sup>4</sup> Vale lembrar que um corpo plástico é aquele que não recupera a sua forma e volume originais ao findar a força que o deformava.



$$\text{Índice de atividade} = \frac{\text{índice de plasticidade (IP)}}{\text{fração argila (menor que 0,002mm)}} \quad (4)$$

A tabela Ap6 apresenta valores do índice de atividade entre os quais a argila:

Índice de atividade da argila	Comportamento da argila
menor que 0,75	inativa
entre 0,75 e 1,25	normal
maior que 1,25	ativa

**Tabela Ap6** – Valores do índice de atividade para os quais a argila é considerada inativa, normal ou ativa

Uma forma alternativa de se obter informações acerca da atividade da fração argilosa dos solos tropicais é a técnica de absorção de azul de metileno, muito difundida na França e que, atualmente, vem sendo utilizada de forma crescente no meio técnico nacional por diversos pesquisadores, constituindo-se em ferramenta eficiente, rápida e de baixo custo para obtenção de propriedades mineralógicas da fração argila. Obtém-se do referido ensaio, conforme proposta de Fabbri (apud COSTA, T., 1998, p. 160), os parâmetros valor de azul (equação 5), coeficiente de atividade (equação 6), complementados pela superfície específica e capacidade de troca de cátions.

$$V_a = V_x \cdot \frac{P_{200x}}{100} \left(1 + \frac{w}{100}\right) \quad (5)$$

onde:

$P_{200}$  = porcentagem menor que 0,074 mm

$W$  = umidade do solo ensaiado

$V$  = volume da solução adsorvida pelo solo

$$CA = 100 \cdot \frac{V_a}{Pf} \quad (6)$$

onde:

$CA$  = coeficiente de atividade

$V_a$  = valor de azul

$Pf$  = porcentagem em massa que o solo contém da fração cujo grau de atividade que se avaliar, usualmente definido como a fração argila com partículas de diâmetro inferior a 0,005 mm.



Em função do coeficiente de atividade (CA), Burgos (1998, p. 103) cita três graus de atividade que permitem classificar a fração argila, segundo a tabela Ap7:

	grau de atividade	grupos
<b>CA &gt; 80</b>	muito ativos	montmorilonitas, vermiculitas etc.
<b>11 &lt; CA &lt; 80</b>	ativos	caulinitas, ilitas e combinações desses com outros grupos
<b>CA &lt; 11</b>	pouco ativos	de materiais inertes a argilo-minerais laterizados ou combinações entre esses e outros grupos mais ativos

Tabela Ap7 – Grau de atividade das argilas

### Carta de plasticidade

A fração fina dos solos fornece dados, através de suas características e propriedades, que permitem a classificação dos solos em áreas de alta e de baixa plasticidade, conforme se pode notar na chamada carta de plasticidade, apresentada na figura Ap14.

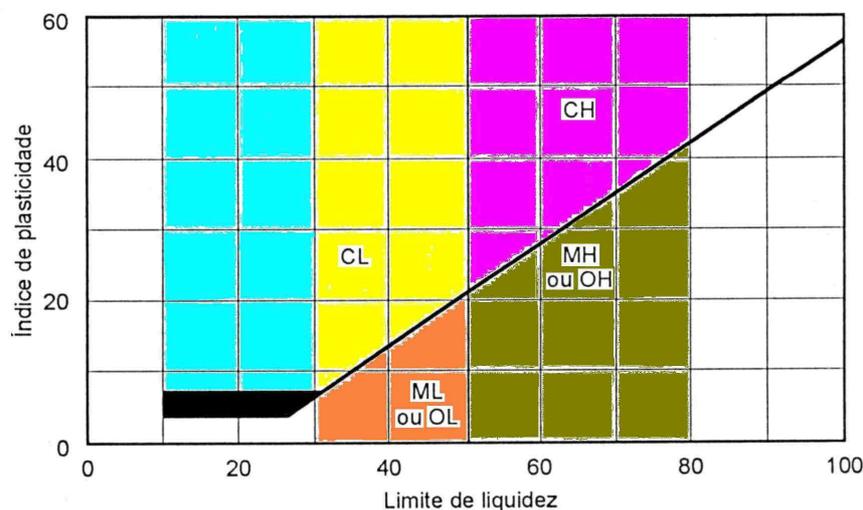


Figura Ap14 – Carta de plasticidade

onde,  
M = silte  
C = argila  
O = solo orgânico  
L = low  
H = high



-  argilas arenosas, siltes inorgânicos de baixa plasticidade, areias siltosas muito finas e areias argilosas
-  siltes orgânicos e inorgânicos
-  argilas inorgânicas de plasticidade mediana
-  argilas orgânicas e siltes inorgânicos
-  argilas de alta plasticidade

Segundo Carlos Sousa Pinto:

colocando o IP do solo em função do  $w_L$ <sup>5</sup> num gráfico (...), os solos de comportamento argiloso se faziam representar por um ponto acima de uma linha reta inclinada, denominada Linha A. Solos orgânicos ainda que argilosos, e solos siltosos são representados por pontos localizados abaixo da Linha A. A Linha A tem como equação a reta

$$IP = 0,73 (WL-20)$$

que, no seu trecho inicial, é substituída por uma faixa horizontal correspondente a IP de 4 a 7.

Para a classificação destes solos, basta a localização do ponto correspondente ao par de valores IP e LL na Carta de Plasticidade. Os solos orgânicos se distinguem dos siltes pelo seu aspecto visual, pois se apresentam com uma coloração escura típica (marrom escuro, cinza escuro ou preto) (2000, p. 40).

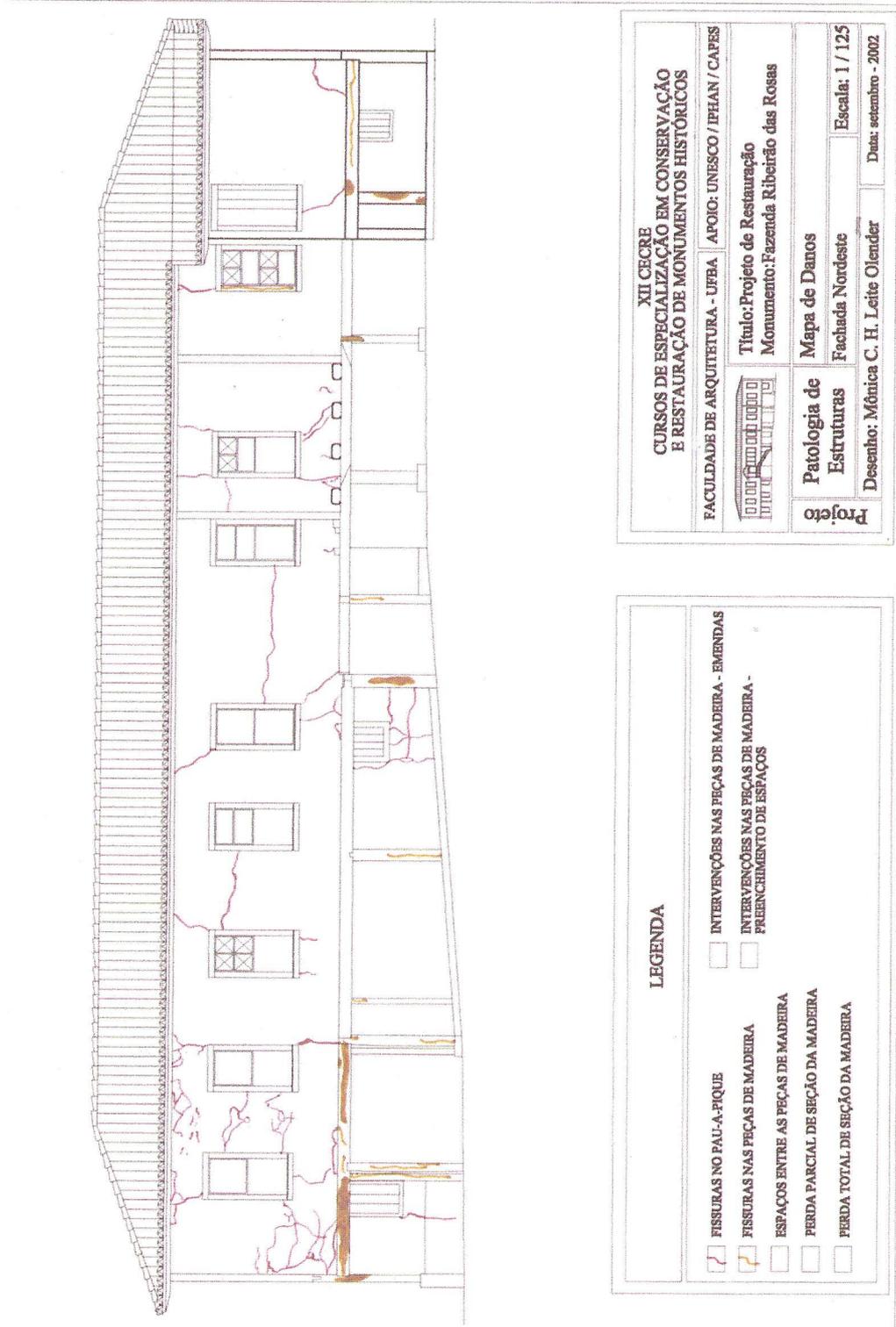
Para adobes e taipa de pilão, os solos ideais localizam-se na faixa em que  $w_p$  está entre 30 e 50 (OLIVEIRA, 2002, p. 11).

---

<sup>5</sup> O LL utilizado pelo autor significa a mesma coisa que o  $w_L$  utilizado no presente trabalho, ou seja, limite de liquidez.



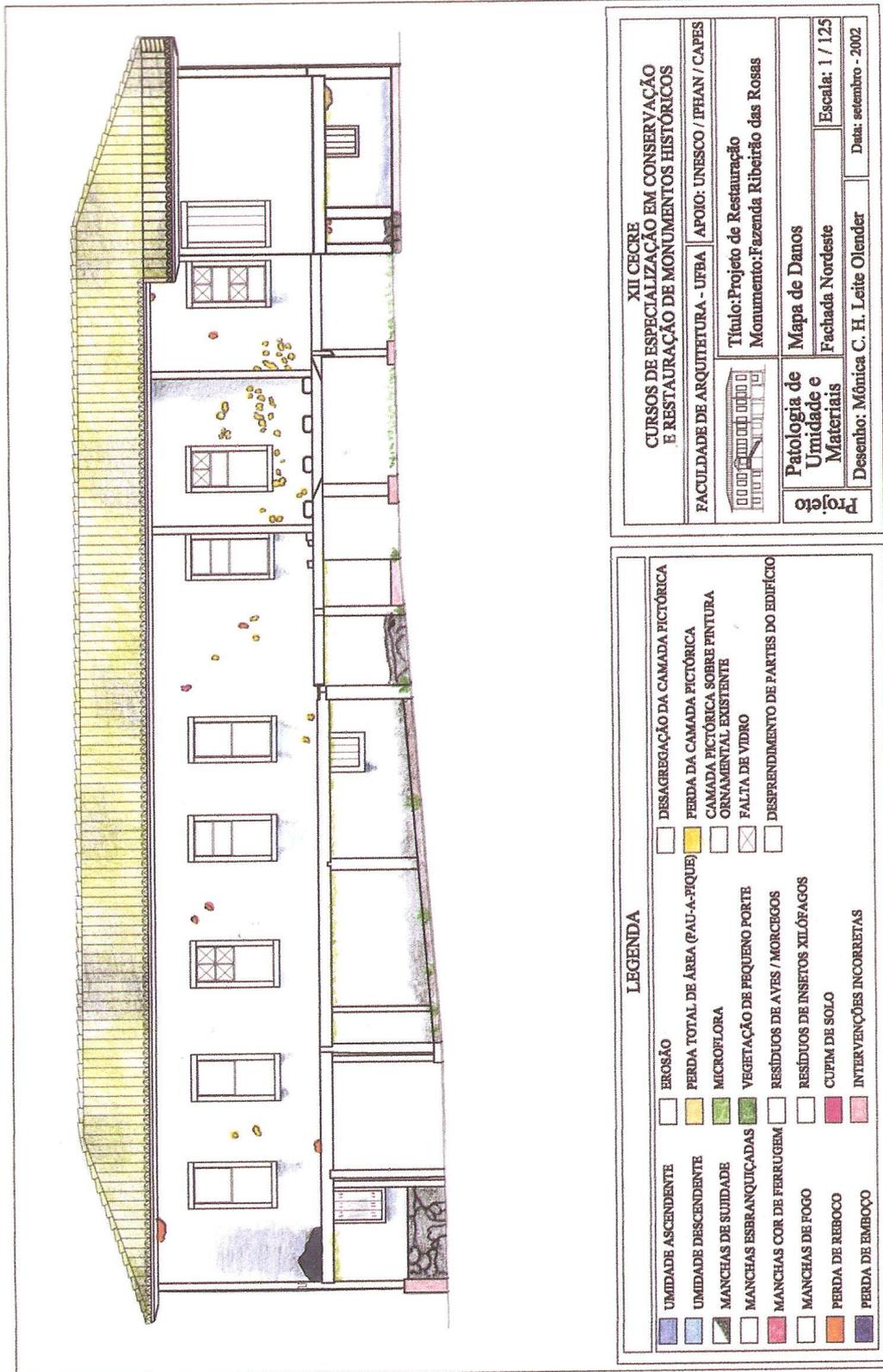
ANEXO



Fonte: OLENDER, 2002

A técnica do pau a pique:  
subsídios para a sua preservação





Fonte: OLENDER, 2002

