

Cybèle Celestino Santiago

**ESTUDO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO
DE VITRÚVIO ATÉ AO SÉCULO XVIII**

**UMA VISÃO CRÍTICO-INTERPRETATIVA
À LUZ DA CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA**

Orientador: Prof. Doutor Virgolino Ferreira Jorge



169 006

Tese de Doutoramento em Conservação do Património Arquitectónico
apresentada à Universidade de Évora

Évora, 2000

Este estudo não inclui as críticas e as sugestões feitas pelo Júri.

ESTUDO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DE VITRÚVIO ATÉ AO SÉCULO XVIII UMA VISÃO CRÍTICO-INTERPRETATIVA À LUZ DA CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA

AGRADECIMENTOS
RESUMO/RÉSUMÉ/SUMMARY

ÍNDICE

ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIATURAS	11
INTRODUÇÃO	13
CONSIDERAÇÕES GERAIS	13
DELIMITAÇÃO TEMÁTICA	24
METODOLOGIA UTILIZADA	29
1 – TERRA CRUA	34
1.1 – GENERALIDADES	34
1.2 – ADOBES	41
1.3 – TAIPA (ou taipa de pilão)	57
1.4 – REVESTIMENTO	70
1.5 – OUTRAS FORMAS DE USO DA TERRA CRUA	72
1.6 – ASSOCIAÇÃO DE MATERIAIS	80
1.7 – SOLO ESTABILIZADO	81
1.8 – CUIDADOS ESPECIAIS	86
2 – MATERIAIS CERÂMICOS	87
2.1 – GENERALIDADES	87
2.2 – TIJOLOS E TELHAS	90
3 – ROCHA	105
3.1 – CONCEITOS	105
3.2 – FORMAÇÃO E ENDURECIMENTO	105
3.3 – CLASSIFICAÇÃO	114
3.3.1 – Generalidades	114
3.3.2 – Características das pedras conforme Alberti	127
3.3.3 – Dos mármores	133
3.3.4 – Da pedra lioz	134
3.4 – EXTRACÇÃO	139
3.5 – ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE	141
3.6 – PROBLEMAS LIGADOS À CONSERVAÇÃO E AO RESTAURO	143
3.6.1 – Durabilidade e degradação	143

3.6.2 – Testes práticos para a verificação da durabilidade das rochas	159
3.6.3 – Selecção	162
3.6.4 – Assentamento	165
3.6.5 – Obturação (ou reintegração de lacunas)	168
4 – ARGAMASSAS	169
4.1 – GENERALIDADES	169
4.2 – CARACTERIZAÇÃO	174
4.2.1 – Argamassas com solo	176
4.2.2 – Argamassas refractárias	182
4.2.3 – Argamassas hidrófugas	183
4.2.4 – Outras argamassas especiais	188
4.2.5 – Traços recomendados	194
5 – CAL	206
5.1 – NOÇÕES GENÉRICAS	206
5.2 – MATÉRIAS-PRIMAS TRADICIONALMENTE USADAS	207
5.2.1 – Rochas calcárias	207
5.2.2 – Calcários marinhos	217
5.3 – CALCINAÇÃO	221
5.4 – EXTINÇÃO (hidratação)	227
5.5 – VARIAÇÃO DE MASSA E VOLUME	236
5.6 – ENSAIOS LABORATORIAIS	236
5.6.1 – Preparo das amostras	237
5.6.2 – Calcinação	238
5.6.3 – Extinção (hidratação)	239
5.6.4 – Variações de massa e volume	245
5.6.5 – Caracterização das matérias-primas e das cais	246
5.6.6 – Índice hidráulico	247
6 – AREIA	250
6.1 – DEFINIÇÕES GENÉRICAS	250
6.2 – FORMAÇÃO DE AREIAS	252
6.3 – CARACTERIZAÇÃO	260
6.4 – CUIDADOS NA UTILIZAÇÃO	269
7 – OUTROS INGREDIENTES DAS ARGAMASSAS	274
7.1 – POZOLANA	274
7.2 – PÓ CERÂMICO	285
7.3 – TERRAÇOS FLUVIAIS DO BAIXO RENO	290

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas se mostraram sempre disponíveis a trocar ideias e dar sugestões sobre o tema. Outras colaboraram na obtenção de matérias-primas e na realização dos ensaios de laboratório. Algumas contribuíram com a digitação, a revisão e a adequação estilística do texto; com a tabulação dos dados, a digitalização de imagens e o preparo da arte-final; cederam fotografias de seu acervo particular para ilustrar a tese; ou mesmo deram-me apenas incentivo e apoio nas horas mais difíceis ao longo destes quatro anos.

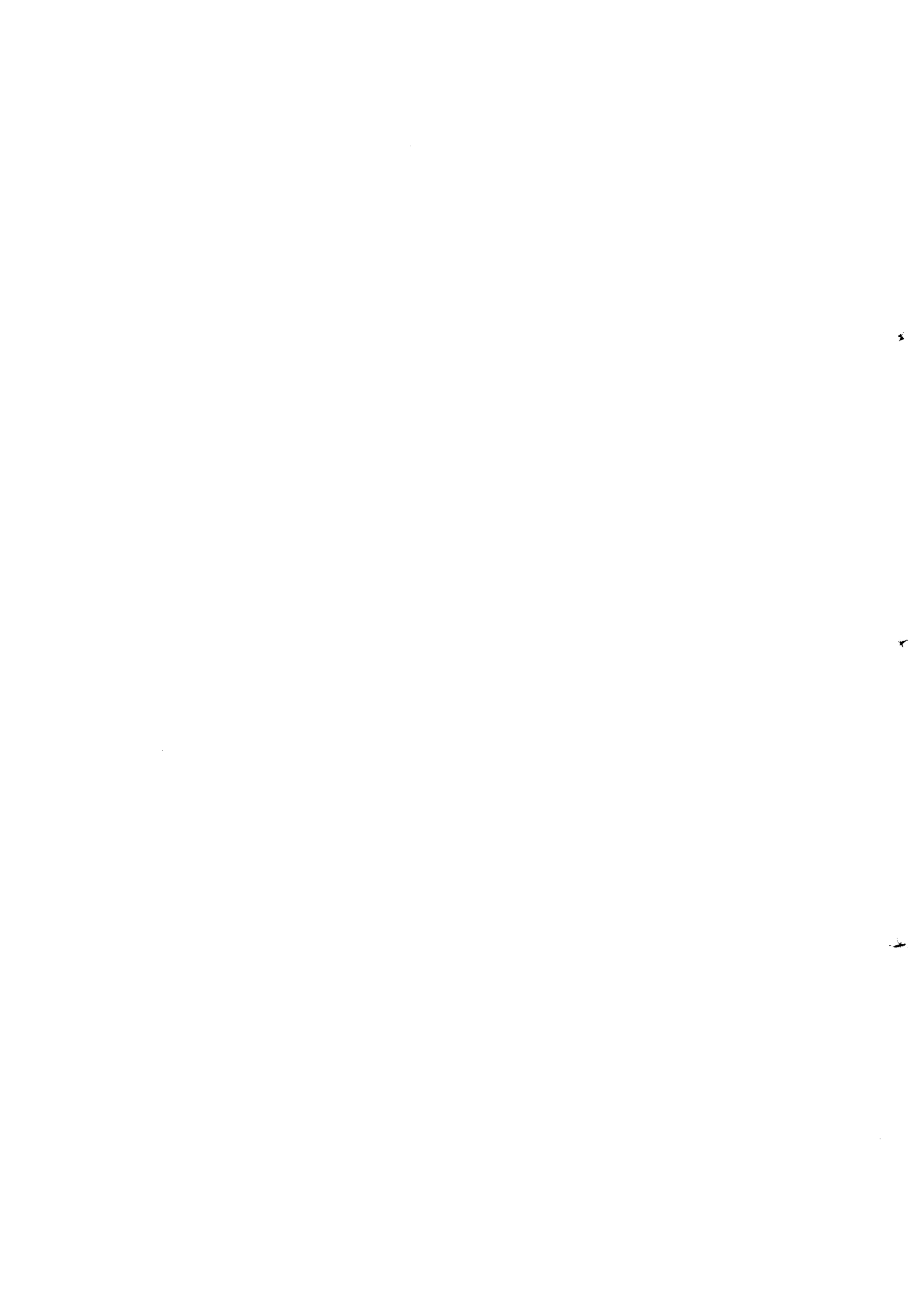
O CNPq propiciou a viagem para Portugal, tendo-me concedido dois anos de bolsa de estudos; os colegas do DCTM/UFBA deram-me a oportunidade de dedicar-me integralmente à investigação por todo o período ao curso; a ANBA, a Biblioteca de Santa Clara e a Biblioteca de Mafra, representadas pelos seus bibliotecários e responsáveis, facultaram-me o acesso aos seus valiosos acervos, que nem sempre estão disponíveis a todos os interessados.

Como não é possível listar aqui todas aquelas pessoas e instituições que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta investigação, destacam-se, a seguir, alguns nomes para os representar:

Virgolino Ferreira Jorge,
Mário Mendonça de Oliveira,
Meus pais, irmãos, cunhado e filho,
Marco Aurélio Andrade,
Ana Cristina Milheiros,

Adailton Gomes, Allard Amaral, Ana Helena Almeida, Andréa Ferreira, Aniceto Afonso e equipa do AHM, António Cabrita, António Celso Spínola, António Heliódório Sampaio, António José Góis, António Rocha, Antonio Sansonetti, Arlindo Gonçalves, Arno Brichta, Bela Zausner e equipa, Célia Neves, Dalva de Carvalho, Élzio Ferreira, Emanuel Nascimento, Erundino Pousada, equipa do AHU, Fabiano Xavier, Fernando Ferrão, Fernando Henriques, Giacomo Chiari, Gianfranco Biglia, Giovanna Alessandrini, Gloria Pasero, Gregório Paixão, João Baracho, José Aguiar, José Clodoaldo Cassa (*in memoriam*) e bolsistas do GEMAC, José Delgado Rodrigues, Josef Riederer, Karina Matos, Laboratório de Minas do DCTM, Lauro Fontes, Lorenzo Lazzarini, Luís Aires-Barros, Márcia Brito, Márcia Eirado e equipa, Maria Cândida Liberato, Maria das Graças Kom, Maria Herminia Olivera, Maria Hilda Paraíso, Mariana Teixeira, Marisa Laurenzi-Tabasso, Maurício Delgado, Miguel Fascio, Mônica Araújo e equipa, Murilo Miranda, Nair Guedes, Nestor Reis Filho, Omella Salvatori, Paula Jansen, Paulo Pardal, Paulo Sant'Anna, Ramón Gutierrez, Roberto Bugini, Roberto Mattone, Ronan Cayres, Rosa Flores, Sandro Massa, Saporiti Machado, Shiguemi Fujimori, Teresa Cristina Oliveira, Ugo Zezza, Vasco Fassina, Viviane Testa, Zelinda Leão.

Bem hajam!



RESUMO

Através da leitura de textos escritos ao longo dos séculos, alguns dos quais anteriores à Era Cristã, nota-se que muitos de seus autores buscavam compreender as propriedades e mecanismos a envolver o conhecimento dos materiais. No entanto, como as ciências ainda não tinham se desenvolvido até finais do século XVIII, explicações dadas para certos factos prendiam-se aos resultados de meras observações, algumas válidas, a conceitos alquímicos ou sobrenaturais, ou mesmo a conceitos hoje tido como erróneos.

Nesta investigação, procura-se, à luz da ciência contemporânea, dar uma interpretação para o que determinados autores, desde a época de Vitruvius a finais do século XVIII, escreveram sobre diversos materiais de construção.

RÉSUMÉ

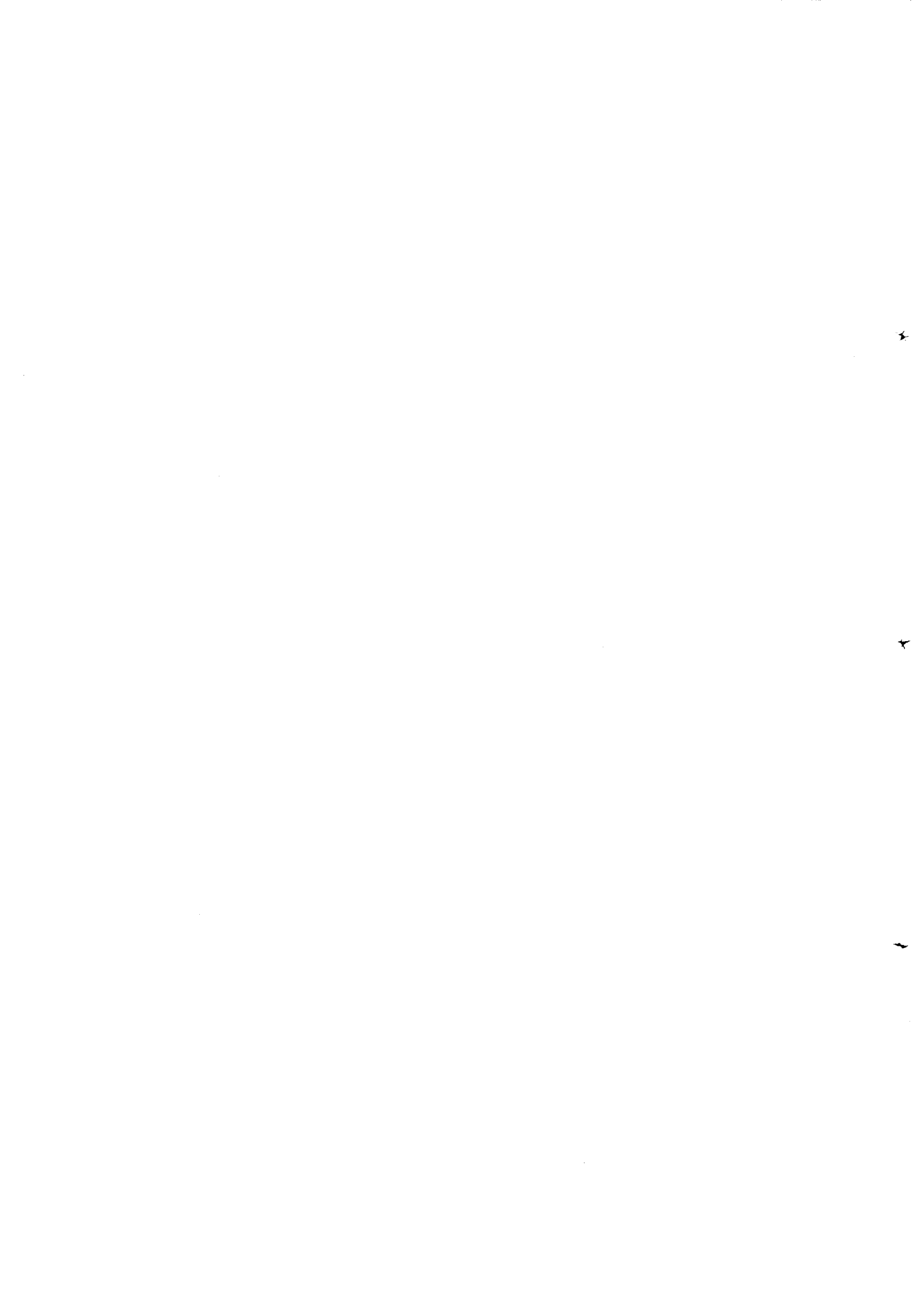
Lors de la lecture des textes écrits au long des siècles, certains datant de l'époque pré-chrétienne, on s'aperçoit que ses auteurs cherchèrent à comprendre les propriétés et les mécanismes particuliers à la connaissance des matériaux. Cependant, étant donné que les sciences ne se développent qu'à la fin du XVIII^{ème} siècle, des hypothèses avancées pour expliquer certains faits, s'appuyaient alors seulement sur de simples observations, certaines correctes, voire sur des concepts alchimiques, sumaturels, ou même éronés.

Dans cette recherche, on essaie de soumettre à la lumière de la science contemporaine les écrits historiques de certains auteurs à propos des matériaux de construction, pour la période allant de l'époque de Vitruve à la fin du XVIII^{ème} siècle.

SUMMARY

On reading texts written throughout the centuries, even those from before the Christian Era, it can be observed that their authors endeavoured to understand the properties and mechanisms of building materials. However, as science began to develop at the end of the 18th century, explanations for some facts were the result of either mere observation, some valid though some erroneous, or of alchemic or supernatural concepts.

This investigation (in the light of contemporary science), offers an interpretation for what selected authors from the time of Vitruvius up to the end of the 18th century wrote about building materials.



7.4 – CINZAS DE TOURNAI	291
8 – MADEIRA	293
8.1 – ASPECTOS HISTÓRICOS	293
8.2 – CLASSIFICAÇÃO	295
8.3 – PROPRIEDADES	297
8.4 – PRODUÇÃO	302
8.4.1 – Corte	302
8.4.2 – Secagem	305
8.4.3 – Defeitos	307
8.5 – CUIDADOS NA UTILIZAÇÃO	309
8.6 – ESTUDOS SETECENTISTAS ACERCA DA RESISTÊNCIA DAS MADEIRAS	310
9 – CONCLUSÕES	318
BIBLIOGRAFIA	325
FONTES MANUSCRITAS	325
FONTES IMPRESSAS	327
FONTES ELECTRÓNICAS	349
ANEXOS	
1. Ilustrações	
2. Tabela 1: distribuição granulométrica de adobes	
3. Caracterização de argamassas romanas (Portugal)	
4. Tempos de extinção das cais estudadas	
5. Transcrição da tabela dos ensaios realizados pelo Eng. Ernesto Cunha (séc. XIX) com argamassas e cais de marisco (Brasil)	
6. Laudo de caracterização de argamassa contendo corais (Bahia)	
7. Tabela 2: Caracterização das matérias-primas usadas no fabrico das cais	
8. Tabela 3: Caracterização das cais preparadas em laboratório	
9. Tabela 4: Características de madeiras brasileiras (séc. XVIII e séc. XX)	
10. Tabela dos ensaios realizados pelo Coronel Reboxo na Bahia (1779/1780)	
11. Tabela 5: Madeiras citadas por Vitruvius (em diversos idiomas)	
12. Tabela 6: Constituição, características e usos de madeiras vitruvianas	
13. Tabela 7: Corte das árvores em relação às fases da Lua	
Tabela 8: Corte das árvores em relação às estações do ano	
14. Tabela 9: Características de madeiras de construção segundo os coronéis Antonio de Brito Freire e Christiano Frederico Weinholtz (1760)	
15. Transcrição das observações do Coronel Reboxo relativas a ensaios de madeira (1779/1780)	

16. Tabela comparativa da resistência de diversos tipos de madeiras, da autoria de Joaquim Amorim de Castro (1790)
17. Tabela 10: "*Meyas proporcionais*"
18. Assembleia que acompanhou a realização dos ensaios do Coronel Reboxo na Bahia (1779/1780)
19. Tabela 11: Cálculo das tensões de ruptura das madeiras ensaiadas por Joaquim Amorim de Castro (1790)

ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal
AHM – Arquivo Histórico Militar (Lisboa)
AHU – Arquivo Histórico Ultramarino
ANBA – Academia Nacional de Belas-Artes (Lisboa)
ANTT – Arquivo Nacionais da Torre do Tombo
Art. – Artigo
ASTM – *American Standard for Testing Materials*
BA – Bahia
BAj – Biblioteca da Ajuda (Lisboa)
BGUC – Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra
BNL – Biblioteca Nacional de Lisboa
CA – Castro e Almeida
Ca. – Cerca de
Cad. – Caderno
Cap. – Capítulo
CEPED – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento do Estado da Bahia
CML – Câmara Municipal de Lisboa
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Brasil)
CNR – *Consiglio Nazionale delle Ricerche* (Itália)
Cód. – Códice
Col. – Coluna
Coord. – Coordenador/coordenação
CRATerre – *Centre International de Recherche et d'Application pour la Construction en Terre (École d'Architecture de Grenoble)*
DCTM – Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais (Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia)
DGEMN – Direção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (Portugal)
Doc. – Documento
EPUFBA – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia
F. – Filme (microfilme)
fls. – Folha(s)
GEHAFOM – Gabinete de Estudos Históricos e Arqueológicos de Fortificações e Obras Militares (Lisboa)
GO – Goiás (Brasil)
IBIO – Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia
ICCROM – *The International Centre for Conservation and Restoration of Monuments and Sites*
IGEO – Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia
IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Brasil)
IQ – Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas (São Paulo, Brasil)
IST – Instituto Superior Técnico (Lisboa)
L. – *Livro*

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Lisboa)
MEPAT – Biblioteca e Arquivo Histórico do Ministério do Equipamento, do Planeamento e da
Administração do Território (Lisboa)
MG – Minas Gerais (Brasil)
Mss. – Manuscrito
NBR – Norma Brasileira
NTPR – Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração (IPHAN/UFBA)
Org. – Organizado
p. – Página
Prop. – Proposição
rev. – Revista
RJ – Rio de Janeiro (Brasil)
Séc. – Século
Soc. – Sociedade
SP – São Paulo (Brasil)
SSA – Salvador (Brasil)
t. – Tomo
Trad. – Tradução
Transcr. – Transcrição
UFBA – Universidade Federal da Bahia
UnEB – Universidade do Estado da Bahia
v. – Verso
vol. – Volume

INTRODUÇÃO

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Desde que o homem deixou de habitar as cavernas, passou a utilizar os recursos que a natureza lhe oferecia, conforme as suas necessidades, na construção de moradias que pudessem abrigá-lo. Inicialmente, os recursos naturais eram apropriados da forma como se encontravam, e posteriormente foram por ele transformados, para aprimoramento de suas qualidades.

Os grupos humanos, inicialmente nômadas, vagavam de território em território, a depender da disponibilidade de caça, frutas e materiais dos quais pudessem se valer no cotidiano para a sua sobrevivência. A oferta de matéria-prima e os rigores do clima, aliados ao potencial inventivo de cada um desses grupos, propiciavam diversidade de utilização dos recursos disponíveis, diferenciando uma comunidade da outra.

À medida que um indivíduo de um grupo comunicava-se com o de outro, ou à proporção em que seu conhecimento ia sendo enriquecido, através da troca de experiências, maiores cuidados eram tomados com a escolha dos materiais para a construção das suas casas. A prática de vida então adquirida era transmitida às gerações futuras que, por sua vez, aperfeiçoavam o que haviam aprendido de seus antepassados em processo oral de transmissão do conhecimento.

Com o desenvolvimento da escrita, o seu saber passou, então, a ser registado em documentos de diversas espécies e em vários tipos de suporte, o que colaborava para uma difusão tecnológica maior entre os habitantes do nosso planeta e contribuía para melhorar a condição das suas fábricas, no que diz respeito a conforto e durabilidade. Casas de madeira semi-enterradas; cabanas de madeira, palha e cascas de árvores; habitações escavadas em solos de boa coesão; construções em tijolos de terra crua¹, em materiais cerâmicos, em alvenaria de pedra e cal, são alguns dos exemplos de formas encontradas pelo homem para se proteger das intempéries ao longo dos séculos. Todavia, apesar da evolução da ciência da construção, ainda hoje, em países menos desenvolvidos, é possível encontrar-se formas de habitação muito primitivas, semelhantes às que se faziam há milhares de anos passados, enquanto que, em outros, já se constrói com materiais avançados, trabalhados ou elaborados com o concurso de tecnologias cada vez mais desenvolvidas.

Nos últimos cinquenta anos, grande tem sido a ênfase dada ao estudo de materiais de construção, assim como também àqueles destinados especificamente à conservação e restauro, visto que o homem se tem preocupado com a maior durabilidade da sua obra, dedicando mais atenção à preservação do legado dos seus antepassados, o que vale dizer, à sua memória.

Mais recentemente, a preocupação com a “qualidade total” dos produtos, em geral, incluindo-se os diversos materiais de construção, já pode ser notada nas grandes metrópoles, o que tem contribuído sobremodo para a melhoria dos bens

¹ Inicialmente irregulares, depois regulares.

que são colocados à disposição dos consumidores e, como contraponto, as legislações tomaram-se mais rigorosas neste sentido. Contudo, muitos dos procedimentos relativos ao uso dos materiais de construção, empregues desde os primórdios da nossa civilização, têm sido menosprezados pelo homem do século XX, o que fica patente ao verificar-se que os cuidados dispensados ao seu preparo e/ou à sua utilização são menores do que há duzentos ou trezentos anos atrás, muitas vezes por desconhecimento das experiências dos antigos, prejudicando a qualidade da fábrica e a longevidade da obra e, no caso da conservação e do restauro, o bom resultado da intervenção.

Várias referências podem ser encontradas em antigos textos e documentos de arquivos sobre a qualidade, a forma de emprego, a durabilidade e os cuidados que deveriam ser tomados com os materiais de construção, em épocas passadas. Estas referências servem como subsídios importantes para o conhecimento que se deve ter hoje sobre o assunto, fundamental aos trabalhos de conservação e restauro, quando se faz necessário o reforço ou reintegração de antigas estruturas no mister da conservação da memória.

É consenso, entre os autores de textos de arquitectura e engenharia analisados, que ao bom arquitecto compete o domínio de várias ciências, de modo que possa, com sucesso, ter condições de especificar correctamente os materiais de construção, assim como controlar todas as actividades ligadas à execução do projecto arquitectónico. Isto se torna crucial quando se trata de um arquitecto que se dedica à conservação e ao restauro. No entanto, ainda hoje, nem sempre tal conhecimento é familiar aos profissionais da área, pelo simples facto da pouca ênfase que tem sido dada à importância do seu estudo.

Pressupõe-se que o trabalho interdisciplinar supre a necessidade de um domínio profundo das diversas ciências. Só que cabe ao arquitecto ter, pelo menos, uma certa intimidade com as diversas disciplinas do conhecimento relativo à actividade construtiva e/ou da conservação, de forma a compreendê-las, e para que possa solicitar ajuda especializada, quando necessário. Numa obra de conservação e restauro, o arquitecto deve ter – à semelhança de um maestro de orquestra, que conhece todos os instrumentos –, a preparação necessária para coordenar o trabalho de físicos, químicos, biólogos, engenheiros, geólogos, restauradores de pinturas murais e azulejos, em virtude de ser imensa a responsabilidade de quem intervém em bens culturais únicos e irrepetíveis².

De que adianta um bom restaurador de azulejos intervir num painel bastante degradado, fixando a sua camada esmaltada ou reintegrando lacunas, se o especialista não identificou o problema responsável pela sua degradação? É sua tarefa identificar, por exemplo, se a parede onde está assentado o painel está húmida por acção da capilaridade ascendente, pois se assim o for, e este problema não for sanado através de criação de mecanismos de controle de humidade, de nada adiantará a fixação do esmalte, visto que a parte esmaltada dos azulejos

² BRANDI, Cesare, *Teoría de la restauración*, trad. de María Angeles Toajas Roger, Madrid, Alianza Forma, 1996. Cap. V, p. 35.

terminará por se descolar da “chacota” pela acção da tensão de cristalização dos sais que migram através da capilaridade.

Ainda com relação à importância do trabalho interdisciplinar, o arquitecto militar português Jozé Manuel de Carvalho Negreiros (1750-1815), mencionou a grande utilidade da organização de uma viagem com pessoas de diversas especializações para o reconhecimento de uma região, ou seja, simplesmente fez alusão, metaforicamente, à importância do trabalho interdisciplinar e em equipa para se obter um resultado satisfatório. Negreiros citou, textualmente, a necessidade do domínio das ciências, e que um bom arquitecto civil deveria também conhecer a arquitectura militar. O contrário, na opinião deste autor, era igualmente verdadeiro, ou seja, o conhecimento da arquitectura civil por parte do arquitecto militar. Ambos, ainda, deveriam conhecer a prática, de modo a não se restringirem à teoria³, o que infelizmente ocorre com frequência ainda hoje⁴.

O desinteresse pela ciência, cujo conhecimento é considerado, desde Vitrúvio⁵, como fundamental para a boa prática da actividade do arquitecto, é mencionado em textos do século XVIII. Ainda hoje pode ser comprovado, à medida em que novos currículos vêm sendo implantados em escolas de arquitectura – pelo menos no Brasil –, em que fica relegada a plano secundário a preparação científica dos profissionais, pela hipertrofia do conhecimento teórico-filosófico, que muitas vezes supera até a vertente da criação. Na Universidade Federal da Bahia, por exemplo, a partir do ano de 1996, foi implantada uma nova disciplina no Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais, da Escola Politécnica, por imposição do Colegiado de Curso de Arquitectura e contra o parecer emitido pelos professores do próprio departamento. A nova disciplina é uma fusão das duas preexistentes (Materiais de Construção III e IV), e a sua criação implicou numa redução da carga horária, já bastante modesta, da ordem de 25%, com consequente retirada de alguns tópicos anteriormente abordados. Outras disciplinas de cunho científico também foram condensadas, ou desapareceram, e em seu lugar foram introduzidas novas, de cunho teórico-especulativo.

Por outro lado, certas universidades têm demonstrado, pelo menos em cursos voltados para a conservação e o restauro, que é importante o estudo de disciplinas específicas, para dar uma visão mais ampla ao profissional de arquitectura⁶, ou disciplinas que contam com a participação de especialistas de outras áreas, como

³ NEGREIROS, Jozé Manoel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fis. 63.

⁴ OLIVEIRA, Mário Mendonça de, «A prancheta, o canteiro e a durabilidade do construído», *Revista RUA*, Salvador, MAU, 1989, vol. II, n.º 3, p. 117-131. p. 121.

⁵ Marcus Lucius Vitruvius Pollio, arquitecto romano activo no século I a.C. (46-30 a.C.), autor do mais antigo tratado de arquitectura que chegou aos dias actuais: *De architectura libri decem*.

⁶ Exemplo disso é a disciplina que ensina o Prof. Lorenzo Lazzarini – Petrografia Aplicada – no curso História e Conservação dos Materiais, oferecido pela Faculdade de Arquitectura da Universidade de Veneza.

forma de demonstrar de modo prático a importância da interdisciplinaridade na conservação e no restauro⁷.

Embora Vitruvius já considerasse importante o conhecimento, por parte do arquitecto, das propriedades dos materiais de construção com os quais iam trabalhar, de modo que não fossem cometidos erros e se pudessem prover dos materiais adequados a suas construções⁸, os profissionais de hoje geralmente não se preocupam com o estudo das características daqueles materiais. Nem tampouco observam o que acontece com os mesmos ao longo do tempo, quando aplicados em determinadas situações, o que os ajudaria a evitar eventualmente em incorrer em erros banais, mesmo sem o conhecimento aprofundado das suas propriedades⁹. Na realidade, o que ocorre é que muitos estudantes e profissionais de arquitectura da actualidade passaram, como foi dito, a desprezar o carácter científico desta arte, esquecendo-se que o conhecimento da ciência dos materiais é fundamental à boa execução da obra arquitectónica. Se a nobre arte é “*utilitas*” e “*venustas*”, é primeiramente “*firmitas*”. Além do mais, por vezes a beleza da construção¹⁰ está directamente ligada à qualidade dos materiais¹¹.

No *Cours d'architecture*, da autoria do arquitecto francês François Blondel¹² (1617-1686), a necessidade do conhecimento dos materiais da fábrica era apregoada da maneira seguinte:

“Les matériaux tant ceux qui doivent servir à toute la masse, que ceux que l'on employe aux ornemens, doivent estre [sic] apropiés à l'ouvrage, de la meilleure qualité qu'ils puissent estre [sic], d'un prix raisonnable¹³ & d'un apport facile”¹⁴.

⁷ Como exemplo indica-se a disciplina Tecnologia da Conservação e do Restauro I, da grade do Mestrado em Arquitectura e Urbanismo da UFBA, coordenada pelo arquitecto restaurador, Prof. Mário Oliveira, que envolve engenheiros, químicos e geólogos.

⁸ VITRUVIO PÓLIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Agustín Blánquez, Barcelona, Ibéria, 1955. L. II, Cap. III, p. 40 – “...para que, cuando estas propiedades sean conocidas por los que quieren edificar, no cometan errores y puedan proveerse de los materiales aptos y apropiados para sus construcciones”.

⁹ O uso, em zonas expostas às intempéries, de rochas de alto custo que se degradam com relativa facilidade é um exemplo claro disto, bastante frequente nas obras actuais (il. 1).

¹⁰ “*Venustas*”.

¹¹ Se um material estiver impregnado por sais, por exemplo, não apresentará boa qualidade, e ficará com um aspecto não muito agradável quando as eflorescências aparecerem na sua superfície, manchando-a (sem contar com a eventual escamação).

¹² Nome pelo qual ficou conhecido Nicolas-François Blondel.

¹³ Além do conhecimento dos materiais de construção, antigamente, quando se construía pensando na durabilidade e solidez da obra, o seu custo também era analisado – o que hoje é praticamente desprezado por muitos arquitectos. Até os títulos de alguns tratados importantes, como o de Philibert de l'Orme – *Nouvelles inventions pour bien bastir [sic] et a petit fraiz* –, editado em 1561, reflectiam esta preocupação. Praticamente todos os outros analisados também levavam em consideração este aspecto. Infelizmente, nos dias de hoje, no Brasil, pelo menos, muitas vezes a preocupação, quando algum arquitecto constrói para a classe mais abastada, é comprar produtos de custo elevado, não importando se são de qualidade, se vão ter longa durabilidade, ou se são adequados para o fim a que se destinam.

¹⁴ BLONDEL, François, *Cours d'architecture*, Paris, N.-F. Blondel, 1698. Parte V, L. V, Cap. V, p. 737.

Após trezentos anos, entretanto, o que este autor mencionou permanece plenamente válido, apesar de muitos dos profissionais ligados à construção civil e à conservação e restauro, em todos os níveis, ainda não colocarem em prática tais preceitos¹⁵. Itens como preço e transporte, mencionados por François Blondel, ao menos no Brasil, não são levados em consideração pela maioria dos profissionais da actualidade quando da escolha dos materiais a serem adquiridos para determinada obra. Ora, estes itens são de suma importância, especialmente para os países que pretendem ajustar sua economia.

Como prova da importância que os antigos davam à boa qualidade dos materiais, o que, como foi dito, é frequentemente negligenciado nos dias de hoje, citam-se duas passagens, escolhidas ao acaso:

- a) Com relação a “*advertências para a firmeza e segurid^o das obras*”, o espanhol Tomaz Vicente Tosca¹⁶ disse o seguinte:

*“...devese tambien attender à la mayor, ò menor firmeza de los materiales por lo qual no es facil dàr regla general por la variedad de estos en diferentes paises, si que se dexa à la prudencia de los practicos, y sabios archictetos”*¹⁷.

É certo que não se pode dar regras gerais para os materiais de construção, pois realmente diferem em constituição e características de um lugar para o outro, mas se, nos dias actuais, os estudantes de certos cursos de arquitectura e muitos architectos não se interessam em conhecê-los¹⁸, e em algumas universidades o assunto tem sido relegado a segundo plano, como pode-se ter “*practicos, y sabios architectos*” que entendam da sua “*firmeza*”? Muitas das construções existentes constituem-se em provas que isto, com muita frequência, não ocorre.

- b) Com relação à solidez das construções, o português José da Costa Sequeira argumentou:

*“Nesta parte da architectura se comprehendem, a economia, e a segurança. Nenhum edificio poderá ter verdadeira solidez, sem que seja fundado em seguros alicerces, e construido com bons materiaes”*¹⁹.

Ainda hoje, infelizmente, por vezes pode ser constatado que novas construções são executadas utilizando materiais de baixa qualidade ou usados inadequadamente, daí a sua ruína prematura.

¹⁵ Muitos dos architectos contemporâneos preocupam-se cada vez mais com o desenho, em detrimento da função da obra e, pior ainda, da sua constituição. Esta maneira de pensar conduz à execução de uma obra de pouca qualidade e baixa durabilidade, que pode, muitas vezes, causar danos ao próprio utente.

¹⁶ Padre valenciano da Congregação do Oratório.

¹⁷ TOSCA, Tomaz Vicente, «Tratado de architectura civil», *Compendio mathematico*, Madrid, Antonio Marin, 1727. t. V, Trat. XIV, L. I, Cap. IX, Prop. XXXVII, p. 65.

¹⁸ Ao menos esta é a realidade no Brasil.

¹⁹ SEQUEIRA, José da Costa, *Noções theoreticas de architectura civil*, Lisboa, A. S. Coelho, 1839. p. 6 – Sublinhado não existente no texto original.

No século I a.C., época de Vitruvius, os conhecimentos científicos, por motivos óbvios, ainda não haviam atingido o mesmo patamar que no século XVIII. Assim sendo, o empirismo era a base da teorização a respeito de qualquer assunto. Este método perdurou até quando as ciências começaram a ser organizadas dentro dos fundamentos de pensadores do século XVII, em que se destaca a figura do filósofo francês René Descartes (1596-1650). No entanto, mesmo não havendo forma sistemática de avaliar as propriedades dos materiais, ao longo do texto vitruviano *De architettura*, notou-se tanto a preocupação com a sua durabilidade – que propiciaria uma maior longevidade da obra –, quanto com a beleza e a solidez da construção.

Os grandes nomes da tratadística nas áreas de arquitectura e engenharia, que viveram até ao século XVIII e falaram sobre os materiais de construção²⁰, basearam-se em Vitruvius, apesar deste autor ser, por vezes, pelo que se pode depreender dos textos analisados, motivo de controvérsias. Contudo, mesmo quando seu nome não foi explicitamente citado em alguns escritos, pôde-se perceber que os conceitos que emitiu permaneceram, até mesmo, em alguns textos que não se constituíram em tratados. Por exemplo, num documento português do século XVIII, elaborado para direccionar a extracção, comercialização e uso de madeiras no Brasil, há menção a épocas e métodos de corte, praticamente os mesmos indicados por Vitruvius²¹. O que eventualmente ocorria é que nem todas as ideias vitruvianas eram aceites, simultaneamente, por um autor, o que poderá ser constatado oportunamente.

Em virtude da grande importância dos *Dez livros*, caberiam alguns comentários gerais. O texto de Vitruvius apresenta-se subdividido em *livros*, e estes em capítulos, estrutura que nem sempre foi mantida pelos demais autores que nele se basearam. No entanto, os temas abordados são, em geral, os mesmos.

Chama-se a atenção para o facto de que a subdivisão do texto vitruviano não foi feita pelo próprio autor, mas sim pelos diversos copistas do seu manuscrito. Tem-se, dessa forma, em variadas traduções, subdivisões diversas para um mesmo *livro*, pois tais traduções foram feitas a partir de cópias diferentes do texto original. Na versão espanhola traduzida no século XX por Agustín Blánquez²², por exemplo, há uma indicação do uso de cal com azeite no *livro VIII*, capítulo VII, enquanto que na versão bilingue latim/inglês, sob a responsabilidade de Frank Granger²³, também do século XX, essa mesma informação consta do *livro VIII*, capítulo VI. Do mesmo modo, ao verificar-se, na versão traduzida por Blánquez, uma referência pertencente ao *livro V*, capítulo XIII, observou-se que tal capítulo não existe na edição bilingue supramencionada, nem na comentada pelo famoso

²⁰ Alguns textos considerados como clássicos não se referem aos materiais de construção, ou apenas lhes fazem uma rápida menção.

²¹ AHU, CA, SP, Cx. 44, Doc. 3507 cat., n.º 44. *Of. de António Manuel de Melo Castro e Mendonça para D. Rodrigo de Sousa Coutinho*, SP, 25/4/1798.

²² VITRUVIO PÓLIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Agustín Blánquez, Barcelona, Ibéria, 1955.

²³ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. II.

arquitecto francês Claude Perrault²⁴ (1613-1688), publicação importante do século XVII. Apesar de se saber que a origem destas divergências é o facto de terem sido utilizados manuscritos diferentes, deve-se levar em conta que isto colabora para o aumento dos problemas que podem ser oriundos de erros de exegese do texto.

O primeiro dos *livros* do tratado vitruviano dá uma noção dos conhecimentos que deveriam ter os arquitectos, e os demais são dedicados a outros aspectos fundamentais ao conhecimento daqueles profissionais, dentre os quais informações acerca de como se proceder a escolha do sítio ideal para a fundação de uma cidade, quais as características adequadas aos materiais de construção, como projectar construções mais sofisticadas (teatros, templos), e assim por diante. Os capítulos dedicados aos materiais, que são aqueles constantes do *livro* II, foram, obviamente, os mais analisados no âmbito desta investigação. Isto ocorreu não apenas no caso específico do texto vitruviano, mas em todos os demais consultados, embora também tenham sido consideradas outras indicações sobre o assunto investigado, eventualmente dispersas.

Destaca-se que a definição de tratado, pelo que se pôde perceber através da bibliografia consultada, é de certo modo subjectiva. Vários textos são assim consagrados, a exemplo daqueles da autoria dos arquitectos italianos Andrea Palladio (1518-1580), Pietro Cataneo (1510?-1574?), Leon Battista Alberti (1404-1472), Vincenzo Scamozzi (1552-1616), Antonio (ou Ambrogio) Averlino²⁵ (1400-1469 ou 1470). Outros, no entanto, são por vezes tidos como falsos tratados, ou considerados simplesmente como manuais técnicos e práticos²⁶, apesar da palavra tratado ter sido incluída pelos próprios autores no título de seus escritos. Até mesmo o texto vitruviano, amplamente aceite na categoria dos tratados²⁷, foi considerado como falso tratado por Françoise Choay²⁸ (séc. XX). Para Choay, e apenas para tal autora, ao que parece, o precursor dos tratados de arquitectura foi o texto da autoria de Alberti.

Françoise Choay teceu diversas considerações sobre o assunto, classificando, inclusive, os textos que considerou como tratados de arquitectura em diversas categorias. Para assim proceder, esta autora desenvolveu uma grande investigação. O texto apresentado no congresso *Les traités d'architecture de la Renaissance*, em Tours²⁹, e *A regra e o modelo* abordam o argumento. Só a edição

²⁴ VITRUVIO, *Les dix livres d'architecture de Vitruve*, tradução e comentários de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-símile, Bruxelas/Liège, Pierre Mardaga, 1979 – Ao tecer comentários sobre o manuscrito que utilizou, Perrault referiu-se às grandes dificuldades que encontrou na leitura do texto, e como as sanou. Ou seja, o próprio Perrault informou ter feito pequenas alterações na sua versão do texto.

²⁵ Autor mais conhecido como Filarete, termo grego que significa *amante da virtude*.

²⁶ CHOAY, Françoise, *A regra e o modelo*, SP, Perspectiva, 1985. Cap. I, p. 32.

²⁷ ARNAU AMO, Joaquín, *La teoría de la arquitectura en los tratados: Vitruvio*, Madrid, Teba Flores, s.d. p. 11 (preliminar) – Este autor, por exemplo, foi bastante claro quanto a este aspecto.

²⁸ CHOAY, Françoise, *A regra e o modelo*, SP, Perspectiva, 1985. p. 333.

²⁹ CHOAY, Françoise, «Le *De re aedificatoria* comme texte inaugural», *Les traités d'architecture de la Renaissance* (Actas do Colóquio de Tours, 1981), Paris, Picard, 1988, p. 83-90.

consultada deste último texto possui 333 páginas acerca do tema³⁰. Logo, não seria possível, no âmbito desta investigação, tecer tantas considerações em torno de uma definição, especialmente pelo facto do ponto de vista dessa autora destacar-se totalmente da opinião dos demais autores consultados.

O académico português Carlos Antero Ferreira³¹ (séc. XX), ao abordar especificamente o texto *Problema de architectura civil*³², do escritor e moralista português³³ Mathias Ayres Ramos da Sylva de Eça³⁴ (1705-1763), teceu outras considerações sobre *tratado*: em sua opinião, o *Problema de architectura civil* não poderia ser considerado como tal, apesar de assim enunciado na sua portada, por seu conteúdo ser muito restrito e por não obedecer aos modelos de tratado então em voga³⁵. Entretanto, ao longo deste mesmo texto de Carlos Antero Ferreira, foi feita referência a Mathias Ayres como o “*tratadista de S. Paulo*”³⁶, e acrescentou, mais adiante: “*Num estilo fluente e decidido, Matias Aires discorre ao longo do seu extenso e admirável tratado, sobre as questões que põe o bem edificar...*”³⁷.

O húngaro Gábor Hajnoczi (séc. XX), por exemplo, no já citado congresso de Tours, justificou que o texto do italiano Giovan Antonio Rusconi, apesar de apresentar a forma de um tratado, consistia simplesmente num comentário ao texto vitruviano³⁸. Contudo, Françoise Choay, que não considerou nem o texto vitruviano, nem o de Giacomo Barozzi da Vignola (1507-1573) como tratados³⁹, classificou o texto de Rusconi como tal⁴⁰.

Segundo o espanhol Joaquín Amau Amo (séc. XX), os tratados são caracterizados, principalmente, por serem eminentemente práticos, normativos, basearem-se na autoridade das obras realizadas e revestirem-se de certa cultura mítica⁴¹.

³⁰ CHOAY, Françoise, *A regra e o modelo sobre a teoria da arquitetura e do urbanismo* – Este livro já foi traduzido do francês ao menos em italiano e em português, de modo que o número de páginas pode variar, a depender da edição consultada.

³¹ Membro da Academia Nacional de Belas-Artes (Lisboa).

³² EÇA, Mathias Ayres Ramos da Silva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777.

³³ Nascido em São Paulo, Brasil.

³⁴ FERREIRA, Carlos Antero, «Mathias Aires, tratadista do *Problema de architectura civil* no séc. XVIII português», *Belas-Artes: Revista e Boletim da ANBA*, Lisboa, ANBA, 1985, 3ª série, n.º 7, p. 177-197. p. 181 – Conforme Carlos Antero, este autor consagrou-se, ao longo dos séculos, simplesmente como Mathias Ayres.

³⁵ FERREIRA, Carlos Antero, «Mathias Aires, tratadista do *Problema de architectura civil* no séc. XVIII português», *Belas-Artes: Revista e Boletim da ANBA*, Lisboa, ANBA, 1985, 3ª série, n.º 7, p. 177-197. p. 188, 190 e 186.

³⁶ FERREIRA, Carlos Antero, «Mathias Aires, tratadista do *Problema de architectura civil* no séc. XVIII português», *Belas-Artes: Revista e Boletim da ANBA*, Lisboa, ANBA, 1985, 3ª série, n.º 7, p. 177-197. p. 178.

³⁷ Sublinhado não existente no texto original.

³⁸ HAJNOCZI, Gábor, «Un traité vitruvien le *Della architettura* de Giovan Antonio Rusconi», *Les traités d'architecture de la Renaissance* (Actas do Colóquio de Tours, 1981), Paris, Picard, 1988, p. 75-81. p. 75.

³⁹ Vários textos constantes das actas do Congresso de Tours foram específicos sobre o texto de Vignola, o que não ocorreria se tal texto não fosse amplamente aceite como um tratado.

⁴⁰ CHOAY, Françoise, *A regra e o modelo*, SP, Perspectiva, 1985. p. 323.

⁴¹ ARNAU AMO, Joaquín, *La teoría de la arquitectura en los tratados: Vitruvio*, Madrid, Teba Flores, s.d. p. 12 (preliminar).

Devido a tantas controvérsias sobre o assunto, a definição de tratado não vai ser discutida com maiores detalhes. Será deixada para aqueles que quiserem se aprofundar no assunto, que inclusive entra por inúmeras questões filosóficas, como verificado ao longo da leitura de *A regra e o modelo*. O termo *tratado* foi empregue, pois, nesta tese, de forma ampla, como normalmente encontrado na bibliografia.

Com relação à estrutura dos textos consultados, alguns autores, apesar de se referirem a Vitruvius e demais tratadistas que os antecederam⁴², optaram por adoptar estruturas bastante diferentes nos seus textos: o atribuído a Michel de Fremin, por exemplo, foi escrito sob a forma de cartas⁴³; um dos códices da autoria de Negreiros foi redigido sob a forma poética de uma série de palestras, que teriam sido hipoteticamente feitas durante uma jornada de barco pelo rio Tejo, em doze dias, sendo que em cada um deles teria sido discutido um determinado assunto ligado à construção⁴⁴; o texto *Principii di architettura civile*⁴⁵, atribuído ao arquitecto e arqueólogo italiano Francesco Milizia (1725-1798), foi dividido em três tomos, conforme a tríade vitruviana “*venustas*”, “*utilitas*” e “*firmitas*”, nos quais foram abordados nomeadamente, assuntos ligados à estética, função e solidez das construções; outros textos, como os de Tomaz Vicente Tosca⁴⁶, foram redigidos como teoremas, enquanto que o de Mathias Ayres⁴⁷ e o do padre italiano da Companhia de Jesus, Federico Sanvitali⁴⁸, dentre outros, apresentam-se sob a forma de uma série de problemas e sua resolução.

Muitas das informações disponíveis sobre os materiais de construção, todavia, provêm das observações feitas por curiosos, que nem sempre eram arquitectos, engenheiros, construtores ou artistas. O romano Plínio⁴⁹, o Antigo (23-79), por exemplo, era médico e estudioso de história natural. Mesmo assim, muitas de suas constatações sobre o assunto são válidas ainda hoje, apesar das explicações para as mesmas nem sempre estarem correctas. O seu livro, que não é directamente ligado à architectura ou à engenharia, não poderia ser menosprezado ao longo desta investigação, por se tratar de fonte também citada por muitos dos seus sucessores. Apesar de conter por vezes descrições fantasiosas, como afirmou o padre Raphael Bluteau⁵⁰ (1638-1734), a *História natural* apresenta muitas informações que têm certa fundamentação prática.

⁴² É frequente, nos textos consultados, a demonstração de erudição por parte dos seus autores, o que pode ser notado através das referências feitas, que denotam o conhecimento da bibliografia que lhes precedeu. Plínio, Alberti, Philibert de l'Orme, Paládio, Cataneo, por exemplo, também foram constantemente citados por autores dos séculos XVII e XVIII, e não apenas Vitruvius.

⁴³ [FREMIN], *Mémoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702.

⁴⁴ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792.

⁴⁵ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785.

⁴⁶ TOSCA, Tomaz Vicente, *Compendio mathematico*, Madrid, Antonio Marin, 1727.

⁴⁷ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Silva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777.

⁴⁸ SANVITALI, Federico (Pe.), *Elementi di architettura civile*, Brescia, Giammaria Rizzardi, 1745 – Publicação póstuma.

⁴⁹ Caius Plinio Secundus.

⁵⁰ BLUTEAU, Raphael (Pe.), *Vocabulario Portuguez & latino*, Coimbra, Collegio das Artes da Companhia de Jesu, 1712. vol. I, fls. 3 – “*Sem os livros da sua História natural, (em que por*

Entretanto, os textos importantes na época em que foram escritos e que, nos dias actuais, são fontes riquíssimas para a pesquisa e reflexão sobre os materiais de construção, são realmente os tratados de arquitectura e engenharia militar. Abordam, dentre outros assuntos, todas as fases da obra, desde a escolha do terreno, do partido arquitectónico e dos materiais para a sua execução, até a parte orçamentária. Textos de ciências naturais e matemática, porém, são por vezes úteis para uma investigação sobre o assunto em questão.

Observou-se que certos autores de textos sobre arquitectura optaram por fazer uma síntese do que havia sido dito por outros, como o francês Charles-Antoine Jombert⁵¹ e o espanhol Benito Bails⁵², no intuito de difundir as ideias que então vigoravam. Alguns dos textos consultados, por outro lado, tratavam-se basicamente de compilações de outros que lhes antecederam, sendo que seus autores não fizeram menção alguma aos textos originais. Isto ocorreu, por exemplo, no manuscrito *Jornada pelo Tejo*, da autoria de Negreiros⁵³, que está repleto de transcrições do livro *Problema de arquitectura civil*, de Mathias Ayres⁵⁴, ambos do século XVIII.

Além de ter-se deparado, ao longo desta investigação, com a repetição de assuntos por parte de alguns autores, observaram-se dificuldades encontradas pelos tradutores, a quando da elaboração de versões de certos escritos, assim como notou-se que muitas foram as edições revisadas, ampliadas e/ou comentadas de determinadas obras. Constataram-se, por conseguinte, diferenças entre as diversas publicações de um único texto, e não se podia obviamente ler todas as edições, em todos os idiomas, que foram elaboradas até hoje. No entanto, por questões operacionais, utilizou-se mais de uma edição de alguns textos, o que se deu por diversos factores, conforme exemplificado a seguir:

- Dentre as edições diferentes do texto *De architettura*, da autoria de Vitruvius, existentes na biblioteca do NTPR, escolheu-se para consulta o texto traduzido para o espanhol por Agustín Blánquez. Entretanto, como as edições comentadas pelo nobre veneziano e célebre literato Daniel Barbaro⁵⁵, em italiano⁵⁶, e Claude Perrault⁵⁷, em francês, são muito famosas, resolveu-se igualmente utilizá-las, no intuito de verificar exactamente qual a contribuição dada pelos tradutores. Além disto, em certas circunstâncias, teve-se necessidade de conferir algumas informações no texto “*original*” do romano, em

falta de relações certas, misturou muita falsidade) não poderíamos falar latim em muitas materias...”

⁵¹ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Charles-Antoine Jombert, 1764.

⁵² BAILS, Benito, *De la arquitectura* (1796), fac-simile, Murcia, Col. Of. de Aparejadores y Arq. Tecnicos, 1983.

⁵³ NEGREIROS, Jozé Manoel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792.

⁵⁴ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Silva de, *Problema de arquitectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777 – Como este autor não era nem arquitecto, nem engenheiro, é possível, inclusivamente, que as ideias expressas no seu livro e transcritas por Negreiros, nem tenham sido realmente de sua autoria.

⁵⁵ Danielle Barbaro.

⁵⁶ VITRUVIO POLLIO, *De architettura*, trad. e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556 – Livro pertencente aos reservados da BNL.

⁵⁷ VITRUVIO, *Les dix livres d'architecture de Vitruve*, trad. e comentários de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-simile, Bruxelas/Liège, Pierre Mardaga, 1979.

latim⁵⁸, assim como as versões disponíveis em inglês, para que se pudesse tentar dirimir algumas dúvidas existentes. Exemplo muito claro disso pode ser encontrado no capítulo referente a argamassas, para esclarecer qual o tipo de cal empregue com azeite: na versão espanhola, traduzida por Blánquez, não está especificado se seria cal viva ou cal extinta, mas na versão inglesa consultada, tem-se o termo “*quicklime*” (cal viva). Como essa edição é bilingue (inglês/latim), recorreu-se à versão latina, tendo-se verificado, então, que o termo utilizado foi “*calce viva*”⁵⁹, o que confere com a tradução. Ressalva-se, porém, que nem todas as versões traduzidas foram consultadas na redacção de cada capítulo, pois o objectivo principal da investigação não era discutir os problemas existentes ou fazer uma exegese do texto vitruviano, pois se esse fosse o interesse básico ao abordar-se o tema, seguramente outras versões teriam que ser consultadas, inclusivamente em outros idiomas, assim como também teriam que ser consultados os demais manuscritos existentes e outros textos de autores que já estudaram filologicamente tal tratado⁶⁰, e apenas isso forneceria material suficiente para uma tese;

- A primeira edição do texto do pintor e arquitecto italiano Gioseffe Viola Zanini (Ca. 1599-1631) encontrada durante esta investigação pertence ao acervo da Biblioteca do Palácio Nacional de Maфра, onde não há serviço de reprodução. Parte do livro foi anotada, mas optou-se por fazer um microfilme do texto em outra biblioteca, o que foi conseguido na Biblioteca Marciana, de Veneza. Apesar de ambas as publicações serem em italiano, as edições são diferentes, e apresentam pequenas variações entre si⁶¹;
- Descobriu-se, após o início do estudo do texto *Des principes de l'architecture*, do arquitecto e historiógrafo francês André Félibien des Avaux⁶² (1619-1695), uma outra edição, em melhor estado de conservação e em formato mais compacto do que a primeira consultada, o que veio a facilitar o manuseio, a leitura e a reprodução do texto. Assim sendo, há citações de duas edições diferentes⁶³;
- Foram encontrados vários livros de interesse para a pesquisa na Biblioteca do *Kunsthistorisches Institut*, de Florença, porém lá também não existem meios de reprodução disponíveis aos utentes, e não se teve condições de anotar na

⁵⁸ No caso, o Manuscrito Harleiano 2767, que se encontra transcrito na publicação bilingue latim/inglês VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. 2 vol.

⁵⁹ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. II, L. VIII, Cap. VI, p. 186/187 – “...*coagmenta autem eorum calce viva ex oleo subacta sunt inlinienda*” (sublinhado não existente no texto original).

⁶⁰ Até mesmo textos como o de Cesare Cesariano, do Quatrocentos.

⁶¹ ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, Pádua, Francesco Bolsetta, 1629 // ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, 2ª impr., Pádua, Giacomo Cadorino, 1677.

⁶² Conhecido, geralmente, apenas como André Félibien.

⁶³ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 2ª ed., Paris, la Veuve de Jean Baptiste Coignard et Jean Baptiste Coignard Fils, 1690 // FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve et Jean Baptiste Coignard, Fils, 1699.

íntegra o *Manuale d'architettura*, de Giovanni Branca⁶⁴ (1571-1640). Descobriu-se, posteriormente, na Biblioteca Nacional de Madrid, outra versão do mesmo texto, desta feita em espanhol⁶⁵, e conseguiu-se reproduzi-la, o que foi feito a partir do ponto em que se tinha parado na Itália. Algumas citações são, pois, em italiano, e outras, em espanhol.

DELIMITAÇÃO TEMÁTICA

Alguns estudos sobre a história dos materiais de construção já foram feitos por especialistas de diversas áreas em várias regiões do mundo, porém não se tem conhecimento de nenhum específico que buscasse verificar o que a maioria dos nossos antepassados pensavam acerca dos mesmos, comparando as informações colectadas com os conhecimentos da actualidade.

Este texto procura investigar, sob a óptica da ciência contemporânea, o que se pensava dos materiais de construção ao longo dos séculos, começando a partir da opinião de Vitruvius, e é exactamente isto o que caracteriza a originalidade do tema.

A investigação que se conhece e mais se assemelha ao que ora se propõe foi aquela desenvolvida por Claudio Montagni (séc. XX), só que especificamente para a região da Ligúria (Itália), e comentando apenas os aspectos do tratado de Vitruvius⁶⁶. Esse autor, por outro lado, destacou que, principalmente no caso dos profissionais da actualidade voltados para a conservação e restauro de monumentos, é importante o conhecimento do saber dos nossos antepassados, de modo a recuperar-se a tradição perdida. Fez, ainda, uma recomendação que reforça a necessidade de investigações mais aprofundadas de tais conhecimentos, assim como assinalou que os mesmos devem ser transmitidos, sempre que possível, àqueles envolvidos em actividades no âmbito da conservação e do restauro⁶⁷. Sua opinião reforça, pois, a importância de novas investigações acerca destes aspectos, e da sua divulgação.

Outros autores também estudaram especificamente o legado vitruviano, porém prenderam-se a aspectos teóricos, a exemplo do suíço Georg Germann⁶⁸ e do espanhol José Luis González Moreno-Navarro⁶⁹, ambos do século XX, sem falar do já citado Joaquín Arnau. Já o italiano Umberto Menicali⁷⁰, outro autor contemporâneo, em seu livro *I materiali dell'edilizia storica*, ao fazer referência aos

⁶⁴ BRANCA, Giovanni, *Manuale d'architettura*, comentários e acrescentos de Giovanni Soli, 5ª ed., Modena, Soc. Tipografica, 1789.

⁶⁵ BRANCA, Juan, *Manual de arquitectura*, trad., comentários e acrescentos de D. Manuel Hijosa, [6ª ed.], Madrid, Viuda de D. Joachin Ibarra, 1790.

⁶⁶ MONTAGNI, Claudio, *Costruire in Liguria*, Genova, Sagep, 1990.

⁶⁷ MONTAGNI, Claudio, *Costruire in Liguria*, Genova, Sagep, 1990. p. 248.

⁶⁸ GERMANN, Georg, *Vitruve et le vitruvianisme*, trad. de Michèle Zaugg e Jacques Gluber, Col. Architecture, Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1991.

⁶⁹ MORENO-NAVARRO, José Luis González, *El legado oculto de Vitruvio*, Madrid, Alianza Forma, 1993.

⁷⁰ MENICALI, Umberto, *I materiali dell'edilizia storica*, vol. III, Roma, La Nuova Italia Scientifica, 1992.

materiais de construção antigos, por vezes fez comentários à luz da ciência contemporânea. Entretanto, como esta publicação consiste num manual de cunho prático, o texto é relativamente sintético. Além do mais, os assuntos são mencionados de maneira geral, e foram poucos os autores anteriores ao século XVIII consultados. Menicali utilizou, sim, uma ampla bibliografia do início do século XX.

Como o universo dos materiais de construção tradicionais⁷¹ usados ao longo dos séculos é muito amplo⁷², teve-se que optar pela delimitação do argumento. Pensou-se, inicialmente, em estudar apenas o legado documental europeu dos séculos XVII e XVIII, em virtude da grande proliferação de textos naquele período, ocasião em que houve um grande impulso nas ciências, o surgimento do pensamento cartesiano e das enciclopédias. É da mesma época, por exemplo, o desenvolvimento da geologia, da mineralogia e da petrologia, e também o início das grandes expedições naturalistas patrocinadas por reinos já consolidados, como o português, às regiões do globo pouco conhecidas⁷³.

O avanço dos conhecimentos nos séculos XVII e XVIII permitiu, pois, muitas observações sistemáticas das características dos materiais de construção⁷⁴, porém o desconhecimento de determinados aspectos importantes da ciência levou a considerações hoje tidas como absurdas.

De acordo com R. Forbes e E. Dijksterhuis⁷⁵ (séc. XX), uma das razões que conduzia os estudiosos de épocas remotas a emitir várias destas “*considerações absurdas*” era o facto de tais estudiosos julgarem que a natureza já estava perfeitamente explicada e, por conseguinte, não se preocupavam em mudar conceitos antigos. Pelo contrário, partiam do princípio de que eram verdadeiros, e como não havia forma de os explicar, nada se podia fazer senão aceitá-los.

Como exemplificação dos “*absurdos*” encontrados na bibliografia consultada, tem-se o seguinte: Belidor, ao mencionar que os raios húmidos da Lua “*comiam*” as pedras na Terra, comentou que, em sendo a Terra uma grande lua, havia “*revanche*” da Terra sobre as rochas da Lua⁷⁶; o mesmo autor também afirmou que a água continha ar na sua composição, daí a libertação de bolhas por ocasião da

⁷¹ Considerados por alguns autores como materiais clássicos.

⁷² Destaca-se, entretanto, que nem todos os materiais tradicionais foram abordados por todos os autores consultados.

⁷³ Portugal enviava às suas colónias, principalmente ao Brasil, a maior delas, várias equipas interdisciplinares que se encarregavam de catalogar e estudar as novas descobertas efectuadas, tanto do Reino Animal, quanto do Vegetal e do Mineral.

⁷⁴ No desenrolar deste texto, por exemplo, serão tecidos comentários acerca das experiências desenvolvidas pelo engenheiro militar catalão Bernard Forest de Belidor (1697 ou 1698-1761), pelos militares portugueses Theodósio da Sylva Reboxo (1726-1793) e Bartholomeu da Costa (1731-1801). Algumas experiências sobre ligas metálicas foram também descobertas ao longo da investigação, porém não serão discutidas especificamente neste texto. A exemplo, citam-se aquelas realizadas pelo oficial engenheiro italiano contratado pelo Exército Português, Carlo Antonio Maria Galleani Napione di Coconato (1758-1814), ou Carlos António Napion, como era mais conhecido em Portugal.

⁷⁵ FORBES, R., DIJKSTERHUIS, E., *A história das ciências*, Lisboa, Ulisseia, 1963. vol. I, p. 132.

⁷⁶ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. I, p. 2/3.



fervura do líquido. Disse, igualmente, acreditar que uma agulha poderia flutuar na água exactamente por causa do ar nela presente⁷⁷, o que hoje se sabe ser devido à tensão superficial apresentada pelo líquido. “Absurdos” também podem ser constatados em outros textos, a exemplo de *Jornada pelo Tejo*⁷⁸ e *Problema de architectura civil*⁷⁹.

Será que por estas “falsidades” ou pelos “erros” encontrados deve-se desprezar integralmente os textos dos autores antigos? Quem sabe se, daqui a dois séculos, alguma informação emitida, nos dias de hoje, como verdade absoluta, também não virá a ser objecto de perplexidade por parte das pessoas de então? Será que toda a cultura do século XX, somente por esta razão, não servirá? Claro que não. Todo período apresenta uma limitação cultural-tecnológica inerente, mas o que nele se desenvolve é fundamental aos avanços que se darão no futuro.

A partir do início do século XVIII, no entanto, alguns estudiosos já se reportavam a certas informações dadas por autores que os haviam antecedido como sendo fantasiosas. Raphael Bluteau, por exemplo, disse que Andrea Palladio falava “com bastante propriedade, porem as vezes deixa cahir huns barbarismos propios da rudeza do tempo, em que vivia”⁸⁰; com relação a Plínio, informou que na sua *História natural* “por falta de relações certas, misturou muita falsidade”⁸¹. Seguramente, qualquer estudioso do século XX, ao ler alguns trechos desse último texto, vai ser de idêntica opinião. Por exemplo, que Doxio “filho do céu” foi o inventor da construção em terra, que o cobre foi “inventado” por Cinira; e que os *ciclopes* foram os primeiros a trabalhar o ferro⁸².

O objectivo desta reflexão é verificar, e tentar entender, o que pensavam os antigos sobre os materiais de construção, à luz da ciência contemporânea, e averiguar o que havia de verdadeiro em seus pensamentos, pelo que se acredita hoje em dia, assim como também constatar quais as informações correctas contidas nos documentos estudados que foram negligenciadas pelos profissionais contemporâneos.

Ao proceder-se à leitura dos textos do período referentes à construção, constatou-se que muitos deles repetiram simplesmente os ensinamentos de Vitruvius. Como desde o aparecimento desse tratado, até ao século XVI, poucos são os textos importantes dos quais se tem notícias quando o assunto versa

⁷⁷ BELIDOR, Bernard Forest de, *Architecture hydraulique*, Paris, Claude Jombert Jeune, 1782-1790. Parte I, t. I, L. II, Cap. I, p. 26 – E se a água continuasse a ferver até acabar? Talvez ele concluísse que água e ar eram sinónimos...

⁷⁸ NEGREIROS, Jozé Manoel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792 – Areia surgindo de água; água contendo um glúten que fazia com que um pano endurecesse ao secar...

⁷⁹ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777 – Geração espontânea de sapos a partir de uma trovoada muito forte e repentina que caísse num terreno de barro muito seco.

⁸⁰ BLUTEAU, Raphael, «Summaria noticia dos antigos autores latinos», *Vocabulario Portuguez & latino*, Coimbra, Collegio das Artes da Companhia de Jesu, 1712. vol. I, fls. 3.

⁸¹ BLUTEAU, Raphael, «Summaria noticia dos antigos autores latinos», *Vocabulario Portuguez & latino*, Coimbra, Collegio das Artes da Companhia de Jesu, 1712. t. I, fls. 3v.

⁸² PLINIO, o Antigo, *Historia natural de los animales*, trad. de Geronimo de Huerta, Madrid, Luys San, 1599. L. VII, p. 124/125.

especificamente sobre materiais de construção⁸³, optou-se por iniciar as considerações sobre o tema com o texto de Vitruvius, percorrer o máximo de documentação possível até ao Setecentos, com ênfase nos dois últimos séculos, e comentá-la, procurando ratificar, rectificar, ou evidenciar as dúvidas que até hoje permanecem, quando for o caso, com base em textos recentes ou em resultados de ensaios de laboratório.

O século XVIII foi um período de grande difusão de ideias, tanto por causa do surgimento dos enciclopedistas, liderados pelos filósofos franceses Denis Diderot (1713-1784) e Jean le Roud d'Alembert⁸⁴ (1717-1783), assim como pelo aparecimento das diversas academias de ciências da Europa que, com publicações, espalhavam seu conhecimento pelo mundo. A engenharia militar, que então abrangia aspectos hoje englobados pela engenharia civil e pela arquitectura, também adquiriu bastante evolução na época.

A exclusão do século XIX do universo desta investigação deveu-se à proliferação então ocorrida de documentos no ramo da construção, por causa da grande evolução dos conhecimentos científicos. Inclusivamente, naquela época foi descoberto o cimento tipo Portland, material deveras complexo, cuja análise requer inúmeros ensaios químicos e físicos de caracterização. Além do mais, o cimento tipo Portland não pode ser considerado como um material de construção tradicional, já que seu uso é relativamente recente, razão mais forte ainda para que não fosse analisado neste trabalho. Entretanto, foram feitas algumas referências a autores ou documentos deste período, os quais foram julgados importantes, no que diz respeito ao tema em questão.

Definido o limite temporal da abordagem, havia ainda necessidade de delimitar-se a investigação cultural e geograficamente, o que foi feito com base nas seguintes considerações:

- O legado italiano tinha que ser estudado, pois os já mencionados autores que se destacavam no período que vai até ao século XVI têm basicamente origem italiana, e esta cultura teve grande influência em todos os aspectos ligados à arquitectura e engenharia no mundo ocidental. Além do mais, pode-se dizer que Vitruvius também era italiano;
- O tema deveria enfatizar os materiais de construção utilizados em Portugal e no Brasil, pois esta investigação foi feita para uma universidade portuguesa por um docente de uma universidade brasileira, a Universidade Federal da Bahia, e além do mais, Brasil e Portugal têm as mesmas raízes culturais;
- Como a França também teve grande influência na cultura do mundo ocidental, os textos de origem francesa foram igualmente estudados;
- Alguns autores antigos espanhóis são também citados, não apenas devido à vizinhança de Portugal, mas porque, durante sessenta anos (1580-1640), época

⁸³ Plínio, Faventino, Palladio Rutilius, Alberti, Cataneo, Francesco di Giorgio Martini e Andrea Palladio são os autores do período que se destacam.

⁸⁴ D'Alembert era também matemático.

da dominação filipina, Portugal e, conseqüentemente, o Brasil permaneceram sob o domínio da Coroa Espanhola;

- Não se cogitou, por outro lado, em estudar o legado dos mouros à cultura portuguesa, pois ter-se-ia que entrar numa nova e ampla seara, inclusive linguística;
- A herança da população autóctone brasileira também não foi estudada, pois suas habitações eram bastante primitivas quando os portugueses iniciaram a colonização do Novo Mundo, há praticamente quinhentos anos, e a tecnologia por ela adoptada não oferecia muitos elementos que tivessem sido apropriados pelos europeus, ou mesmo pelos brasileiros, de forma que não se poderia comparar o que era feito na época com o que é realizado nos dias actuais. Além do mais, o assunto não é abordado nos textos do período definido.

Quanto à escolha dos materiais de construção tradicionais que deveriam compor o universo da investigação, a própria bibliografia levantada auxiliou na sua delimitação: terra crua, materiais cerâmicos, rochas, argamassas, cal, areia e madeira. Outros ingredientes das argamassas (pozolana, pó cerâmico, terraços fluviais do Baixo Reno, cinzas de Tournai), mencionados com relativa frequência, também foram discutidos. Optou-se por não estudar vidros, metais e outros materiais de construção que podiam ter sido incluídos na investigação, pelo facto de Vitruvius não ter falado sobre o assunto.

Quanto à ordem adoptada para se descrever os diversos materiais, poderia seguramente ser outra, mas optou-se por esta por, pessoalmente, acreditar ser mais lógica. Alguns estudiosos poderiam, por exemplo, questionar o porquê dos materiais cerâmicos terem sido discutidos antes das rochas, ou que o capítulo sobre as argamassas poderia ficar antes daquele de materiais cerâmicos, pois, pelo menos, as argamassas usadas na união de adobe a eles antecederam. Ou ainda que as rochas poderiam ter sido discutidas no capítulo I, visto que as cavernas passaram a ser usadas antes dos adobes. Fica, realmente, difícil definir uma ordem fixa, imutável, de discussão dos materiais de construção, de modo que se teve que optar por uma.

Eventualmente, são encontrados, neste texto, citações ou comentários de autores de períodos teoricamente não compreendidos no universo da investigação. Por exemplo, no capítulo relativo a rochas há uma referência que remonta ao século IV a.C., assim como também, em outros capítulos, estão presentes informações dadas por autores do século XIX, invocados para justificar a argumentação principal. Obviamente, não são muitas estas referências, assim como o enfoque que lhes foi dado não foi, como não deveria ser, muito profundo.

Quanto à natureza dos textos, a bibliografia pesquisada é praticamente composta por fontes secundárias, porém não foram desprezadas certas fontes primárias achadas em alguns dos arquivos e bibliotecas, dentre os quarenta que foram visitados, em seis países diferentes⁸⁵. Dentre tais fontes, merece destaque,

⁸⁵ Foram consultados arquivos e bibliotecas nos seguintes países: Portugal, Itália, França, Espanha, Alemanha e Brasil.

além dos códices já mencionados e de outros também consultados, pela excepcionalidade do seu carácter e ineditismo, a tabela com os resultados dos ensaios efectuados na Bahia pelo coronel português de Artilharia de Gôa, Theodósio da Sylva Reboxo, em finais do século XVIII, assim como a relação das observações feitas a respeito do rompimento de cada uma das cento e vinte e três peças de madeira verificadas na ocasião⁸⁶.

Em síntese, o universo da investigação consiste prioritariamente em textos italianos, franceses, portugueses, espanhóis e brasileiros, escritos entre o século I a.C. e o século XVIII⁸⁷, com ênfase nos últimos duzentos anos, que enfocaram aspectos relativos a solo como material de construção (terra crua e materiais cerâmicos), rochas, argamassas e alguns dos seus componentes (cal, areia, pozolana, pó cerâmico, terraços fluviais do Baixo Reno e cinzas de Tournai) e madeira.

METODOLOGIA UTILIZADA

Obviamente, não se pretendeu exaurir a totalidade dos documentos que contém informações sobre os materiais de construção escritos no período. Foram tantos os textos escritos ao longo dos séculos que não se poderia ter essa pretensão.

A ideia foi verificar o que os autores mais conhecidos (com uma amostragem dos demais) diziam sobre os ditos materiais. Contudo, apesar do período estudado ir até ao século XVIII, repete-se que não foram desprezados alguns autores do século XIX, já que em seus textos foram encontrados, eventualmente, elementos úteis que se julgou interessante aproveitar, como, por exemplo, históricos sobre materiais de construção ou resultados de ensaios de caracterização feitos em amostras provenientes de antigos monumentos e outros subsídios.

A bibliografia foi seleccionada dentre as fontes impressas. No entanto, sabendo-se da importância dos manuscritos referentes ao Brasil existentes nos Arquivos Históricos Ultramarino e Militar, assim como na Torre do Tombo, de Lisboa, dedicou-se parte do tempo da investigação na busca de fontes primárias, ali encontradas sob a forma de cartas, regimentos, códices, iconografias. Nas bibliotecas Nacional, da Ajuda e da Academia Nacional de Belas-Artes, todas igualmente em Lisboa, também se conseguiu encontrar códices importantes.

Além de textos de arquitectura e engenharia, básicos para a investigação, foi necessário consultar outros sobre temas diversos: história natural, agricultura,

⁸⁶ AHM, 2ª Div., 1ª secção, Cx. 1, P.º 26. *Mappa da experienciaz das madr.ª q' fêz nesta Cid.ª da B.ª o Coronel d'Artr.ª de Gôa Theodozio da S.ª Raboxo* [sic], 1779/1780. Copista: Joze Gonçalves Galiano (tabela dos ensaios, assembleia que os presenciou, observações) // AHU, CA, Bahia, Doc. n.º 10529/30, 1780. *Mappa da experienciaz das madr.ª q' fêz nesta Cid.ª da B.ª o Coronel d'Artr.ª de Gôa Theodozio da S.ª Raboxo* [sic]. Copista: Joze Gonçalves Galiano (não contém o texto correspondente às observações) // SANTIAGO, Cybèle Celestino, MIRANDA, Murilo Alves «Caracterização de madeiras brasileiras: estudo de caso do século XVIII», *Actas do VI EBRAMEM*, Florianópolis, UFSC, 1998, p. 77-89. p. 85/86.

⁸⁷ Ou publicações actuais, mas que consistem em reedições ou novas traduções de textos antigos, nestes idiomas ou em inglês.

botânica, matemática, física, química, hidráulica, história das ciências e, até mesmo, alquimia⁸⁸. Tal deveu-se à natureza dos materiais de construção estudados, assim como às diversas referências que foram encontradas na bibliografia. Enveredou-se, por esta razão, por outros campos da ciência.

Buscou-se, pois, o auxílio de textos sobre alquimia⁸⁹ e química antigos⁹⁰, no sentido de tentar encontrar uma lógica nas explicações da constituição destes materiais levando-se em conta os quatro elementos, apesar da maioria dos especialistas contemporâneos consultados considerar que tudo mencionado pelo mestre romano neste sentido era pura fantasia, e que não merecia atenção. Textos actuais de petrografia também foram verificados, sem sucesso, para ver se haveria forma de correlacionar as características das rochas com o que Vitruvius e outros autores antigos diziam.

Em virtude da interdisciplinaridade do argumento, na elaboração desta tese, além da leitura de textos de diversas áreas, foram consultados especialistas diversos, como geólogos, biólogos, físicos, químicos, engenheiros civis e de minas, arquitectos restauradores, dentre outros.

Com relação ao tipo de documentação impressa utilizada, destaca-se o seguinte:

- Inicialmente, foram levantadas as obras tidas como clássicas pelos historiadores de arquitectura. Nessa fase foram consultados, por exemplo, além do tratado de Vitruvius, os dos italianos Andrea Palladio, Pietro Cataneo, Leon Battista Alberti, Francesco di Giorgio Martini (1439-1501 ou 1502) e o do francês Philibert de l'Orme (1510-1570), todos anteriores ao século XVII;
- Foram também consultados manuais e livros-textos para cursos específicos de arquitectura, como os de André Félibien⁹¹, Augustin Charles d'Aviler⁹² (1653-1700), Jacques-François Blondel⁹³ (1705-1777), ou textos de arquitectura militar, a maioria destes do século XVIII. Além destes, alguns dos livros antigos verificados foram livros técnicos, a exemplo daquele da autoria do mineralogista francês Jean-Baptiste de Romé de l'Isle⁹⁴ (1736-1790).

⁸⁸ Porque, para Vitruvius, as propriedades das rochas, madeiras e argamassas eram justificadas pela sua constituição com base nos quatro elementos – água, terra, fogo e ar. Comentários específicos sobre o assunto serão tecidos nos capítulos pertinentes.

⁸⁹ Usou-se o texto antigo da autoria de Agrippa (AGRIPPA, Henr. Com., *La philosophie occulte*, Haia, R. Chr. Alberts, 1727), e outros contemporâneos.

⁹⁰ O "Abbé" Pará e o químico e farmacêutico francês, membro da Academia de Ciências, Antoine Baumé (1728-1804), por exemplo, foram alguns dos autores consultados.

⁹¹ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 2ª ed., Paris, la Veuve de Jean Baptiste Coignard et Jean Baptiste Coignard Fils, 1690 // FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve et Jean Baptiste Coignard, Fils, 1699.

⁹² Ou Daviler, como frequentemente encontra-se escrito. Arquitecto do rei da França, traduziu o livro de Scamozzi. Escreveu um texto intitulado *Cours d'architecture*, publicado em Amsterdão, no século XVII. Tal texto foi composto em dois tomos, sendo o segundo um dicionário de termos arquitectónicos.

⁹³ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1771-1777. 9 volumes.

⁹⁴ DE ROMÉ DE L'ISLE, Jean-Baptiste, *Cristallographie*, 2ª ed., Paris, L'Imprimerie de Monsieur, 1783.

Não se desprezou, pois, nenhum tipo de documento, quer impresso, quer manuscrito, tendo em vista a importância do registo das práticas de outrora concernentes à construção em geral: tratados antigos, textos de viajantes – outra forma comumente encontrada de documentação –, cartas, livros técnicos ou outros documentos de carácter diverso⁹⁵.

Como muitos dos autores consultados se repetem, resolveu-se, nesta tese, nem sempre explicitar a opinião de todos, de modo que o texto não se tornasse igualmente repetitivo, e monótono. Alguns exemplos dessas repetições, entretanto, são indicados esporadicamente.

Destaca-se, entretanto, a título de curiosidade, que nos textos estudados são encontradas, por vezes, referências não só a um material isoladamente, mas a materiais combinados, e a diversas medidas específicas que poderiam ser tomadas para aumentar a sua durabilidade, após empregues na construção.

Com relação às citações, adoptou-se a seguinte metodologia, por ocasião da transcrição dos trechos escolhidos, tendo por base o trabalho feito por outros investigadores:

- As citações foram reproduzidas no idioma em que foram encontradas⁹⁶;
- Optou-se pela adaptação de algumas letras por ocasião da transcrição de certos textos, como foi, por exemplo, o caso da letra *s*, que até ao século XVIII era representada de três formas diferentes, do *q*, quando se apresentava com um traço por cima, e do *v*, quando era representado como *u*. Usou-se, nomeadamente, *s*, *q'* e *v* em todas as situações, no intuito de facilitar a leitura das diversas passagens;
- As letras maiúsculas encontradas no meio de diversas frases, em substantivos comuns, ou as minúsculas, no início de frases, foram mudadas, seguindo-se a norma de redacção corrente;
- A pontuação antiga foi mantida;
- Algumas palavras que se encontravam unidas a outras nos manuscritos foram separadas, já que isto dificultaria a leitura;
- Os nomes próprios dos autores foram escritos conforme a grafia encontrada nos textos, com raras excepções⁹⁷. Assim procedendo, facilita-se a consulta, por parte de terceiros, principalmente quando da utilização do computador. Além do mais, mantendo-se os nomes como indicado, não se perde o carácter

⁹⁵ Regimentos, ofícios. Até mesmo em alguns textos amplamente conhecidos, como a Bíblia Sagrada e as Histórias de Heródoto, apesar de não serem específicos sobre o assunto, são encontradas informações acerca de materiais de construção.

⁹⁶ Como um dos problemas verificados ao longo desta investigação foi exactamente a divergência entre as traduções de um mesmo texto, ou mesmo erros nelas presentes, optou-se por permitir aos leitores verificarem por si mesmos se as considerações emitidas acerca de determinados pontos, nesta tese, procediam, ou não, fornecendo-lhes a transcrição literal do texto consultado.

⁹⁷ No caso de autores muito conhecidos, como Vitruvius, Varrão, Catão, Plínio, por exemplo, cujas versões aporuguesadas dos nomes já são consagradas.

de identidade/nacionalidade do autor, e não se corre o risco de eventualmente escrever errado o nome de uma pessoa ainda viva;

- Os nomes das cidades onde foram publicados os textos foram traduzidos, em sua maioria, para o português, ou actualizada a grafia. Isto porque não há implicação directa na identificação das publicações.

Ainda, no que diz respeito ao desenvolvimento desta tese, foi seguida uma ordem cronológica, por assunto, dentro de cada capítulo⁹⁸. Porém também foram incluídas referências a informações de épocas anteriores ou posteriores à mencionada, conforme necessário.

Para se discorrer sobre a qualidade dos materiais de construção, é importante que sejam considerados resultados de ensaios efectuados nos mesmos. Como os materiais ora tratados são muitos, e os ensaios actualmente existentes também, optou-se, em certos casos, pela realização de algumas experiências que pudessem ilustrar a investigação. Em outros, pela utilização de dados de ensaios executados por outros investigadores, colhidos na bibliografia consultada.

Não há, ainda hoje, uniformização dos procedimentos laboratoriais referentes aos materiais de construção, apesar da questão ter sido levantada há mais de cem anos⁹⁹.

Num documento datado de 1896, cujo original se encontra no GEHAFOM, há informações sobre a realização do congresso internacional em Zurique, no ano precedente, para a unificação dos ensaios de materiais de construção. Na ocasião, foi criada uma grande associação internacional presidida pelo Prof. Tetmajer, da Escola Polythecnica daquela cidade, com tal finalidade, já que o assunto era considerado como de fundamental importância para a ciência dos engenheiros, conforme pode ser verificado na seguinte citação:

“O estudo das qualidades físicas, químicas e mecânicas dos materiais de construção tem adquirido nos últimos anos e nos países mais orientados o maior desenvolvimento, precisão e orientação prática; e grandes têm sido os esforços empregados para o estabelecimento da unificação dos processos de ensaio, havendo-se para este fim celebrado em Alemanha vários congressos, e estabelecido em França uma grande comissão de técnicos”¹⁰⁰.

Infelizmente, não se conseguiu até hoje a unificação almejada na ocasião. Isto pode ser sentido no que diz respeito a vários materiais, como por exemplo,

⁹⁸ Por esta razão, os nomes dos autores consultados são repetidos com frequência, ao longo de todo o texto. A única maneira de evitar isto seria fazer uma síntese do pensamento de cada autor sobre todos os materiais de uma só vez, o que complicaria sobremaneira a compreensão do texto.

⁹⁹ CASTANHEIRA DAS NEVES, J. da P., «O quinto congresso internacional para a unificação dos métodos de ensaio dos materiais de construção», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Nov./Dez. 1895, t. XXV, n.º 311 e 312, Secção doutrinal, p. 563-574 – Os outros quatro congressos que precederam o de Zurique ocorreram em: Munique (1885), Dresda (1886), Berlim (1890) e Viena (1893).

¹⁰⁰ GEHAFOM, Doc. n.º 1084, estante 3, Prat. III, Pasta 84. fls. 1.

diferenças entre formas e tamanhos de corpos de prova de solo e diferenças entre peneiras para a realização de ensaios¹⁰¹.

Actualmente, os países integrantes da UE estão a tentar atingir este objectivo, e os do Mercosul¹⁰², também, embora muito pouco resultado tenha sido obtido até então¹⁰³. Mais fácil teria sido seguir as recomendações desde os tempos em que a preocupação com a ciência de materiais foi surgindo, mas, como diz o velho ditado, “antes tarde do que nunca”. Já são encontradas em circulação, em grandes laboratórios europeus¹⁰⁴, algumas propostas de normas já unificadas com relação ao controle da produção e realização de certos ensaios de materiais de construção, e/ou normas ligadas à conservação e ao restauro dos diversos materiais.

Considerando-se, pois, a falta de uniformização das normas de ensaios, e pelo facto dos mesmos terem sido realizados no Brasil, foram geralmente adoptadas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Todavia, nem sempre os equipamentos especificados em norma estavam disponíveis, de forma que foram feitas algumas adequações, como por exemplo no caso em que se desejava avaliar o tempo de extinção das cais preparadas no Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração.

Além deste ensaio, foram feitos outros de caracterização de cais e de verificação do comportamento de algumas argamassas. No caso das madeiras, não foram efectuados ensaios laboratoriais, mas sim cálculos com medidas e fórmulas actuais, comparando os resultados obtidos com dados disponíveis na bibliografia.

Para finalizar, informa-se que, como o objectivo desta investigação não é descrever e analisar técnicas construtivas antigas, mas, sim, os materiais de construção (sob diversos aspectos), esse assunto só foi abordado quando imprescindível: no caso do estudo da *terra crua*, por exemplo.

¹⁰¹ OLIVEIRA, Mário M. de, SANTIAGO, Cybèle C., «Comportamento de alguns solos tropicais estabilizados com cal», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 404-409. p. 405.

¹⁰² Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai.

¹⁰³ Existem vários comités nos diversos países, alguns em carácter nacional, outros que apresentam componentes dos vários países-membros, de modo a conseguir-se a uniformização das normas existentes.

¹⁰⁴ Como exemplo cita-se o LNEC e o *Centro Gino Bozza* (CNR) de Milão.

1 – TERRA CRUA

1.1 – GENERALIDADES

Tem-se consciência que muitos profissionais – principalmente aqueles que não trabalham com habitações, mas com geotecnia – discordam da utilização da denominação *terra crua*, ao mencionar-se como material construtivo o solo não submetido a processo de cocção. Tais profissionais alegam que toda terra é crua e, como tal, pleonástico o uso da expressão. Mas, para que, então, serviria o termo “*terracota*”¹⁰⁵? Optou-se, desta maneira, pela adopção da terminologia “*terra crua*”, seguindo-se o exemplo de vários autores acreditados pelo mundo afora¹⁰⁶. De maneira semelhante, decidiu-se usar, ao longo deste texto, os termos *rocha* e *pedra* indistintamente, como justificado no capítulo pertinente, apesar da maioria dos geólogos, pouco afeitos à arquitectura, não concordar com a adopção deste último termo como material de construção, mesmo que consagrado por especialistas de renome da arquitectura e da conservação e restauro dos monumentos.

Esclarece-se que, para entender a posição dos autores antigos sobre este material de construção, julgou-se importante fazer um panorama actual do uso da terra crua no mundo. Daí as considerações tecidas a seguir.

A terra crua é material ainda hoje considerado, por muitas pessoas, como sendo característico de construções para populações de baixa renda¹⁰⁷, daí ser por vezes rejeitada, não somente pelas classes mais pobres¹⁰⁸, mas principalmente por aqueles que possuem um poder aquisitivo maior. Felizmente, o uso do solo como matéria-prima na edificação de habitações de custo reduzido, residências de classe média, e até mesmo mansões, vem-se ampliando de maneira gradual em algumas partes do mundo. Em França, na Alemanha, nos Estados Unidos e no Brasil (il. 2), por exemplo, já se pode constatar este facto.

Curiosamente, sabe-se que no período do Novo Império, no Egipto, além do adobe – uma das formas mais difundidas da terra crua como material de construção – ter sido utilizado na edificação de casas de artesãos e operários (construções populares), também foi empregue em habitações nobres e, até mesmo, em palácios e templos¹⁰⁹ (il. 3).

¹⁰⁵ Argila modelada e cozida em forno.

¹⁰⁶ Jean Dethier, Hugo Houben, Patrice Doat, Alain Hays, Sílvia Matuk, Hubert Guillaud, François Vitoux, Gérard Pollet, Pascal Scarato, Jacky Jeannet, Gabriel José Palma Dias, José Alberto Alegria. Estes investigadores são autores de publicações sobre o assunto e/ou de projectos usando este material, algumas das quais constam da bibliografia utilizada nesta investigação.

¹⁰⁷ DIAS, Gabriel José Palma, «Uso da taipa no Alentejo: apontamentos em defesa da sua reutilização», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 123-128. p. 127.

¹⁰⁸ Na maioria das favelas existentes na cidade de Salvador (Bahia, Brasil), por exemplo, o material de construção de uso mais amplo é o tijolo cerâmico, apesar de ser um material mais caro do que o adobe.

¹⁰⁹ HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989. p. 19.

O preconceito quanto ao uso da terra entre os brasileiros vem de longe, e seguramente foi herdado dos portugueses. À guisa de exemplo, cita-se a carta que frei Cristóvão de Lisboa escreveu do Brasil ao seu irmão, em 20 de janeiro de 1627, na qual informou o que se segue:

“Nesta terra tenho ja feito hu’ mosteiro com dous dormitorios e todas as officinas necessarias telhados, e sobradada paredes porem de taipa feita entre esteios de pao, porem rebocados. E caiados...”¹¹⁰.

Nota-se, da leitura da passagem acima, que o frade, para dar uma melhor impressão acerca do imóvel que dispunha – já que deixou transparecer que o material do qual era feito não era de boa qualidade – informou que ao menos se teve o cuidado em dar-lhe um acabamento com reboco e pintura, o que servia para propiciar um aspecto mais apresentável à obra.

Encontrou-se, também, um documento datado do início do século XIX, onde era igualmente visível o preconceito por construções feitas de tabique de taipa (ou pau-a-pique):

“A igreja matriz he nova, inda que de madeira, e taipa de mão”¹¹¹, está vistoza e decente...”¹¹².

De um texto de Serafim Leite (séc. XX) sobre os jesuítas no Brasil, destacou-se ainda a seguinte passagem:

“...para residir tiveram que construir casa, igreja para rezar, escola para ensinar, e por suas próprias mãos, com materiais pobres, paus, terra ou barro amassado, e palha, fizeram de Miguel Ângelo e de Vignola em casas que duraram três anos”¹¹³.

Uma casa bem executada em tabique de taipa, construída ligeiramente acima do nível do solo e a dispor de beirais longos, pode durar anos. Como exemplo recente de uma construção com materiais ditos pobres, cita-se uma casa rural em tabique de taipa, existente em Esplanada, Bahia. Construída no início da década de 70, esta casa, até hoje, só apresentou problemas na parede dos fundos¹¹⁴ por causa de uma infiltração proveniente do telhado, que foi agravada por um vazamento ocorrido na instalação hidráulica. Logo, não há razão para se considerar nenhuma das técnicas de construção em terra crua como “indecente”, como indicado na citação acima transcrita do documento da autoria de João da Silva Santos¹¹⁵, ou considerar os materiais com os quais foi feita como “pobres”, como Serafim Leite os taxou.

¹¹⁰ LISBOA, Cristóvão de (Frei), *História dos animais e árvores do Maranhão*. Estudos e notas do Dr. Jaime Walter. Prefácio de Alberto Iria. Lisboa, AHU/CEHU, 1967. p. 24 – Grafia original.

¹¹¹ Denominação ainda hoje utilizada no Brasil para o tabique de taipa (ou pau-a-pique).

¹¹² AHU, CA, Bahia, vol. III, Doc. n.º 27113, 1803. SANTOS, João da Silva, *Mappa e descrição da costa, rios e seus terrenos, de toda a capitania de Porto Seguro*. – Segundo Castro e Almeida, a localização da igreja era na vila de N. Sra. da Purificação (Prado – BA).

¹¹³ SERAFIM LEITE, S. I., *Artes e officios dos jesuítas no Brasil (1549-1710)*, Lisboa/Rio de Janeiro, Brotéria/Livros de Portugal, 1953. p. 39 – Sublinhado não existente no texto original.

¹¹⁴ Única parede até hoje substituída.

¹¹⁵ Activo no início do século XIX.

Se os materiais forem escolhidos correctamente, se forem tomados os devidos cuidados com o projecto e com a adequação do mesmo às características físicas e climáticas do local ao qual se destina, e a construção for bem feita, ela será apresentável e duradoura. A terra crua pode, pois, ser perfeitamente utilizada, e apresentar bons resultados.

Se o material for de boa qualidade e preparado cuidadosamente, pode vir até a ser melhor do que um material convencional actualmente em voga, porém que não tenha sido preparado (ou escolhido) com o cuidado necessário.

Como exemplo disso, descreve-se o que se constatou em uma visita a Bananal, pequeno povoado baiano oriundo provavelmente de um antigo quilombo: uma das moradoras do local fabricou, sozinha, adobes e construiu uma casa relativamente ampla (il. 4), que lhe custaria muito, caso fosse feita com tijolos cerâmicos. Para cobrir sua habitação, adquiriu telhas cerâmicas. Contudo, as telhas, apesar de dispendiosas, não foram bem queimadas e, com a primeira chuva, começaram a dissolver-se, afectando os adobes. Os tijolos de terra crua estavam, pois, a comportar-se bem até que, por problemas oriundos da má qualidade do material cerâmico usado na cobertura, que deveria apresentar maior resistência à água, terminaram por entrar em processo de degradação.

Com relação ao uso da terra crua em construções de valor histórico no Brasil, no interior dos estados¹¹⁶ de São Paulo, Mato Grosso, Minas Gerais e de Goiás, por exemplo, ainda hoje existem antigas igrejas e outros monumentos de grande beleza feitos em séculos passados com taipa, tabique de taipa e adobe (il. 5 e 6).

Nos outros estados do país, embora seja igualmente possível encontrar-se exemplares executados com terra, normalmente as construções deste tipo são mais escassas, à excepção de regiões muito particulares, como em algumas zonas da Chapada Diamantina, no interior da Bahia. Entre as cidades desta região, merece destaque Rio de Contas (il. 7 e 8). Classificada como património histórico pelo IPHAN, Rio de Contas surgiu em finais do século XVII e floresceu ao longo do século XVIII, devido à extracção de ouro¹¹⁷, só entrando em decadência a partir de 1800, por causa da descoberta de diamantes em uma região próxima, o que causou a evasão da população local¹¹⁸.

Ainda hoje, a quase totalidade das edificações ali existentes foi feita com adobes, o que confere à cidade um carácter excepcional. Em algumas das casas de Rio de Contas, além das paredes em tijolos paralelepípedicos de terra crua, de dimensões variadas, podem ser encontradas comijas feitas com um tipo de adobe especial, não detectado, até hoje, em outra região do Brasil (il. 9). Curiosamente,

¹¹⁶ O Brasil é uma República Federativa. Logo, sua divisão territorial, diferentemente da de Portugal, é feita em estados, zonas administrativas independentes (são vinte e sete ao todo), aglomeradas em regiões mais amplas. Estes estados são compostos por municípios que, por sua vez, englobam povoados, vilas e cidades. Cada estado possui sua própria capital, e cada município, a sua sede. Além disto, o país ainda possui um Distrito Federal, cuja capital, Brasília, é a capital da federação.

¹¹⁷ A cidade, na época, era um importante centro económico-social, e possivelmente o ouro ali extraído contribuiu para a reconstrução de Lisboa, após o terramoto de 1755.

¹¹⁸ BAHIA, Secretaria de Indústria e Comércio, *Inventário de Proteção do Acervo Cultural da Bahia: monumentos e sítios da Serra Geral e Diamantina*, Salvador, SIC, 1980, vol. IV. p. 307.

construções novas, erguidas actualmente na periferia da cidade, também são executadas em adobe, com inequívoca exibição de atavismo cultural. Na realidade, o tijolo em terra crua é o material de construção ali predominante até hoje. Uma prova disto é que, quando se utiliza, naquele sítio, o tijolo maciço cerâmico, o que raramente ocorre, esse material é chamado, na cidade, de “*adobinho*”.

Ainda quanto ao emprego actual da terra crua como material de construção, na Bahia, em edificações vernaculares¹¹⁹, o tabique de taipa é uma das formas mais difundidas. Segue-se o adobe, encontrado com relativa frequência em cidades do interior.

Embora de incidência mais rara, o uso do solo-cimento e do solo-cal, variantes actuais da taipa, eventualmente pode ser notado, não apenas na Bahia, mas também no Brasil, como um todo. Inclusive, o grupo Thaba, antiga divisão de investigação do CEPED actualmente a funcionar na UnEB – Universidade do Estado da Bahia –, desenvolveu a tecnologia necessária para a confecção de paredes monolíticas em solo-cimento. A espessura mínima conseguida para estas paredes foi de dez centímetros¹²⁰. A taipa em si, nos moldes tradicionais¹²¹, não é mais utilizada no Brasil.

Recentemente, entretanto, foi feito, a título de experimentação, um protótipo de construção em taipa, porém o material foi estabilizado com cimento. A experiência foi realizada no Estado de São Paulo, em Pindamonhangaba, sob a orientação do arquitecto americano David Easton. Considera-se esta construção como sendo em taipa estabilizada com cimento, e não simplesmente como uma construção em solo-cimento, pelo facto de, nesse caso, a grande vantagem do sistema solo-cimento – a redução substancial da espessura das paredes – não ter sido colocada em prática¹²².

Apesar do objectivo desta investigação não ser o de relacionar e discutir técnicas construtivas, em certas circunstâncias material e técnica são indissociáveis, daí ter-se que eventualmente tocar nesse aspecto. Isto se dá com frequência no caso da terra crua. Por exemplo, é impossível mencionar uma alvenaria de terra compactada entre duas paredes de pedra, como o romano Flavio Renatus Vegetius (375-392) o fez¹²³, sem abordar aspectos específicos da técnica construtiva utilizada.

¹¹⁹ Neste estado do Brasil, infelizmente, não são encontradas, até o momento, construções das classes mais abastadas feitas com esse material. Mas em São Paulo, sim (il. 2).

¹²⁰ CEPED, *Manual de construção com solo-cimento*, Salvador, Arco-Íris, s.d. Cap. III, p. 77.

¹²¹ Sem utilizar cimento, e com grande espessura.

¹²² Paredes mais finas do que na taipa convencional, que tem sua espessura condicionada à possibilidade de permitir a permanência de um operário dentro dos taipais enquanto a parede é erguida. No caso, a espessura final das paredes do protótipo foi de cerca de quarenta centímetros.

¹²³ VEGECIO, Flavio, *De re militare: instituições militares*, trad. de José Maria de Castro y Calvo, Barcelona, Casa Provincial de Caridad, 1945. L. IV, Cap. III, p. 397 – Este autor é mais conhecido em Portugal simplesmente como Vegécio.

A terra crua, embora seja um material milenário¹²⁴, é considerada como um dos materiais do futuro. Isto porque seu uso propicia uma redução no preço das construções¹²⁵, não implica no desmatamento ou outra forma de consumo energético para a queima, não contribui para a poluição atmosférica¹²⁶, dispensa mão-de-obra especializada e permite a construção de habitações de vários pavimentos, a depender da técnica adoptada. Além do mais, se tomados os devidos cuidados quanto à escolha do material e à concepção do projecto, a durabilidade da edificação pode ser bastante grande.

Na maioria dos casos onde se constata uma degradação acentuada de uma edificação feita em terra crua, geralmente houve escolha inadequada do solo, ou não se cuidou de, por meio de algum detalhe construtivo, afastar-se a água das suas imediações. Ocorreria ainda a referir a falta de atenção com a manutenção do fabricado, ou imperícia na efectivação das intervenções restaurativas, ou mesmo reformas.

Há cerca de quatro anos, nos trabalhos de recuperação do Centro Histórico de Salvador, foram descobertas duas edificações que apresentavam ainda paredes em taipa, o que se desconhecia, até então, naquele local. Infelizmente, uma delas foi destelhada, para substituição do madeiramento da cobertura, e como não foram tomados os devidos cuidados para proteger a parede em terra crua, feita há mais de duzentos anos, essa foi quase que totalmente dissolvida pela água das chuvas (il. 10). A parede em taipa existente na outra casa também desapareceu quase que por completo, pois os responsáveis pelos serviços que estavam sendo executados no local resolveram escavar por debaixo da mesma para permitir a passagem de uma tubulação, sem que fossem tomadas as devidas precauções para a sua conservação. A falta de atenção, e por vezes a falta de competência, por parte dos responsáveis por uma determinada obra pode, também, ser a causa da degradação de elementos arquitectónicos em terra crua.

Sem sombra de dúvidas, o material *terra* apresenta muitas vantagens no caso de utilização em habitações rurais, ou destinadas a pessoas de baixa renda, principalmente em países de clima quente e seco, assim como naquelas construções que precisam ser feitas com certa rapidez, desde quando a matéria-prima disponível no sítio seja compatível com a técnica escolhida.

É consenso que, pelo menos, um terço da população do globo terrestre, tradicionalmente, habita moradias feitas com terra crua. Em alguns países, contudo, este percentual é bem maior. Um caso emblemático é o Peru. Em todas as suas regiões¹²⁷ esse é o material de construção por excelência, quer sob a forma de

¹²⁴ HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989. p. 22 – Neste texto, como exemplo da sua utilização, tem-se adobes unidos no estado pastoso, sem argamassa, para a execução da arquitectura monumental das cidades da época de Uruk (Ca. 5000-3000 a.C.).

¹²⁵ Se comparado com uma construção similar, porém feita com outros materiais.

¹²⁶ Além de não haver necessidade de queima, sendo o material preparado *in loco*, há economia no combustível, não apenas no cozimento, mas também no transporte.

¹²⁷ Costa, Montanhas e Selva.

adobe, quer sob a forma de taipa. As estimativas¹²⁸ indicam que 60% das habitações do país são em terra crua, sendo que, se fosse considerada apenas a Zona da Costa, o percentual subiria para 80%.

Actualmente, em algumas áreas do globo, podem ser encontradas edificações de grande porte a usar o solo como material de construção. Muitas dessas construções, inclusivamente, são habitadas por pessoas de classes mais abastadas. Este é o caso da região do Novo México, nos Estados Unidos, e do Algarve, em Portugal, assim como do Egipto. Em outros países, como Alemanha e França, são encontradas também edificações actuais, para pessoas de maior poder aquisitivo, elaboradas com solo¹²⁹.

Além das habitações, também têm sido edificados, com este material, museus, hospitais, clínicas, escolas, complexos rurais. Hassan Fathy, um arquitecto egípcio, merece destaque, dentre os profissionais do século XX, pelas suas obras em terra. Outros nomes que podem ser citados, pelo facto de terem muitos trabalhos executados com esse material, são os dos arquitectos José Alberto Alegria (Portugal), Fabrizio Carolla (Itália), Elie Mouyal e Abderrahim Sijelmassi (Marrocos), Jak Vauthrin e Joseph Colzani (França)¹³⁰.

Conhecem-se centenas de formas significativas de uso da terra crua como material de construção. Todavia, ainda existe quem considere que apenas o adobe e as argamassas de barro tem alguma importância na construção¹³¹.

As formas de uso da terra crua como material de construção podem ser classificadas, genericamente, nas seguintes modalidades¹³²:

- Associada a algum elemento de suporte (madeira, por exemplo);
- Como enchimento (de sacos, de pneus, de tijolos vazados, etc.);
- Em paredes monolíticas, por compactação (taipa);
- Em paredes monolíticas, por sobreposição (empilhamento);
- Modelada, também a formar paredes monolíticas;
- Sob a forma de adobes;
- Cortada;
- Escavada;
- Derramada;

¹²⁸ Informação obtida da arquitecta peruana Rosa Amelia Flores Fernández, mestre em Conservação e Restauro, que há alguns anos investiga a terra crua como material de construção.

¹²⁹ HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989 // BRAZINHA, Joaquim José et al (coord. e redacção), *Batir en terre en Mediterranee/Construir em terra no Mediterrâneo*, Silves, Câmara Municipal de Silves, 1993.

¹³⁰ BRAZINHA, Joaquim José et al (coord. e redacção), *Batir en terre en Mediterranee/Construir em terra no Mediterrâneo*, Silves, Câmara Municipal de Silves, 1993.

¹³¹ VERÇOSA, Enio José, «Materiais cerâmicos», BAUER, Luiz Alfredo Falcão, *Materiais de construção*, 4ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 1992. Cap. XVIII, p. 540 – Além de explicitar isto, este autor enquadró tanto os adobes, quanto as argamassas de barro, como materiais cerâmicos secos ao ar, o que é uma incongruência. Para que ocorram ligações químicas entre os componentes do solo, de modo a transformá-lo em cerâmica, faz-se necessária a acção das altas temperaturas, só atingidas com a cocção.

¹³² A literatura especializada apresenta diversas classificações, algumas mais complexas do que as outras, de modo que há variações.

– Como revestimento.

Entretanto, como nem todos estes tipos foram mencionados pelos autores estudados nesta investigação, só alguns serão abordados nesse capítulo. Basicamente, as referências antigas são sobre taipa, adobes, elementos de terra cortada e uso do solo em argamassas, embora menção a outros tipos de utilização ainda possam ser encontradas.

A título de esclarecimento, destaca-se que, neste texto, o termo adobe foi adoptado apenas como sinónimo de tijolos feitos com terra crua e secos ao ar, como tem sido mencionado até o presente momento, e não com uma definição mais ampla, muito genérica, que eventualmente tem sido empregue por alguns autores¹³³.

Com relação ao emprego da terra crua nas construções, chama-se ainda a atenção para o seguinte facto:

“Para que se escolha adequadamente um solo a ser utilizado na construção, é necessário que saibamos, «a priori», o que vai ser construído, o local em que a obra será realizada, qual a técnica a ser empregada e qual a função do elemento construtivo a ser executado e se existem meios disponíveis para a estabilização¹³⁴, caso ela seja recomendada. Em geral, toda terra com boa coesão¹³⁵ é adequada à construção, desde que tenhamos todos os meios para usá-la”¹³⁶.

Quanto às diferenças existentes entre os vários tipos de solo, alguns comentários serão traçados ao longo deste capítulo. No entanto, destaca-se que no texto do historiador e soldado romano Varrão¹³⁷ (116-27 a.C.), datado do século I a.C., já pode ser notada uma distinção entre os tipos de solo¹³⁸. Porém isto é mencionado apenas como curiosidade nessa investigação, visto que o interesse do autor no solo era como local de cultivo, e não como material de construção. No

¹³³ AUSTIN, George S., «Adobe and related building materials in New Mexico, USA, 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990, p. 417-423. p. 417 – Este autor, por exemplo, informou o seguinte: “Today the word «adobe» is used to describe various earth building materials and techniques, usually referring to sun-dried adobe brick now used in the United States, but also applied to puddled adobe structures, mud plastered logs or branches, and pressed-earth blocks and rammed-earth walls (pisé)”.

¹³⁴ Chama-se estabilização a introdução de modificações nas propriedades de um solo, no intuito de melhorar suas características, adequando-o a uma aplicação particular. Isso é feito através da alteração da estrutura e/ou da textura da terra, e os métodos mais usados são: densificação (por compressão ou por gradação, produzindo uma alteração no índice de vazios e/ou na granulometria solo), armação com fibras (animais, vegetais ou sintéticas), adição de cal (viva ou extinta), cimento ou betume. Outras formas de estabilização, porém menos frequentes, são: adição de resinas, de produtos de origem animal ou vegetal, ou de produtos sintéticos. Qualquer que seja o processo de estabilização utilizado, os resultados dependerão sempre da natureza do solo e do teor hídrico da mistura, mas outros factores também podem interferir.

¹³⁵ E que não apresente características excessivamente expansivas.

¹³⁶ SANTIAGO, Cybèle Celestino, *O solo como material de construção*, Salvador, EDUFBA, 1996. Parte II, p. 51/52.

¹³⁷ Marcus Terentius Varro.

¹³⁸ VARRON, Marco Terencio, *De las cosas del campo*, introdução, versão espanhola e notas de Domingo Tirado Benedí, México, UNAM, 1945. L. I, item IX, p. 18 (p. 71 do texto actual) – “...tierra arcillosa, tierra pedregosa y de otras clases...”.

entanto, é uma demonstração que os antigos já tinham uma certa noção de que este era um material complexo, composto por partículas de várias espécies, embora o conhecimento das mesmas não fosse completo.

Muitos dos autores do passado fizeram ainda menção às características do solo e do subsolo como local para se executar uma obra resistente, de grande durabilidade. Eventualmente, alguns deles propuseram alternativas para fundações adequadas, ou meios para reforçar os solos disponíveis, especialmente quando a necessidade era a de fazer uma obra hidráulica, ou erguer uma construção em terrenos paludosos ou alagadiços. Por exemplo, no texto *Architecture hydraulique*, escrito por Bernard Forest de Belidor, autor famoso por alguns livros que deixou sobre vários aspectos da engenharia e da arquitectura¹³⁹, encontram-se informações sobre o uso de camadas de solo apiloadas¹⁴⁰, como base para a construção, só que este assunto não será detalhado nesse texto.

A terra crua, compactada, também era usada na base de reservatórios escavados, ou em cisternas, apiloadas entre os pés-direitos e os taludes¹⁴¹. Era também usada em terraços e caminhos (em jardins)¹⁴².

1.2 – ADOBE

O texto de Vitruvius, único tratado de arquitectura do período anterior à Era Cristã que chegou aos dias de hoje, é o primeiro documento no qual foram feitas referências específicas ao uso do solo na construção. No entanto, pelo menos nas versões consultadas por ocasião da redacção deste texto, notou-se certa confusão quando foram dadas informações sobre os materiais cuja base é o solo. Às vezes, ao mencionar *tijolo*, Vitruvius aparentemente queria dizer *adobe*, ou seja, tijolo em terra crua, e outras, tijolo cerâmico. Não fica claro sobre qual desses dois materiais o autor fez referência, se somente a um, ao longo de todo o texto, ou aos dois, embora alguns autores tenham informado explicitamente que Vitruvius só escreveu sobre tijolos em terra crua¹⁴³. Outras considerações sobre o assunto serão tecidas mais adiante, indicando-se qual a posição ora assumida.

Apesar de não ser objectivo desta investigação fazer uma exegese das várias versões existentes em diferentes idiomas do tratado de Vitruvius, às vezes a exemplificação com passagens de diferentes edições foi indispensável, tanto no argumento em epígrafe, quanto em relação a outros temas. Joaquín Amau, por

¹³⁹ TELLES, Pedro Carlos da Silva, *História da engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX*, 2ª ed., vol. I, Rio de Janeiro, Clavero, 1994. Cap. I, p. 2 – Segundo este autor, Belidor foi o autor do primeiro livro “em que se sistematizou o que havia até então na ciência do engenheiro, *La science des ingénieurs*”.

¹⁴⁰ BELIDOR, Bernard Forest de, *Architecture hydraulique*, Paris, Jombert jeune, 1782-1790. Parte II, t. I, L. I, Cap. VI, Secção II, p. 123/128 – Belidor indicou, inclusivamente, as características que devia ter o solo, e como proceder o apiloamento.

¹⁴¹ BELIDOR, Bernard Forest de, *Architecture hydraulique*, Paris, Jombert jeune, 1782-1790. Parte I, t. II, L. IV, Cap. V, p. 417/419.

¹⁴² VILLENEUVE, Bardet de, *Traité de l'architecture civile*, Haia, Jean van Duren, 1740. Cap. XXIII, Secção II, p. 102.

¹⁴³ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Cap. II, p. 20 – O autor deste texto, por exemplo.

exemplo, em seu texto *La teoria de la arquitectura en los tratados: Vitruvio*, também usou diversas versões do tratado vitruviano, mostrando, divergências entre elas, como pode ser constatado¹⁴⁴.

Antes de relacionar, entretanto, as impressões dos vários tradutores analisados, julga-se necessário prestar alguns esclarecimentos quanto à terminologia encontrada nos textos consultados em diferentes idiomas¹⁴⁵.

A palavra "*ladrillo*", tanto nos dicionários de espanhol, quanto em livros de materiais de construção escritos neste idioma, corresponde a *material cerâmico*¹⁴⁶. Só deveria ser usada, isoladamente, para designar adobe se, em um determinado contexto, tivesse sido feita alguma menção ao facto do material ao qual se referia fosse cru. Deste modo, nas passagens subsequentes não haveria mais necessidade de prestar-se esse esclarecimento. Seria o mesmo caso ao referir-se, em um texto em inglês, a um tijolo seco ao sol simplesmente como "*brick*"¹⁴⁷, e não "*sun-dried brick*", "*mud-brick*", "*sun-baked brick*" ou "*adobe*"¹⁴⁸. Do mesmo modo, para o termo italiano "*mattono*"¹⁴⁹ ser considerado como indicativo de adobe, deveria apresentar o adjectivo "*crudo*". Em francês, a mesma ressalva deveria ser feita entre "*brique*"¹⁵⁰ e "*brique crue*"¹⁵¹ ("*brique d'adobe*"¹⁵² ou "*brique de terre crue*"¹⁵³). Até em português, quando se está a falar de adobe, pode-se apenas dizer *tijolo*, porém se tiver ficado claro anteriormente que se está a fazer referência a um

¹⁴⁴ ARNAU AMO, Joaquín, *La teoria de la arquitectura en los tratados: Vitruvio*, Madrid, Teba Flores, s.d. Cap. IV, p. 41 a 47 e Cap. XIII, p. 155.

¹⁴⁵ Foram consultadas versões em inglês/latim, espanhol, francês, italiano e português.

¹⁴⁶ LEVI, C., *Traatado de construcciones civiles*, 2ª ed. (aumentada com relação à 7ª italiana), Barcelona, Gustavo Gili, 1926. t. I, Cap. III, p. 38 – "*Se llaman «ladrillos» aquellos materiales de construcción, en piezas de forma y dimensiones dadas, que se preparan con tierras ascillosas amasadas, modeladas, desecadas y cocidas*" (sublinhado não existente no texto original).

¹⁴⁷ SAYLOR, Henry H., *Dictionary of architecture*, Nova Iorque, John Wiley & Sons, 1963. p. 25 – "*Brick, a masonry unit (...) of a kiln-burned clay mixture*".

¹⁴⁸ DAVEY, Norman, *A history of building materials*, Londres, Phoenix, 1961. Cap. III, p. 21/22 – Curiosamente, neste texto é feita uma distinção entre "*sun-dried brick*", "*mud-brick*", "*sun-baked brick*" (tijolo seco ao sol, executado em moldes) e "*adobe*" (tijolo em terra crua, modelado com a forma de pães, possivelmente submetido a uma secagem inicial ao ar e depois arrumado na alvenaria, fixo com argamassa do mesmo material com que foi feito). Não é o facto de ser moldado manualmente que confere ao tijolo de terra crua a denominação de adobe, conforme pode ser constatado na bibliografia específica. Inclusivamente, ao observar-se a evolução do adobe, verificou-se que os primeiros foram moldados à mão, sob a forma de pães, e com o passar do tempo passou-se a adoptar moldes de madeira – e, mais recentemente, de plástico ou metal – na sua execução.

¹⁴⁹ GNONE, Tommaso, *Dizionario architettonico illustrato*, Turim, Società Ed. Internazionale, 1968. p. 125 e p. 119 – "*Mattono/Laterizio. Materiale da costruzione ottenuto con la cottura, in fornace, di creta essicata in volute forme...*".

¹⁵⁰ MARTIN, Roland, *Manuel d'architecture grecque*, Paris, A. et J. Picard et C^{ie}, 1965. p. 63 – Eventualmente, alguns autores, por vezes, indicam "*brique cuite*", como pode ser verificado em algumas passagens deste texto.

¹⁵¹ HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989. p. 21.

¹⁵² HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989. p. 209.

¹⁵³ HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989. p. 18.

material elaborado com terra crua. Caso contrário, se for mencionado simplesmente *tijolo*, supostamente o material sobre o qual se está a falar é cerâmico¹⁵⁴.

No *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XV^e siècle*, da autoria do arquitecto francês Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc (1814-1879), encontrou-se, no início do verbete "*brique*", a seguinte definição:

"*BRIQUE, s.f. On désigne par ce mot des tablettes de terre battues, mouleés, séchés au soleil et cuites au four*"¹⁵⁵.

Ou seja, Viollet-le-Duc também não incluiu os adobes na definição. Indicou que "*brique*" era um tijolo cerâmico que passava por um período de secagem ao sol antes de ser levado ao forno, prática utilizada hoje em dia, quando as olarias não dispõem de secadores. O uso de secadores propicia um material de melhor qualidade pelo facto de possibilitar uma evaporação mais uniforme, o que é feito, de maneira geral, com controle de temperatura.

Apesar do termo adobe ter sido definido, em todos os dicionários especializados examinados, como tijolo feito com terra crua, foram encontradas definições restritivas para o mesmo, como aquelas constantes do *Vocabulário técnico*, dos portugueses Maria João Rodrigues, Pedro Fialho de Sousa e Horácio Bonifácio¹⁵⁶ e do *Dictionary of architecture*, de Henry H. Saylor¹⁵⁷.

Comparando-se as informações encontradas sobre tijolo nas versões consultadas do texto de Vitruvius, chega-se ao seguinte:

A. Na transcrição latina do manuscrito Harleiano 2767¹⁵⁸, utilizada por Frank Granger (séc. XX) em sua tradução para o inglês (a publicação consultada é bilingue), alguns exemplos de termos traduzidos por "*brick(s)*", que apresentam a mesma raiz latina, e que foram encontrados ao longo do texto, são os seguintes: "*lateribus*", "*laterem*", "*laterum*" e "*lateres*"¹⁵⁹; "*latericiorum*"¹⁶⁰;

¹⁵⁴ RODRIGUES, Maria João Madeira, SOUSA, Pedro Fialho de, BONIFÁCIO, Horácio Manuel Pereira, *Vocabulário técnico e crítico de arquitectura*, 2^a ed. rev., Coimbra, Quimera, 1996. p. 258 – "*TIJOLO, s.m. Paralelepípedo de barro amassado e cozido ao fogo...*".

¹⁵⁵ VIOLLET-LE-DUC, Eugène E., *Dictionnaire raisonné de l'architecture française* (Paris, F. Nobelet, 1854-1868), reimpressão, Paris, F. Nobelet, 1967. t. II, p. 249 – Sublinhado não existente no texto original.

¹⁵⁶ RODRIGUES, Maria João Madeira, SOUSA, Pedro Fialho de, BONIFÁCIO, Horácio Manuel Pereira, *Vocabulário técnico e crítico de arquitectura*, 2^a ed. rev. Coimbra, Quimera, 1996. p. 19 – "*Adobe ou adobo s.m.(ár. at-tube) mistura de terra e palha amassada com água, com a qual se fabricam tijolos secos ao sol, usados na construção em zonas pobres em pedra*".

¹⁵⁷ SAYLOR, Henry H., *Dictionary of architecture*, Nova Iorque, John Wiley & Sons, 1963. p. 2 – "*Adobe, a sun-dried brick of earth, with straw as binder, used in Mexico and southwestern U.S.A.*" Esta definição é duplamente restritiva, pois além de só considerar como adobe o tijolo de terra crua feito com a inclusão de palha, o que nem sempre ocorre, limita muito os locais de incidência do material, que em boa parte do globo ainda pode ser encontrado.

¹⁵⁸ A transcrição, datada provavelmente do século XVIII, pertence ao Museu Britânico (Londres).

¹⁵⁹ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. I, L. II, Cap. III, p. 88, 90 e 92, nomeadamente.

¹⁶⁰ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. I, L. II, Cap. VIII, p. 128.

"latericio"¹⁶¹. Inicialmente, considerou-se que todos estes termos se referiam a tijolos cerâmicos. Contudo, verificou-se que, à página 127 (L. II, Cap. VIII), que o termo "latericios" foi traduzido por "sun-dried bricks"¹⁶².

Em outros trechos, deparou-se com o termo "cocta"¹⁶³, que apesar de não ter a mesma origem dos anteriormente citados, indicava claramente que o material ao qual se havia feito referência era um material também cozido. Havia, pois, aparentemente, uma ligação entre os termos¹⁶⁴.

Facto similar notou-se num texto de Eugenio Galdieri (séc. XX), com relação à indicação dada para a tradução de "lateres": este autor italiano, ao mencionar que grande parte das habitações das classes média ou baixa, na Roma Imperial, era construída em taipa ou adobe, disse que, tanto Plínio, o Antigo, quanto Varrão, haviam mencionado que "lateres" [sic] indicava apenas os "ladrillos de tierra"¹⁶⁵. Observou-se, pois, mais uma discordância entre os diversos conceitos atribuídos à palavra latina e suas derivações, visto que a conotação adoptada por este autor para "ladrillo" entra em contradição com a que foi considerada como correcta, anteriormente, neste mesmo capítulo.

No entanto, o bispo espanhol Juan Caramuel y Lobkowitz (1606-1682), ao abordar o uso do solo na construção de cidades, esclareceu parcialmente a questão ao informar que o termo latino "lateres" induzia a equívocos por significar tanto o material cru, quanto o cozido¹⁶⁶. O próprio Caramuel comentou que o problema havia sido resolvido pelo idioma espanhol, pois haviam sido criados os termos "adobe" e "ladrillo", nomeadamente, para designar cada um destes materiais¹⁶⁷.

¹⁶¹ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. II, L. VI, Cap. VIII, p. 56.

¹⁶² "...quid ita in urbe propter necessitatem angustiarum non patiuntur esse latericios parietes..." // "...because of the limited space in the city, they do not allow walls to be of sun-dried bricks..."

¹⁶³ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. I, L. II, Cap. VIII, p. 128/129 – "...namque quae non fuerit ex creta bona aut parum erit cocta, ebi se ostendit esse vitiosam gelicidiis et pruina tacta" // "For brickwork that is not made of good clay or is too little baked shows its faults on the work on weathered by ice and hoar-frost". Esta é uma observação perfeitamente correcta para materiais cerâmicos.

¹⁶⁴ Acreditou-se que todos se referiam a tijolos cerâmicos.

¹⁶⁵ GALDIERI, Eugenio, «Arquitectura de tierra en Italia», *Actas da 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990, p. 50-52. p. 51.

¹⁶⁶ ERNOUT, A., MEILLET, A., *Dictionnaire étymologique de la langue latine. Histoire des mots*, ed. rev. e aumentada, Paris, C. Klincksieck, 1939. p. 526 – Esse autor do século XX também concordou com a posição de Caramuel, o que pode ser notado através da definição dada no seu texto para o termo latino: "Later, -eris m.: brique fait de terre, crue ou cuite («l. crudus», «coctilis»)». Como complementação, foi indicado ainda que "latericius", "latericia", "latericium" eram palavras derivadas de "later", "lateris", o que corrobora a opinião anteriormente expressa sobre o assunto.

¹⁶⁷ CARAMUEL Y LOBSKOWITZ, Juan, *Architectura civil recta, y obliqua*, Vegeven, Emprinta Obispal, 1678. t. II, Trat. V, Art. IV, p. 17.

Segundo Caramuel, Plínio havia falado de adobe, e Vitruvius dos dois materiais¹⁶⁸. Só que o exemplo que foi dado para justificar que Plínio se referiu somente a adobe¹⁶⁹, poderia servir para demonstrar que Vitruvius, ao descrever a terra adequada para os "lateres", estava a se referir ao mesmo material¹⁷⁰, já que as indicações são muito similares.

Quanto ao título adoptado por Granger para o capítulo III do livro II, foi simplesmente "On bricks"¹⁷¹, ou seja, "Dos tijolos", donde se podia pensar que o capítulo abordaria, somente, aspectos relacionados a tijolos cerâmicos.

Foram encontradas, ainda, na versão traduzida por Granger, citações específicas sobre tijolos cozidos:

"And so by means of stone pillars, walls of burnt brick (...) have been raised..."¹⁷².

Além disto, Granger escreveu "...but where there are squared stones, or concrete or lava or baked brick or unburnt, we must use them" ao traduzir o texto "sed ubi sunt saxa quadrata sive silex seu caementum aut coctus later sive crudus, his erit utendum"¹⁷³.

Pode ser constatado, pois, que nesta edição do texto vitruviano ao menos algumas vezes, foi feita uma clara distinção entre o material cozido e o seco ao sol, embora isto não tenha sido notado no capítulo III do livro II das traduções consultadas.

- B. Na edição italiana comentada por Daniel Barbaro, o capítulo em epigrafe foi denominado por *De i [sic] mattoni*, e somente a terminologia *tijolos*¹⁷⁴ foi utilizada ao longo desta tradução dos escritos de Vitruvius. No entanto, nos comentários de Barbaro foi explicitado que existiam tijolos crus, ou seja,

¹⁶⁸ "...coctus later, sive crudus..." – Sublinhado não existente no texto original.

¹⁶⁹ CARAMUEL Y LOBSKOWITZ, Juan, *Architectura civil recta, y obliqua*, Vegeven, Empreñta Obispañ, 1678. t. II, Trat. V, Art. IV, p. 17 – "Lateres non sunt è sabuloso, neque arenoso, multoque minùs calculoso ducendi solo, sed è cretoso & albicante, aut ex rubrico; vol sejam ex sabuloso, ex masculino certe".

¹⁷⁰ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. I, L. II, Cap. III, p. 88 – "Itaque primum de lateribus, qua de terra duci eos oporteat, dicam. Non enim de harenoso neque calculoso luto neque sabuloso luto sunt ducendi..."

¹⁷¹ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. I, L. II, Cap. III, p. 89 – Chama-se a atenção para o facto de que Vitruvius não dividiu o seu texto em capítulos: a subdivisão foi feita de diferentes maneiras ao longo dos séculos, pois, ao que tudo indica, as cópias do manuscrito que chegaram à actualidade, e foram usadas pelos diversos tradutores, apresentam divisões desiguais. Inclusivamente, alguns dos dez livros que compõem o texto apresentam número de capítulos que varia de uma publicação para outra.

¹⁷² VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. I, L. II, Cap. VIII, p. 128/129 – "Itaque pilis lapideis structuris testacis, parietibus caementiciis altitudines extractae contignationibus..."

¹⁷³ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. I, L. I, Cap. V, p. 53 e 52, nomeadamente – Os sublinhados efectuados nos trechos que se referem aos dois materiais não constam da publicação consultada.

¹⁷⁴ "Mattoni".

adobes, e cozidos (tijolos cerâmicos), podendo estes últimos serem vitrificados, ou não¹⁷⁵.

Nas referências feitas no capítulo referente à construção de paredes, foi recomendada a execução de uma cornija em tijolos cerâmicos de modo que esta não permitisse a degradação dos tijolos sem cozimento¹⁷⁶. Ou seja, foi feita realmente a distinção entre os dois materiais.

Chama-se a atenção para o facto de que, na edição traduzida por Claude Perrault, e na tradução desta ao português feita por Helena Rua (séc. XX), foi indicada uma cornija de telhas, e não de tijolos cerâmicos. Giuseppe Cozzo (séc. XX) também se reportou ao uso da telha em pedaços, com a finalidade de proteger os adobes¹⁷⁷. Caso a cornija fosse executada com telhas, e não tijolos, as considerações feitas no parágrafo anterior não teriam validade¹⁷⁸. Porém, tendo em vista as variantes existentes entre as diversas traduções do texto, optou-se por adoptar a posição de Barbaro e de Granger.

Outra discordância entre o texto de Barbaro e o de Cozzo diz respeito à proibição, no texto vitruviano, do uso de adobes em cidades pelo facto destes ensejarem grandes dimensões de paredes e, conseqüentemente, ocuparem muito espaço (havia o problema de exiguidade de espaço nas cidades)¹⁷⁹. Cozzo argumentou que a proibição se deu no intuito de evitar a fortificação doméstica, já que as grandes dimensões dos adobes a favoreciam¹⁸⁰. Mais uma dúvida difícil de ser dirimida.

Apesar das divergências entre o que foi dito no texto de Barbaro e em outras versões consultadas do tratado vitruviano, o certo é que, a determinado momento, o material cerâmico teve ampla adopção no Império Romano¹⁸¹. A arqueologia fornece uma prova concreta do facto. Só que, pelas observações feitas, pode-se afirmar com segurança que os adobes também existiram.

¹⁷⁵ VITRUVIO POLLIO, Marco, *I dieci libri dell'architettura*, trad. e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556. L II, Cap. III, p. 45.

¹⁷⁶ VITRUVIO POLLIO, Marco, *I dieci libri dell'architettura*, trad. e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556. L II, Cap. VIII, p. 52.

¹⁷⁷ COZZO, Giuseppe, *Ingenieria romana*, Roma, Multigrafica, 1970, reedição anastática da edição original (Roma, Soc. Multigrafica, 1927). Cap. III, p. 134 – "...a questo scopo [proteger o material da dissolução por água de chuva] si costruiva, al sommo dei muri, una specie di cappello formato da pezzi di tegole che, da epoca remotissima, furono sempre di argilla cotta...".

¹⁷⁸ PLOMMER, Hugh, *Vitruvius and later Roman building manuals*, Cambridge, The University Press, 1973. p. 15, Nota 1 – Neste texto, entretanto, Plommer afirmou o seguinte: "*In this discussion I follow the Roman practice and use the words «brick» and «tile» interchangeably*". Pode ser que Perrault tenha seguido a mesma linha de raciocínio.

¹⁷⁹ VITRUVIO POLLIO, Marco, *I dieci libri dell'architettura*, trad. e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556. L II, Cap. VIII, p. 52.

¹⁸⁰ COZZO, Giuseppe, *Ingenieria romana*, Roma, Multigrafica, 1970, reedição anastática da edição original (Roma, Soc. Multigrafica, 1927). Cap. III, p. 137.

¹⁸¹ COZZO, Giuseppe, *Ingenieria romana*, Roma, Multigrafica, 1970, reedição anastática da edição original (Roma, Soc. Multigrafica, 1927). Cap. III, p. 144 – "...l'immenso progresso della tecnica costruttiva dei romani comincia precisamente con l'adozione di questo materiale, che segna quasi l'indistruttibilità delle loro opere...".

C. Perrault, na primeira nota que acrescentou ao capítulo referente a tijolos (adobes ?), comentou o seguinte:

“Les briques dont Vitruve parle icy ne sont point cuites, mais seulement sechées par un long temps, comme de quatre & cinq années: c’est pourquoy on y mesloit [sic] de la paille, ou du foin, de mesme [sic] qu’on fait en plusieurs endroits en France...”¹⁸².

Sobre o facto de Vitruvius não mencionar em seu texto o cozimento de tijolos, Perrault exprimiu na nota 11, toda a sua admiração:

“Il est assez étrange que Vitruve ne parle point du tout de la cuisson des briques qui estoit [sic] une chose de tout temps en usage...”¹⁸³.

Segundo Perrault, os tijolos cozidos teriam sido usados antes do período vitruviano, conforme a literatura relatava. No entanto, devido aos escritos do mestre, que se reportavam à boa qualidade do material cru, haviam deixado de ser empregues.

Isto, ao que parece, não reflecte a realidade: além de haver, em algumas passagens do próprio tratado de Vitruvius, referências explícitas ao uso do tijolo cerâmico, como já mencionado, a arqueologia apresenta-nos inúmeros remanescentes de construções, do período que lhe sucedeu, nos quais o tijolo cerâmico, em suas inúmeras variedades (triangular, em secção de círculo, rectangular, quadrado, em cunha), era o material de construção dominante nas cidades (il. 11 a 15).

O arquitecto veneziano Vincenzo Scamozzi, no entanto, chamou a atenção para duas passagens do capítulo III, *livro II*, do texto vitruviano:

- Vitruvius mencionou tijolos de certa região da Espanha que flutuavam, no que foi repetido por outros autores¹⁸⁴. Adobe não flutua, pois a terra crua se dissolve em contacto com a água. Logo, o material ao qual Vitruvius se reportou, no caso, era cerâmico. Mais uma prova que o texto apresenta algumas passagens misturadas, no capítulo que foi traduzido por vezes como sendo específico sobre adobes, e outras simplesmente como sobre tijolos, donde se poderia pensar que se tratava unicamente de materiais cerâmicos¹⁸⁵;

¹⁸² VITRUVIUS, *Les dix livres d’architecture*, correcção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-símile, Bruxelas, Pierre Mardaga, 1979. L. II, Cap. III, p. 34.

¹⁸³ Em todo o capítulo III (*livro II*) de Vitruvius, vale a pena ressaltar que não foi feita referência alguma a fornos para cozimento, mas apenas aos problemas de secagem do material ao sol.

¹⁸⁴ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura, ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. p. 105/106 – Francesco di Giorgio Martini, conceituado engenheiro militar italiano, foi um destes autores: escreveu apenas um parágrafo sobre o solo adequado à confecção de adobes, ocasião em que seguiu a indicação vitruviana, dando destaque apenas aos “adobes” de certa região da Espanha que flutuavam.

¹⁸⁵ SCAMOZZI, Vincenzo, *L’idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVI, p. 221.

- Se Vitruvius indicou certo tipo de terra para que as chuvas não dissolvessem os tijolos, era porque deveria estar falando de adobes¹⁸⁶.

Acredita-se, igualmente, que, como, *a priori*, o material cerâmico é melhor¹⁸⁷ do que o cru, não seria simplesmente por causa dos escritos de Vitruvius que se abdicaria do uso daqueles.

De acordo com Cozzo, os romanos já conheciam, através dos etruscos, os materiais cerâmicos, pois tal povo dominava a técnica de sua execução. Só que, na sua opinião, os romanos utilizavam, de maneira geral, adobes estabilizados com palha, que eram mais baratos. Só empregavam os tijolos cerâmicos em situações especiais – nas construções públicas, nas residências das pessoas mais ricas e nos quarteirões habitacionais pluridomiciliares (“*insulæ*”)¹⁸⁸ –, pois apresentavam maior durabilidade à água.

Na opinião de Cozzo, Vitruvius referiu-se tanto ao adobe, quanto ao tijolo cerâmico, porém muito esporadicamente a este último. Isto porque o material de maior uso na construção romana, até praticamente ao final do período republicano, era o adobe¹⁸⁹, daí não haver necessidade de um maior esclarecimento sobre o assunto¹⁹⁰.

Com a queda do Império Romano, entretanto, restrições de ordem económica teriam feito com que o material cerâmico deixasse de ser utilizado, só muito depois tendo voltado a ser produzido, quando então teria substituído por completo o material cru¹⁹¹.

É curioso, também, verificar-se que Perrault, na nota 1 anteriormente transcrita¹⁹², supôs que os tijolos mencionados eram submetidos a uma secagem por quatro ou cinco anos. Mas na própria tradução que fez, pode observar-se que Vitruvius só se referiu a um tempo de secagem tão longo assim ao citar um determinado tipo de tijolo que havia encontrado em Útica. Nos demais casos, a secagem recomendada era de dois anos¹⁹³.

Perrault era favorável ao facto dos tijolos mencionados serem realmente adobes, o que justificou tanto pela inclusão de palha na mistura¹⁹⁴, quanto pela indicação feita por Vitruvius ao facto de que o material se degradaria com a água

¹⁸⁶ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XV, p. 219.

¹⁸⁷ Apresenta maior resistência mecânica e maior durabilidade à água.

¹⁸⁸ COZZO, Giuseppe, *Ingenieria romana*, Roma, Multigrafica, 1970, reedição anastática da edição original (Roma, Soc. Multigrafica, 1927). Cap. III, p. 138.

¹⁸⁹ COZZO, Giuseppe, *Ingenieria romana*, Roma, Multigrafica, 1970, reedição anastática da edição original (Roma, Soc. Multigrafica, 1927). Cap. III, p. 134.

¹⁹⁰ Ficava subentendido, pois, na opinião deste autor, que tijolo era sinónimo de adobe.

¹⁹¹ COZZO, Giuseppe, *Ingenieria romana*, Roma, Multigrafica, 1970, reedição anastática da edição original (Roma, Soc. Multigrafica, 1927). Cap. III, p. 139/140.

¹⁹² Ver início da alínea “c” das comparações das informações sobre tijolos/adobes encontradas nas versões do texto vitruviano consultadas, neste mesmo item.

¹⁹³ VITRUVIUS, *Les dix livres d'architecture*, correcção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-símile, Bruxelas, Pierre Mardaga, 1979. L. II, Cap. III, p. 34.

¹⁹⁴ No capítulo seguinte desta tese pode-se verificar que existem na bibliografia informações acerca da inclusão de palha em tijolos cerâmicos, embora tais informações sejam raras.

das chuvas¹⁹⁵. Entretanto, as referências feitas pelo próprio Vitruvius aos tipos de tijolos gregos (“*didoron*”, “*tetradoron*”, “*pentadoron*”), considerados por alguns estudiosos da arquitectura como sendo realmente tipos de adobes, podem ter contribuído para que esse comentarista considerasse que o mestre havia se referido a tijolos secos ao ar.

Roland Martin (séc. XX), autor de um livro específico sobre arquitectura grega, citou a grande proliferação, na Grécia, do uso da terra, tanto crua, quanto cozida. Além disto, indicou os termos gregos equivalentes, nomeadamente, a tijolos crus – *πλινθοι ωμαι ου γαιναι* – e tijolos cozidos – *πλινθοι οπται*. Este autor também achou que os tijolos mencionados por Vitruvius (“*lydio*”, “*pentadoron*” e “*tetradoron*”) eram exemplos de adobes¹⁹⁶, o mesmo acontecendo com A. Orlandos (séc. XX), outro autor de uma publicação clássica sobre os materiais de construção gregos¹⁹⁷.

Por outro lado, Norman Davey (séc. XX) enquadrou, ao menos, os tipos “*lydio*” e “*tetradoron*”, utilizados no Império Romano, na categoria dos materiais cerâmicos¹⁹⁸, embora também indicasse o tipo “*lydio*” como “*mud brick*” (“*lateres*”)¹⁹⁹.

Uma hipótese para as diferenças entre as definições destes termos²⁰⁰ seria que eles se refeririam unicamente às dimensões apresentadas pelos tijolos, não importando o material com os quais eram feitos. Porém, segundo Cozzo, os tijolos lídios eram normalmente crus, em virtude de suas grandes dimensões. Teriam sido raramente encontrados sob a forma cozida²⁰¹, sem conter fibras vegetais, podendo também vir daí a indicação de Norman Davey. Para provar, inclusive, que era muito difícil o cozimento do tijolo lídio, Cozzo fez uma experiência prática, obtendo o aparecimento de fissuras no tijolo após o cozimento, apesar de ter permitido um longo período de secagem ao material antes da queima²⁰².

De maneira similar, os termos latinos “*lateribus*”, “*laterem*”, “*laterum*”, “*lateres*”, “*latericiorum*” e “*latericio*” podem ter sido usados para indicar unicamente as formas dos tijolos, e não a sua constituição, daí a confusão.

D. Em outra versão do tratado vitruviano traduzida para o inglês, elaborada por Morris Morgan (séc. XX), o capítulo III, do livro II, foi intitulado simplesmente

¹⁹⁵ VITRUVIUS, *Les dix livres d'architecture*, correcção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-símile, Bruxelas, Pierre Mardaga, 1979. L. II, Cap. III, p. 34, Nota 1.

¹⁹⁶ MARTIN, Roland, *Manuel d'architecture grecque*, vol. I, Paris, A. et J. Picard, 1965. p. 54.

¹⁹⁷ ORLANDOS, A., *Les matériaux de construction et la technique architecturale des anciens grecs*, trad. de Vanna Hadjimichali, Paris, E. de Boccard, 1966. Parte I, Cap. II, p. 58/60.

¹⁹⁸ DAVEY, Norman, *A history of building materials*, Londres, Phoenix, 1961. Cap. VIII, p. 71 e 72.

¹⁹⁹ DAVEY, Norman, *A history of building materials*, Londres, Phoenix, 1961. Cap. III, p. 25.

²⁰⁰ “*Lydio*”, “*tetradoron*” e “*pentadoron*”.

²⁰¹ COZZO, Giuseppe, *Ingenieria romana*, Roma, Multigrafica, 1970, reedição anastática da edição original (Roma, Soc. Multigrafica, 1927). Cap. III, p. 135 – “*Eccezionalmente questo antichissimo mattone, anzichè essere essiccato all'aria, fu sottoposto ad un processo di cottura*”.

²⁰² COZZO, Giuseppe, *Ingenieria romana*, Roma, Multigrafica, 1970, reedição anastática da edição original (Roma, Soc. Multigrafica, 1927). Cap. III, p. 136.

como “*Brick*”²⁰³. Todavia, foram encontradas referências explícitas, no capítulo VIII do mesmo *livro*, tanto a “*crude brick*”, quanto a “*burnt brick*”²⁰⁴. Ou seja, no capítulo III, foi usada uma terminologia que deu margem a dúvidas, o que não ocorreu no capítulo VIII. Foi o que se verificou, também, nas traduções de Frank Granger e Daniel Barbaro.

- E. Na versão espanhola do texto de Vitruvius feita por Agustín Blázquez, o capítulo III, do *livro* II, foi denominado “*De los adobes*”²⁰⁵, sendo essa terminologia adoptada ao longo de todo o capítulo. Em outros trechos do *livro*, no entanto, pode-se ler “*ladrillos cocidos*”. Os dois materiais foram, pois, igualmente mencionados.
- F. José Luis Oliver Domingo (séc. XX), autor de outra tradução do texto para o idioma espanhol, denominou o mesmo capítulo III, do *livro* II, como “*Los ladrillos*”²⁰⁶, e não mais “*De los adobes*”, como feito por Blázquez.
- G. Helena Rua, na versão portuguesa recentemente publicada, utilizou ao longo do capítulo ora em discussão o termo *tijolo*.

Em face às divergências constatadas entre os termos usados nas diversas versões traduzidas do texto de Vitruvius que foram aqui analisadas, considera-se que provavelmente as cópias do manuscrito utilizadas, ao longo dos séculos, para as diversas edições do tratado do mestre romano, devem estar um pouco confusas, pois não fazem uma distinção clara entre os dois tipos de materiais. Notou-se, além disto, que certos tradutores resolveram simplesmente dar sua interpretação para determinadas palavras e expressões, sem fazer menção, por exemplo, que outros haviam traduzido determinados termos de maneira diferente. Alguns, inclusive, resolveram corrigir o texto do mestre romano.

Como um agravante do problema, pode-se levantar a hipótese do próprio Vitruvius ter cometido erros ao escrever. Teria usado, ao que consta, arcaísmos, regionalismos e formas vulgares, além de ter abusado de termos técnicos de maneira inadequada. Leon Battista Alberti, outro grande tratadista de arquitectura, seguramente o mais respeitado de todos²⁰⁷, depois do mestre Vitruvius, comentou, inclusive, que a maneira de Vitruvius escrever foi tão deselegante, de modo que os latinos podiam acusá-lo de parecer grego, e estes, de que Vitruvius teria escrito em latim, daí a deselegância. Porém, na opinião de Alberti, o tratadista romano não se

²⁰³ VITRUVIUS, *The ten books on architecture*, trad. de Morris Hicky Morgan, Nova Iorque, Dover Publications, 1960 (reimpressão da edição publicada em Cambridge pela Harvard University Press, em 1914). L. II, Cap. III, p. 42.

²⁰⁴ VITRUVIUS, *The ten books on architecture*, trad. de Morris Hicky Morgan, Nova Iorque, Dover Publications, 1960 (reimpressão da edição publicada em Cambridge pela Harvard University Press, em 1914). L. II, Cap. VIII, p. 57.

²⁰⁵ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blázquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. III, p. 40.

²⁰⁶ VITRUVIO POLIÓN, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, introdução de Defín Rodríguez Ruiz, trad. de José Luis Oliver Domingo, Madrid, Alianza, 1995. L. II, Cap. III, p.103.

²⁰⁷ Grande literato e erudito, este italiano foi também arquitecto de grande actividade, quer de projecto, quer de construção, e ilustrou a teoria que apregoou com exemplos práticos da sua época, possivelmente embasado em sua própria experiência. O seu tratado, escrito ao que parece entre 1443 e 1452, só foi publicado postumamente, em 1485, constituindo-se no primeiro tratado de arquitectura impresso.

mostrou nem latino, nem grego, nem certamente havia escrito para os latinos, já que estes não o entendiam²⁰⁸. A dificuldade de compreensão do texto não diz respeito somente à questão do adobe e do tijolo, mas também a outros materiais, o que será comentado oportunamente, nos capítulos pertinentes.

A proposta deste trabalho não é, como já esclarecido, fazer uma análise detalhada das diversas traduções do tratado de Vitruvius²⁰⁹, mas sim dar uma das possíveis interpretações do conhecimento dos antigos acerca de alguns materiais. Em face a todas as considerações feitas e, tendo-se constatado também que ao mencionar o revestimento das paredes, foi especificado claramente que se os *tijolos* fossem assentados húmidos, e não secos, e o reboco aplicado em cima, ocorreria a queda deste por ocasião da secagem²¹⁰, assume-se que no capítulo III, do *livro* II, Vitruvius concentrou informações basicamente sobre adobes, embora neste mesmo capítulo tenha feito referências implícitas aos tijolos cerâmicos. Por outro lado, referências explícitas foram feitas aos tijolos cerâmicos, ao longo de todo o texto, ao serem traçadas comparações claras entre os dois materiais, como por exemplo na indicação feita ao uso de tijolo cerâmico em comijas, de modo a evitar a degradação das paredes de adobe devido à ação da água das chuvas²¹¹.

Assumindo-se que as referências vitruvianas foram basicamente sobre adobes, destaca-se um outro ponto interessante também abordado no texto de Vitruvius, que foi a recomendação das características que deveria ter o solo, de modo a poder ser utilizado na moldagem dos tijolos de terra crua.

A terra ideal para ser misturada com palha, de modo a confeccionar-se adobes cujos materiais fossem intimamente bem ligados, a ponto de não serem destruídos pelas chuvas, devia ser, segundo a versão traduzida por Blánquez, uma "*tierra blancuzca gredosa, o de almagre, o de marga consistente*"²¹², isenta de "*pedrisco*" ou "*grava*", que eram solos plásticos, tenazes, leves, e de boa trabalhabilidade.

O próprio Blánquez declarou não estar satisfeito com a terminologia "*marga consistente*"²¹³, adoptada por alguns autores, como tradução de "*masculo sabulone*", e informou ainda que outros sugeriram "*arenacho*"²¹⁴.

²⁰⁸ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. p. XIV e XV.

²⁰⁹ Esta, por si só, consistiria em uma investigação deveras complexa, visto que uma quantidade muito maior de edições, em variados idiomas, teria que ser consultada, sem mencionar a leitura cuidadosa das diversas cópias do manuscrito existentes que seria requerida, para o que seria necessário, inclusivamente, o domínio do latim. Além do mais, todos os trechos do texto em que o assunto fosse abordado, em todas as edições, teriam que ser considerados.

²¹⁰ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. III, p. 41.

²¹¹ VITRUVIO POLLIO, Marco, *I dieci libri dell'architettura*, trad. e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556. L. II, Cap. VIII, p. 52.

²¹² VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. III, p. 40.

²¹³ Solo argiloso com calcário.

²¹⁴ Mistura de terra com areia, ou seja, arenoso (saibro), no conceito actualmente aceite para este material no Brasil. Outros comentários sobre o assunto podem ser encontrados no item 6.2 desta tese.

Na versão inglesa traduzida por Frank Granger, encontrou-se que:

"...bricks are to be made of white clayey earth or of red earth, or even of rough gravel (masculo sabulone)"²¹⁵.

Oliver Domingo deu a versão seguinte:

"...deben, pues, hacerse de tierra blanquecina abundante en arcilla, o bien de tierra roja (almagre), o bien de sabulo fuerte y grueso"²¹⁶.

Perrault informou que antigos tradutores e comentaristas do texto de Vitruvius não tinham conseguido chegar a uma conclusão a respeito do assunto:

"Philander"²¹⁷ tient que c'est une terre sabloneuse & solide. Daniel Barbaro croit que c'est un sable de riviere qui est gras & que l'on trouve par pelottes comme l'encens masle [sic]. Baldus"²¹⁸ dit qu'il est apellé masle [sic] à cause qu'il n'a pas une aridité sterile comme l'autre sable"²¹⁹.

Helena Rua usou a expressão "areia fina forte". Além de entrar em contradição com as traduções acima indicadas²²⁰, e como é impossível moldar-se um adobe, ou mesmo um tijolo cerâmico, com areia, julga-se esta terminologia inadequada²²¹.

Pietro Cataneo, um dos mais antigos tratadistas de arquitectura conhecidos, também deu informações a respeito do solo ideal para a produção "de i [sic] mattoni"²²²:

"...serà perfetta la creta da far [sic] i mattoni... quãdo [sic] quella non sia ne troppo grassa, ne troppo magra. Peroche, per tenere la troppo grassa di fango e loto, nel diseccarsi il suo lavoro in se stesso, & ne diviene fuor di squadra: & la troppo magra, per essere sabbionosa, in oltre che mai s'impasta bene, essendo ancora troppo cotta, il lavoro suo si torce, e essendo mal cotta il lavoro si sfarina, & massime quando con quella sieno mescolati nichiarelli o pietruzze, & questa in tutto si debbe fuggire. Dico dunque, che havendo trovata la creta bianca, rossa, o vero bigiccia: quando di ciascuna di queste in

²¹⁵ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. I, L. II, Cap. III, p. 90/91.

²¹⁶ VITRUVIO POLIÓN, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, introdução de Defín Rodríguez Ruiz; trad. de José Luis Oliver Domingo, Madrid, Alianza, 1995. L. II, Cap. III, p. 103.

²¹⁷ Nascido em 1505, Philander traduziu o texto vitruviano para o francês.

²¹⁸ Bernardino Baldi, comentarista do texto vitruviano da época do Renascimento.

²¹⁹ VITRUVIUS, *Les dix livres d'architecture*, correção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-símile, Bruxelas, Pierre Mardaga, 1979. L. II, Cap. III, p. 34, Nota 2.

²²⁰ "Rough gravel" e "sabulo fuerte y grueso", por exemplo, são expressões que não poderiam ter sido traduzidas como "areia fina forte".

²²¹ A única maneira plausível de ter-se uma "areia fina forte" em um adobe, ou mesmo em um tijolo cerâmico, seria como estabilizante de um solo argiloso. Ou seja, no sentido de alterar a granulometria do solo que se dispunha.

²²² No caso, especificou que deveriam ser convenientemente enxutos e cozidos, ou seja, considerou o material realmente como tijolo cerâmico, e não adobe.

*piu luoghi della buona se ne trova (...) onde di ogni una di questa trovatone della buona*²²³.

Ou seja, segundo este autor, o material não devia ser nem muito argiloso, nem muito arenoso, e não devia igualmente conter pedrisco, para que não surgissem problemas por ocasião da secagem e queima.

Verifica-se que Cataneo seguiu as indicações de Vitruvius, à excepção da inclusão de fibras vegetais na mistura. Só que explicitou que o material ao qual se referia era cerâmico, pois comentou que, se o cozimento fosse excessivo, ocorreria a torsão do tijolo, o que não ocorreu no texto vitruviano²²⁴. Os dois autores se referiram, ao que parece, à mesma matéria-prima, porém a materiais de construção diferentes, um seco ao sol e o outro, submetido à queima.

De acordo com a indicação actual dada pelo CRATerre²²⁵, a terra para ser usada na confecção de adobes deve ter uma textura de preferência argilosa ou muito siltosa, e ser bastante coesiva²²⁶. Logo, deve ser isenta de grãos de dimensões avantajadas, ser plástica, tenaz, leve e de boa trabalhabilidade.

Através da análise de adobes de diversas épocas e procedências, pode-se constatar, no entanto, que o material empregue ao longo do tempo variou muito²²⁷. Inclusive, nos adobes actuais isto também pode ser observado. Exemplos claros disto podem ser verificados na tabela 1 (anexo 2).

Quanto ao tipo de adobe utilizado no Império Romano, notou-se que Vitruvius só fez menção aos estabilizados com palha, não indicando, por exemplo, as características requeridas para se preparar um adobe constituído apenas por terra, sem a adição deste constituinte.

Sabe-se que a adição de palha ao solo destinado à confecção de qualquer tipo de elemento em terra crua deve ser feita apenas quando o referido solo não apresentar por si só características adequadas a atender às necessidades locais, quando se desejar um material mais leve, mais resistente a sismos²²⁸, ou com

²²³ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. I, fls. 26/26v.

²²⁴ Talvez por isso mesmo tenha omitido a presença de fibras, o que era raro ocorrer em tijolos cerâmicos.

²²⁵ O CRATerre é um centro de investigações da Escola de Arquitectura de Grenoble (França) voltado ao estudo das propriedades e uso da terra crua como material de construção. Seu objectivo é desenvolver novas aplicações do material terra e propor alternativas económicas para a sua adopção em habitações de populações de baixa renda. Está representado nos seguintes países: França, Alemanha, Bélgica, Austrália, Itália, Espanha, Tchad, Peru e Ruanda.

²²⁶ Houben, Hugo, Guillaud, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989. p. 210.

²²⁷ Como curiosidade, informa-se que em Igatu, cidade da Chapada Diamantina (interior da Bahia), de acordo com a tradição oral, já foram encontrados até mesmo diamantes dentro de adobes: na época em que a extracção de diamantes era muito grande na região, casas eram compradas para serem exploradas na íntegra: tanto o seu sítio de implantação, quanto os materiais que as constituíam. Isto prova que, nem sempre, o solo usado obedecia aos padrões indicados na bibliografia consultada.

²²⁸ SANTIAGO, Cybèle Celestino, *O solo como material de construção*, Salvador, EDUFBA, 1996. Parte II, p. 42 – Já ficou comprovado, entretanto, através da experimentação, que no

menor retracção²²⁹. Se este apresentar características que propiciem uma boa união entre as partículas que o formam, desempenho mecânico aceitável e poucas possibilidades de retracção, não haverá necessidade da inclusão de palha na mistura.

No caso da confecção de adobes, existem outras formas de estabilizar o solo, que, em certas situações, podem propiciar melhores resultados do que a estabilização com palha²³⁰.

Com relação à moldagem dos adobes, Vitruvius recomendou que fosse feita em estações de clima não muito rigoroso, quer quente, quer frio. Daí a sugestão de seu fabrico na Primavera ou no Outono, de modo a conseguir-se uma secagem inicial mais lenta e uniforme, que não levasse a problemas de fissuração ou empenamento do produto. Esta é uma indicação que permanece até hoje. Isto porque um calor muito forte propiciaria uma secagem muito rápida e desigual, e um frio muito intenso poderia dificultar a evaporação da água, por congelamento, o que também poderia gerar deformações no interior dos adobes.

O tempo requerido para a secagem do material, ainda segundo Vitruvius, era de dois anos, embora no seu texto tenha sido informado que se tinha notícias, na época, de sítios nos quais se exigiam cinco, de modo que se tivesse plena certeza da secagem do interior dos tijolos, o que já foi mencionado.

Realmente, para um material que é feito com terra molhada e deixado a secar ao ar, quanto maior o tempo de espera, antes da utilização, melhor. Dessa maneira, seguramente obtém-se um resultado mais satisfatório, e evita-se que ocorram eventuais fissuras ou empenamento do produto, após o emprego nas paredes²³¹, o que terminaria por causar problemas à construção, com conseqüente redução da sua durabilidade.

De maneira similar, ocorrem problemas com as madeiras, caso não sejam submetidas a um longo processo de secagem antes do uso. Infelizmente, ainda é bastante frequente a quantidade de esquadrias deformadas, a exhibir frestas ou a apresentar dificuldades no manuseio, que são encontradas nas edificações hoje em dia, exactamente pelo facto de não ter sido permitida a secagem "completa" da matéria-prima antes do seu uso. Esse aspecto, no entanto, será abordado no capítulo sobre madeiras.

No que diz respeito ao estado hídrico do solo a ser usado no fabrico do adobe, sabe-se que pode variar. No entanto, a depender da quantidade de água que o solo apresente, a secagem vai ser mais lenta ou mais rápida, e pode influenciar, até mesmo, no processo de moldagem.

caso de adobes em zonas sísmicas, fibras longas (30-40 cm) apresentam um melhor comportamento do que fibras curtas, que são as normalmente recomendadas.

²²⁹ A palha serve para dar uma maior travacção ao material, reduzindo, por conseguinte, eventuais problemas decorrentes da variação volumétrica que pode ocorrer, com a variação do teor de humidade.

²³⁰ Adição de cal, betume, partículas de granulometria diversas, cimento tipo Portland, por exemplo.

²³¹ Ou mesmo antes do seu uso.

Antigamente, os adobes, de maneira geral, eram moldados a mão. Não eram usadas nem mesmo formas. Porém, posteriormente, passou-se a empregá-las. Os moldes, como ainda hoje acontece, podiam ser simples ou múltiplos (il. 16 e 17). Actualmente, pode-se também confeccionar adobes por extrusão, quando o solo se encontra no estado pastoso, valendo-se de equipamento especial. O uso de tal equipamento propicia, inclusive, o aumento da produção diária de adobes.

Há igualmente, hoje em dia, a possibilidade de execução de tijolos de terra crua com o material no estado líquido, porém os elementos assim moldados costumam ser classificados, pela maioria dos profissionais da área, na categoria de "terra derramada", exactamente de modo a caracterizar o tipo de moldagem empregue. Entretanto, esta forma de produção não consiste exactamente em uma novidade: na Antiga Grécia, usava-se o solo no estado líquido para fazer tijolos de terra crua, com o auxílio de moldes, conforme indicou A. Orlandos²³².

Num tratado interessante, escrito por Giovan Battista Belluzzi²³³ (1506-1554), foram abordadas unicamente as fortificações em terra. Nesta obra o autor falou acerca de blocos cortados²³⁴, de adobes, dos tipos de terra existentes e do modo de trabalhar esse material, assim como dos cuidados para a escolha de um local adequado à construção em terra, e como executar a sua fundação²³⁵.

Quanto ao fabrico dos adobes, a recomendação feita por Belluzzi foi que se utilizasse terra boa, e que fosse enxuta e destorroada. O material, antes de ser trabalhado, deveria, no entanto, ser molhado o suficiente na noite anterior para se "dissolver"²³⁶ bem. Poderia, eventualmente, para não fissurar por retracção, ser misturado com:

„..capechia tagliata o pula di grano, o di seme di lino, o seccatura de legname, o altre simile cose quali in effetto la tien soda, ma sopra tutto avertischassi che non sia di natura renosa, sabbiosa o sassossa, o sgrettolossa perché non sia bona"²³⁷.

Não há informações precisas, hoje em dia, quanto ao tempo de secagem do adobe: na realidade, esse factor é variável de região para região, pois está intimamente ligado às variações climáticas e ao estado hídrico do material empregue e ao argilomineral predominante no solo. No entanto, recomenda-se que os tijolos de terra crua não sejam expostos directamente à radiação solar, por ocasião da secagem, devendo os mesmos ser colocados sob telheiros ou ao ar livre, protegidos por palha, e que de preferência sejam assentados em uma camada

²³² ORLANDOS, A., *Les matériaux de construction et la technique architecturale des anciens grecs*, trad. de Vanna Hadjimichali, Paris, E. de Boccard, 1966. Parte I, Cap. II, p. 56.

²³³ Ou Giovanni Battista Bèlici, dentre outros nomes com os quais era conhecido este capitão engenheiro, nascido em San Marino. Dada à sua importância, o seu texto foi copiado em diversas versões, umas manuscritas, outras impressas, com algumas variantes, tendo sido, às vezes, registado como sendo de outros autores, ou permanecido anónimo.

²³⁴ "Piotta", "piota", "liotta" ou "zolla ricoperta di erba", que é o mesmo que céspedes.

²³⁵ BELLUZZI, Giovan Battista, «Il trattato delle fortificazioni di terra», LAMBERINI, Daniela, *Il disegno interrotto*, vol. IV, Florença, Gonnelli, 1980. Cap. XX a XXIV, p. 432 a 434.

²³⁶ Para se ter uma massa trabalhável (estado pastoso).

²³⁷ BELLUZZI, Giovan Battista, «Il trattato delle fortificazioni di terra», LAMBERINI, Daniela, *Il disegno interrotto*, vol. IV, Florença, Gonnelli, 1980. Cap. XXX, p. 437.

de areia, para não haver aderência ao chão no local onde forem deixados a secar. Além disto, sugere-se que os tijolos sejam virados de um lado para outro, após a primeira etapa de secagem, de modo a haver uma maior uniformidade no processo, o que propicia um melhor comportamento mecânico do produto final.

Em alguns livros antigos há indicações para se cobrir com palha ou com areia os tijolos, durante a secagem. Nos comentários de Barbaro ao texto de Vitruvius, por exemplo, foi indicado que a opção por um ou outro material dependia da estação do ano: se Verão, o material seria coberto com palha molhada, e se Inverno, com areia seca²³⁸.

Cataneo também mencionou cuidados que deviam ser observados a quando da secagem do material, só que considerou que as recomendações eram referentes a tijolos cerâmicos²³⁹, e não a adobes:

*“...se pure da necessit  costretto bisognasse in tempo caldissimo farne il lavoro, debbesi in tal caso coprirlo di paglia bagnata, & se in tempo freddissimo bisognasse farlo, acoprasi allora di arida sabbia, & con secca paglia di sopra, ma non essendo da necessit  astretto, l'autunno o la primavera si conviene spianare il lavoro, & al coperto o all'ombra metterlo   seccare ne vuole Vitruvio, che in meno di due anni possa essere bene asciutto”*²⁴⁰.

Já Alberti, com relação ao uso da terra na construção, fez comentários interessantes. Por exemplo, recomendou as paredes de adobes²⁴¹ como sendo as mais saudáveis para as construções executadas em regiões frias. Especialmente se fossem rebocadas com argamassa de gesso. Isto porque os problemas de pulmões, frequentes nos usuários de casas com paredes em pedra, eram evitados. Inclusive, ainda segundo Alberti, se, adicionalmente, sobre o revestimento feito com argamassa de gesso fossem aplicados painéis de madeira, melhorariam as condi es térmicas do ambiente. No entanto, para que isto ocorresse estes painéis deveriam ainda ter os espaços vazios preenchidos com junco e rebocados com uma mistura de solo, cabelo e óleo, para prevenir a degradação por animais, como esclarecido no mesmo texto²⁴². Destaca-se que as paredes assim executadas também apresentariam maior resistividade térmica.

Sobre as vantagens do adobe em relação ao tijolo cozido²⁴³, Alberti indicou, além da salubridade do ambiente, conforme acima especificado, os menores riscos de incêndio e a maior resistência aos terremotos.

²³⁸ VITRUVIO POLLIO, Marco, *I dieci libri dell'architettura*, trad. e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556. L. II, Cap. III, p. 45.

²³⁹ CATANEO, Pietro, Senese, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-s mille, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. I, fls. 27 – Foram constatadas men es a eventuais problemas decorrentes do mal cozimento.

²⁴⁰ CATANEO, Pietro, Senese, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-s mille, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. I, fls. 26v.

²⁴¹ Submetidos a um período de secagem de dois anos.

²⁴² ALBERTI, Leon Battista, *On the art of building in ten books*, trad. de Joseph Rykwert, Neil Leach e Robert Tavernor, 6  impressão, Cambridge, MIT, 1996. L. X, Cap. XIV, p. 356.

²⁴³ A comparação entre os dois materiais é bem explícita.

Quanto à escolha do material adequado, este mesmo autor sugeriu sua identificação através da dissolução em água. Deveria ser adoptado aquele que se dissolvesse mais lentamente e deixasse resíduos nas mãos, difíceis de serem removidos, e que, ao secar, endurecesse muito bem. No entanto, Alberti informou que certas pessoas preferiam utilizar um lodo arenoso, por ser mais moldável.

O revestimento sugerido era de cal, externamente, e de gesso ou argila branca, internamente, valendo-se do embrechamento das juntas com pedaços de pedra ou material cerâmico, de modo a acelerar o processo de secagem e propiciar uma maior aderência ao substrato²⁴⁴, técnica ainda hoje utilizada e conhecida simplesmente como “*embrechamento*”.

No texto atribuído a Francesco Milizia, quando indicada a maneira de identificar, através da experiência, se a qualidade da terra era adequada ao fabrico de tijolos, foi encontrada a informação a seguir transcrita, válida ainda hoje:

*“Ci vuole l’esperienza; e l’esperienza è facile, perchè non si ha da far che un mattone, e osservarne il successo. Così si conosce, se si ha da smagrir la materia con sabbia, o raddolcire con aggiungervi dell’argila più pastosa”*²⁴⁵.

1.3 – TAIPA (ou taipa de pilão)

Alberti mencionou o uso de taipa, em África, por vezes misturado com elementos vegetais. Segundo sua opinião, este tipo de construção era assaz interessante por resistir ao vento e às chuvas. Também foi indicado, no tratado de Alberti, o uso de solo em taipais, em Espanha, porém como o material utilizado encontrava-se em estado líquido, não poderia ser considerado como uma taipa, mas, sim, como uma espécie de terra derramada²⁴⁶. Neste caso, eram jogados, a cada camada de três pés de altura, pedaços de pedra, para propiciar resistência às paredes por meio do aumento de ligação entre os seus constituintes²⁴⁷.

Em Portugal, encontram-se muitas construções que foram executadas em taipa, ao longo dos séculos. Isto ocorre especialmente em cidades do Alentejo e do Algarve que tiveram influência moura. Silves, Mértola, Serpa, Albufeira e Alcácer do Sal, são algumas delas (il. 18 e 19). Em cidades espanholas, como Badajoz, por exemplo, isso também pode ser notado, conforme pode ser verificado através da citação abaixo:

“Foram os habitantes de Badajoz, a maior entre as cidades (do Ocidente”²⁴⁸), os que melhor fizeram [consertos e melhorias nas muralhas e consolidação de suas fortalezas], isso mercê da sua força e riqueza. A

²⁴⁴ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L’architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. III, Cap. XI, p. 220.

²⁴⁵ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Cap. II, p. 21.

²⁴⁶ A taipa é feita com o material no estado húmido, e não líquido.

²⁴⁷ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L’architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. III, Cap. XI, p. 222.

²⁴⁸ Do ocidente Andaluz.

*muralha da sua alcáçova ("al-qasaba") era construída, naquela altura, de betão de taipa (feito de aglomerado de "calcado") e de adobe... [A nova muralha foi executada] com blocos (de betão) da largura de dez palmos*²⁴⁹.

No Brasil, o uso da terra crua na construção, mais especificamente da taipa, remonta aos primórdios da colonização portuguesa. Através da relação de pessoas levadas à Bahia por ocasião da fundação da cidade do Salvador²⁵⁰, a capital portuguesa das Américas, em meados do século XVI, pode-se notar que a prática de se construir com terra crua era relativamente comum, na época. Três taipeiros e quatro caieiros foram levados do Reino para a *Terra de Vera Cruz* – ou, como era chamada a recém-descoberta colônia, *Ilha de Vera Cruz* –, o que demonstra que houve transferência de tecnologia da Europa para a América portuguesa²⁵¹.

Outra prova de que várias técnicas de construção com terra crua foram introduzidas no Brasil em 1549, por ocasião da fundação de Salvador, foram encontradas em carta do português Luís Dias²⁵², datada de 1551: nessa missiva foi referida a execução de casas de taipa, outras de *"parede de mão"*²⁵³ e de *madeira e barro e feno*²⁵⁴.

Segundo o francês Germain Bazin (séc. XX), autor de textos bastante conhecidos sobre a história da arquitectura portuguesa no Brasil, a taipa, nesse país, foi usada pelos índios do interior – o que não reflecte a realidade –, e seria proveniente da África. Bazin também incorreu em erro ao dizer que a taipa fora trazida pelos escravos²⁵⁵.

Além da técnica ter sido introduzida no Brasil pelos portugueses, os índios nunca a utilizaram em suas aldeias, apesar de, possivelmente, terem ajudado na execução de algumas construções. Os africanos, entretanto, também utilizavam esse método construtivo²⁵⁶, mas não foram os seus introdutores no país, embora

²⁴⁹ IBN-HAYYÁN, al-Muqtabas, vol. V, p. 62-64, SIDARUS, Adel, *Um texto árabe do século X relativo à nova fundação de Évora e aos movimentos muladí e berbere no ocidente Andaluz*, Évora, s.n., 1994 – Ressalta-se que as expressões entre parênteses correspondem a aditamentos estilísticos ou elucidativos feitos pelo tradutor do texto, do árabe ao português.

²⁵⁰ CARNEIRO, Edison, «Relação dos habitantes da cidade do Salvador no ano de 1549», *A cidade do Salvador (1549)*, 2ª ed., Salvador, Econômico e Administração, s.d. p. 122-139 – Relação elaborada com base em manuscritos existentes na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro.

²⁵¹ FRANCO, Afonso Arino de Melo, *Desenvolvimento da civilização material no Brasil*, RJ, MES/SPHAN, 1944. p. 16/17 – Era frequente o uso, nos séculos XVI a XVIII, de construções em terra nos centros maiores do Reino Português (Lisboa, Porto, Rio de Janeiro, Salvador e Recife), sendo mais escassas as construções de pedra e cal.

²⁵² Mestre-de-obras enviado de Portugal para coordenar as obras de implantação da cidade do Salvador, tendo vivido naquela cidade de 1549 a 1551.

²⁵³ De taipa de mão.

²⁵⁴ CARNEIRO, Edison, «Uma Brasília do século XVI», *A cidade do Salvador (1549)*, 2ª ed., Salvador, Econômico e Administração, s.d. p. 170 – Apesar da indicação do uso de feno, acredita-se que se utilizou outro tipo de fibra vegetal, já que não havia feno no Brasil.

²⁵⁵ BAZIN, Germain, *A arquitetura religiosa barroca no Brasil*, tradução de Glória Lúcia Nunes, vol. I, Rio de Janeiro, Record, 1983. vol. I, Cap. V, p. 56.

²⁵⁶ FRANCO, Afonso Arino de Melo, *Desenvolvimento da civilização material no Brasil*, RJ, MES/SPHAN, 1944. p. 20.

autores o afirmem²⁵⁷. A própria muralha da cidade do Salvador é uma prova disto: na época da sua construção, ainda não haviam sido trazidos escravos para o Brasil, o que só veio a ocorrer alguns anos depois, na década de 60 do século XVI, quando a epidemia de varíola assolou a região, dizimando boa parte dos índios²⁵⁸.

Os índios, pelo contacto que tiveram com os portugueses, passaram, então, a conhecer a técnica, visto que “*Butantã*”, por exemplo, toponímia ainda hoje usada para designar uma determinada zona da cidade de São Paulo, é um termo indígena que significa “*terra dura, terra firme, taipa*”²⁵⁹. Esta é uma prova de que os membros desta etnia criaram um termo para designar a forma de utilização da terra crua que lhes foi apresentada pelo branco colonizador²⁶⁰, e que teve ampla difusão naquela região.

A indicação de Bazin quanto ao emprego de argila amassada na confecção das paredes também não confere com as recomendações actualmente aceites no caso deste tipo de construção: a argila adere ao malho. Além disto, a referência feita pelo mesmo historiador ao uso do óleo, principalmente o de baleia, na massa, não traduz igualmente a realidade²⁶¹.

Pode-se afirmar isto porque:

- a) A região do país à qual este autor fez referência fica no interior, de modo que não havia facilidade de encontrar óleo de baleia;
- b) Não se encontrou documento algum indicando o uso de óleo com aquela finalidade em construções, de maneira geral;
- c) Tendo-se analisado amostras de materiais provenientes de imóveis antigos existentes em cidades litorâneas, pode-se afirmar que, caso o óleo de baleia tenha sido empregue em construções, só o foi naquelas erguidas à beira-mar, apesar da tradição oral dizer o contrário²⁶².

As informações quanto ao uso do óleo foram dadas por Bazin sem que fossem citadas as fontes bibliográficas, ou que o autor se reportasse a resultados de ensaios laboratoriais. O que se notou, pois, no texto deste historiador, é que, por vezes, algumas informações foram passadas como verdadeiras, mas realmente não deveriam ter sido consideradas como tal, já que não foram até hoje comprovadas.

²⁵⁷ ALVARENGA, Maria Auxiliadora Afonso, «Adobe: constructive method and thermic characteristics», *Actas da 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990, p. 357-362. p. 357.

²⁵⁸ PARAÍSO, Maria Hilda B., *O tempo da dor e do trabalho*, São Paulo, USP, 1998 (policopiada). Tese de doutoramento.

²⁵⁹ SAMPAIO, Theodoro, *O tupi na geographia nacional*, 2ª ed., Bahia, O Pensamento, 1914. p. 207 – “*Butantã*” ou “*ubutantã*”.

²⁶⁰ Como escravos, os índios possivelmente colaboraram na edificação de casas em taipa, porém, ao que parece, nunca utilizaram os conhecimentos adquiridos em suas próprias moradias, que continuaram a ser feitas com ramos e, mais raramente, tabique de taipa.

²⁶¹ BAZIN, Germain, *A arquitetura religiosa barroca no Brasil*, tradução de Glória Lúcia Nunes, vol. I, Rio de Janeiro, Record, 1983. vol. I, Cap. V, p. 56.

²⁶² SANTIAGO, Cybèle Celestino, *Aditivos orgânicos em argamassas antigas*, Salvador, 1992. Dissertação de mestrado (policopiada). Cap. VI, p. 46.

Ainda com relação à utilização da taipa no Brasil, algumas fontes primárias se reportaram ao seu uso. Isto pode ser constatado, por exemplo, nos relatórios elaborados pelos engenheiros militares por ocasião das inspecções feitas periodicamente nas fortificações, a mando da Coroa Portuguesa. A título de ilustração, tem-se a indicação do Mestre de Campo Engenheiro Miguel Pereira da Costa a respeito do uso do “*formigão*”²⁶³ na construção de muralhas: segundo este capitão engenheiro, se o “*formigão*” fosse executado com solo de boa qualidade e com uma espessura conveniente para a carga que tinha que suportar, as muralhas teriam boa durabilidade, pois poderiam resistir tanto às intempéries, quanto à carga e aos tiros da artilharia, mesmo se não fosse despendido muito cuidado na sua conservação²⁶⁴.

Os engenheiros militares foram responsáveis pelo emprego do solo como material de construção (il. 20), principalmente quando tiveram que erguer rapidamente fortificações nas novas terras conquistadas, para se defender do gentio ou de piratas. Os documentos por eles deixados fornecem várias descrições de técnicas de construir paredes utilizando tal material, comparando-as com paredes em alvenaria de pedra e de tijolos cerâmicos, no que diz respeito à resistência que cada uma delas oferecia ao impacto dos tiros. Quanto a esse aspecto, alguns recomendavam a terra crua, de preferência sob a forma de taipa, pois alegavam que era um material que não estilhaçava ao ser atingido pelas balas. Pelo contrário, estas ficam ali encravadas, como informou o cosmógrafo português Luís Serrão Pimentel (Ca.1613-1679)²⁶⁵. Esta polémica, no entanto, não foi conclusiva, pelo que se pode constatar, visto que havia adeptos em quantidade para todas as correntes²⁶⁶.

Belidor mencionou o uso de terra compactada na construção das fortificações, com a função impermeabilizante: “*terre douce*” batida em toda a extensão do recobrimento das abóbadas, sobre areia grossa ou “*gravier*”²⁶⁷, ou pequenas lascas de pedras, compactada em camadas sucessivas. A compactação

²⁶³ Informações adicionais sobre este tipo de técnica de construção com terra serão dadas mais adiante (p. 62 a 65).

²⁶⁴ COSTA, Miguel Pereira da, *Extracto da fortificação desta praça da Bahia estado em q se acha, remédio de q neççita* [sic], Bahia, Mss. cota 54-IX-8, n.º 60 (BAJ), 17/Jun/1710.

²⁶⁵ SERRÃO PIMENTEL, Luís, *Método lusitânico de desenhar as fortificações das praças regulares e irregulares* (Lisboa, Antonio Craesbeeck de Mello, 1680), fac-símile, Lisboa, Direcção da Arma de Engenharia/Direcção do Serviço de Fortificações e Obras do Exército, 1993. Parte I, Secção I, Cap. XXXII, p. 129 // COUTINHO, João, «Informação e parecer da Planta da Bahia, que enviou João Cout.º Engenhr.º de Pern.º. Relação da fortificação da Cid.º da B.º de Todos os Santos, e da forma em q se deve fazer. Discricção da Cidade», *Registo de cartas régias (1675-1695)*, Bahia, Mss. 245 (AHU), 30/Mar/1685. fls. 124v.

²⁶⁶ PIMENTEL, Francisco, COUTO, Matheos do, FERREIRA, Manuel Gomes, «Parecer dos engenheir.ºs desta Corte, sobre as fortificações da Cid.º da B.º, de q trata a carta asima, e veyo incluso no Decreto de S Mg.º, por onde ella se expedio», *Registo de cartas régias (1675-1695)*, Lisboa, Mss. 245 (AHU), 21/Mar/1686 – Neste parecer, recomenda-se a execução das fortificações em pedra e cal, por dispensar constantes reparações, o que ocorria, segundo os engenheiros, no caso de serem feitas usando terra.

²⁶⁷ A tradução deste termo dá margem a dúvidas, pois pode indicar cascalho, gravilhão, saibro ou areia grossa, agregados de granulometria variada. Possivelmente o material seria similar ao que se conhece hoje por cascalho, conforme as referências encontradas a respeito da antiga conotação do saibro, como pode ser constatado no capítulo sobre areia.

era feita em etapas, lançando-se um pé de espessura de terra, apiloando o material, e repetindo a operação até que se atingisse três pés de espessura global²⁶⁸. Para Belidor, os parapeitos, para serem adequados, deveriam ser executados de terra de boa qualidade²⁶⁹.

O solo recomendado para a taipa, conforme indicações recentes, deve ser uma areia silto-argilosa com pedregulhos, conforme pode ser deduzido da análise da tabela abaixo²⁷⁰:

Pedregulho	0-15%
Areia	40-50%
Silte	35-20%
Argila	15-25%

A “*terre douce*” seria a argila, e seu uso teria sido sugerido por ser este material impermeável? Segundo Perrault, a “*terre douce*” era aquela que, como a argila, não apresentava pedregulhos, nem era áspera²⁷¹. Helena Rua traduziu a expressão como “*terra benevolente*”²⁷².

A “*terre douce*” podia ser uma argila gorda²⁷³, e que não contivesse partículas grossas. Só que essa especificação entra em contradição com o pensar actual quanto ao tipo de solo indicado para a compactação: o solo adequado à terra compactada não deve ser muito argiloso, para não aderir ao pilão. Pelo contrário, deve ser muito arenoso, com pedregulhos e até mesmo pedras, e levemente argilosa²⁷⁴. Daí provavelmente a recomendação de José Manuel de Carvalho Negreiros, que ao indicar o traço 1:1 para a taipa, sugeriu fosse usado o seguinte material:

“...caliça mal moida, isto hé, sendo a terra preta, ou barrenta; porque se esta for saibrenta, deve ser muito pouca, ou nenhuma a caliça...”²⁷⁵.

²⁶⁸ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. IV, Cap. III, p. 27/28.

²⁶⁹ BELIDOR, Bernard Forest de, «Reflexions générales», *Oeuvres diverses concernant l'artillerie et le genie*, Amsterdão/Leipzig, Arkstée & Merkus, 1764. Cap. X, p. 29.

²⁷⁰ DOAT, Patrice, HAYS, Alan, HOUBEN, Hugo, MATUK, Sylvia, VITOUX, François, *Building with earth*, trad. de Asha Puri, rev. de Claire Norton, Nova Deli, The Mud Village Society, 1991. Cap. I, p. 17.

²⁷¹ VITRUVÉ, *Les dix livres d'architecture*, correcção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-símile, Bruxelas, Pierre Mardaga, 1979. L. II, Cap. III, p. 34, Nota 3.

²⁷² VITRÚVIO, *Os dez livros de arquitectura*, trad. de Helena Rua, Lisboa, IST, 1998. L. II, Cap. III, p. 34.

²⁷³ MANGANELLI DEL FÀ, Carlo, OLMÍ, Filippo, PASETTI, Adolfo, «I laterizi: caratterizzazione e fenomeni di alterazione», *Revista Arkos*, n.º 1, Milão, Be-ma, Junho/88, p. 4-9. p. 5 – “...argile «grasse», ricche di minerali argillosi e povere di scheletro sabbioso (molto plastiche e con elevato ritiro alla cottura)...”.

²⁷⁴ DETHIER, Jean, *Arquitecturas de terra*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1993. p. 35.

²⁷⁵ NEGREIROS, José Manuel de Carvalho, *Additamento: ao livro intitulado Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 3760 (BNL), 1797. vol. III, fls. 49.

Com relação à execução de uma parede de taipa, ou seja, à compactação de uma camada relativamente espessa de terra, entre taipais, recomenda-se, ainda hoje, que seja efectuada em etapas²⁷⁶, como informado por Belidor, de modo a conseguir-se uma boa densificação.

Negreiros comentou ainda, sobre a execução da taipa, o seguinte:

*“Deve hir a terra lenta para as taipas, e toda a sua fortaleza consiste, em ser bem maçada...”*²⁷⁷.

Ao que parece, a intenção do autor, ao dizer que a terra devia ir lenta para as taipas, era a de dar uma indicação que o material tinha que ser compactado de maneira gradual, em camadas, o que é correcto. Sobre este assunto, em um texto do arquitecto português Fernando Pinto (séc. XX), encontrou-se igualmente a informação que se segue, que serve para comprovar, na prática, o facto:

*“Diz um ditado popular que a terra deve ser transportada por um coxo e batida por um louco, querendo com isto significar a absoluta necessidade de uma boa compactação obtida na morosidade e cadencia do transporte e «fúria» na compactação”*²⁷⁸.

Quanto ao uso da taipa nas construção de paredes em habitações, Negreiros fez ressalvas: em certas casas, nos cunhais e enxaços das portas e janelas, deviam, no seu entender, ser adoptadas a pedra e a cal²⁷⁹.

De maneira geral, exactamente nos pontos indicados por Negreiros, recomenda-se realmente a utilização de materiais como pedra e cal, ou madeira. Isto porque requerem uma rigidez um pouco maior do que o restante das paredes, de modo a resistir a eventuais impactos e contactos com elementos que possam vir a causar a sua degradação.

Em Cajamarca, no Peru, por exemplo, nas habitações populares executadas em taipa, foi utilizada nos pontos supracitados a madeira disponível no sítio. Já na localidade de Tumán, naquele mesmo país, em casas de adobe de uma antiga cooperativa açucareira, foi adoptado nestas zonas, que eram mais susceptíveis a problemas, o betão, pela inexistência de madeira no local²⁸⁰.

Sobre outra forma de terra crua utilizada em fortalezas, o já citado “*formigão*”, Negreiros esclareceu que era elaborado da seguinte maneira:

²⁷⁶ DOAT, Patrice, HAYS, Alan, HOUBEN, Hugo, MATUK, Sylvia, VITOUX, François, *Building with earth*, trad. de Asha Puri, Nova Deli, The Mud Village Society, 1991. Cap. I, p. 21.

²⁷⁷ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Additamento: ao livro intitulado Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 3760 (BNL), 1797. vol. III, fls. 49 – O traço foi indicado em volume, e medido à base de cestos.

²⁷⁸ PINTO, Fernando, «Arquitectura de terra: que futuro?» *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 612-617. p. 613.

²⁷⁹ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Additamento: ao livro intitulado Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 3760 (BNL), 1797. vol. III, fls. 49.

²⁸⁰ Informação da arquitecta peruana Rosa Amelia Flores Fernández, comprovada através de fotografias e fitas de vídeo, em palestra realizada no DCTM, em 1994.

“...hum cesto de terra, outro de cascalho miudo, ou arêa gorda de rio, e outro de terra, com outro cesto de caliça mal pizada, isto he, se for a terra barrenta, que se for saibrenta, não precisa caliça; e este material liado com matto, e bem maçado, he muito forte, o que já está bem observado”²⁸¹.

O engenheiro militar português Diogo da Sylveyra Vellozo²⁸², que escreveu um texto sobre arquitectura na cidade hoje conhecida como Recife, localizada na antiga capitania de Pernambuco²⁸³, também no século XVIII, mencionou o uso da terra crua na construção de muralhas. A taipa deveria ser usada, na sua opinião, quando faltasse pedra na região, pois apesar de ser um material menos oneroso, sofria muito, principalmente nas obras descobertas²⁸⁴.

Quanto ao “*formigão*”, Diogo Vellozo informou que era uma técnica feita com terra e cal, utilizando os taipais da taipa. Esta técnica foi descrita no seu texto da seguinte maneira:

“...a terra para esta obra quanto mais groça, arienta, e com mistura de pedrinhas, e cascalho tanto melhor, deve levar ao menos a terça parte de cal, e se levar a metade, a saber dous sestos de terra e hum de cal será melhor, e que a cal seja quente, isto he, vinda do forno, e sendo feita em quantidade, e bem batidas em nada sedem as de alvenaria na bondade, e talvez nem tão pouco no custo”²⁸⁵.

Segundo Sylvio de Vasconcellos, conceituado historiógrafo brasileiro (séc. XX), o “*formigão*” era uma técnica que, consistia em taipa elaborada com barro não peneirado, ou ao qual eram adicionados pedregulhos de granulometria diversa²⁸⁶, de modo a formar uma espécie de betão²⁸⁷. Ao que parece, Vasconcellos e Negreiros fizeram referência a materiais com características similares, enquanto que Diogo Vellozo indicou uma mistura contendo cal²⁸⁸.

Chama-se a atenção para o facto de que o “*formigão*” mencionado por Vasconcellos e Negreiros não foi o mesmo descrito pelo português José Trindade Chagas (séc. XX). Segundo este último autor, o “*formigão*” seria o “*opus signinum*” dos romanos que, por sua vez, teria originado a “*taipa militar*”. A definição dada por Trindade Chagas para o “*formigão*” foi:

²⁸¹ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Additamento: ao livro intitulado Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 3760 (BNL), 1797. vol. III, fls. 49v.

²⁸² Capitão engenheiro da colónia Sacramento, nomeado em 1702, posteriormente transferido para Pernambuco.

²⁸³ Hoje, um dos estados do nordeste do Brasil, que manteve o nome Pernambuco.

²⁸⁴ VELLOZO, Diogo da Sylveyra, *Architectura militar*, Pernambuco, Cód. 49-III-3 (BAJ), 1743. Parte II, Cap. XXV, fls. 223v.

²⁸⁵ VELLOZO, Diogo da Sylveyra, *Architectura militar*, Pernambuco, Cód. 49-III-3 (BAJ), 1743. Parte II, Cap. XXV, fls. 224.

²⁸⁶ Por vezes eram até mesmo usadas, na sua confecção, pedras colhidas nos rios, os chamados seixos rolados.

²⁸⁷ VASCONCELLOS, Sylvio de, *Arquitetura no Brasil*, Belo Horizonte, UFMG, 1979. Série Patrimônio Cultural, n.º 2. Cap. I, p. 21.

²⁸⁸ Embora Sylvio de Vasconcellos não tenha feito menção explícita ao uso da cal, a impressão que fica, quando foi dito *betão*, é que este aglomerante foi usado.

“...argamassa composta por cal e inerte— sendo este último constituído por areia e pequenas pedras ou seixos e por vezes também por pequenos pedaços de tijolos”²⁸⁹.

O “formigão”, na concepção deste autor, era, pois, um material que, além de apresentar capacidade de suportar grandes cargas, possuía determinada impermeabilidade e durabilidade, daí ser usado em pontes, aquedutos, tanques de salga de peixe, pavimentos e no revestimento de piscinas²⁹⁰.

Cairoli Fulvio Giuliani (séc. XX), em estudo específico sobre a construção na Antiguidade, mencionou claramente que o material denominado “*cocciopesto*”, frequentemente confundido com o “*opus signinum*” é que continha pedaços de tijolo²⁹¹. Os ingredientes da mistura, conforme este autor e outros citados em seu texto²⁹², eram:

“...calce molto forte, arena granulosa e pura, e pietrame duro di piccola pezzatura e la sua preparazione prevede miscela di 5 parti in volume di sabbia e 2 di calce, disposizione del calcestruzzo nella trincea (non si capisce se in getatta o in allettamento a mano) e la costipazione per battitura con mazzerranga”²⁹³.

Ainda segundo este mesmo autor, o “*opus signinum*” devia tratar-se de um tipo de pavimentação resistente à acção da água, do gelo e da vegetação, em cuja composição não estava presente o tijolo ou seus derivados²⁹⁴.

Da mesma maneira, no *Vocabulário técnico e crítico de arquitectura*, o termo “formigão” foi indicado como sinónimo de betão²⁹⁵, sendo que, no caso, o material consistiria simplesmente em uma mistura de areia, cal e pedra amassados com água. Afinal, esta indicação do *Vocabulário técnico* faz referência a uma época anterior ao advento do cimento tipo Portland, já que o “formigão” não é mais usado.

Constatam-se, pois, divergências semânticas acerca da terminologia “formigão” que, pelo que se pode deduzir, teria ao menos dois sentidos distintos: ou seria um tipo especial de taipa, ou de argamassa (ou melhor, betão), coincidentes só no uso do agregado graúdo.

Possivelmente, em ambos os casos, a definição deve ter surgido em decorrência das pedras maiores presentes nas misturas. Só que, no caso exemplificado com passagens de Negreiros e de Vasconcellos, o material poderia

²⁸⁹ CHAGAS, José Trindade, «Fortificações de taipa em Portugal: aspectos construtivos», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 193-196. p. 193.

²⁹⁰ CHAGAS, José Trindade, «Fortificações de taipa em Portugal: aspectos construtivos», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 193-196. p. 193.

²⁹¹ GIULIANI, Cairoli Fulvio, *L'edilizia nell'Antichità*, 4ª impr., Roma, NIS, 1995. Cap. VII, p. 171.

²⁹² Auguste Choisy (*Vitruve*, 4 vol., Paris, Lahure, 1909. p. 29), L. Jacomo (*Not. Scavi Acc. Lincei*, 1924. p. 339), Martin Ginouvès (1985, l s.v.).

²⁹³ GIULIANI, Cairoli Fulvio, *L'edilizia nell'Antichità*, 4ª impr., Roma, NIS, 1995. Cap. VII, p. 173.

²⁹⁴ GIULIANI, Cairoli Fulvio, *L'edilizia nell'Antichità*, 4ª impr., Roma, NIS, 1995. Cap. VII, p. 173.

²⁹⁵ RODRIGUES, Maria João Madeira, SOUSA, Pedro Fialho de, BONIFÁCIO, Horácio Manuel Pereira, *Vocabulário técnico e crítico de arquitectura*, 2ª ed. rev., Coimbra, Quimera, 1996. p. 138.

ser realmente enquadrado como terra crua, enquanto que nos exemplos retirados do texto de Trindade Chagas e do de Rodrigues, Sousa e Bonifácio, o material não continha terra. Assemelhava-se ao betão utilizado pelos romanos tanto no “*opus implectum*”²⁹⁶ quanto no “*opus reticulatum*”²⁹⁷. Optou-se por não incluir a terminologia “*opus signinum*” na definição de “*formigão*” ora considerada porque, segundo Perrault, “*signinum*” era uma mistura de telhas partidas e cal, ou uma espécie de argamassa²⁹⁸, constituída por cal, areia e grossos calhaus²⁹⁹, e o mesmo material, no texto de Cozzo, foi simplesmente definido como uma espécie de revestimento³⁰⁰. Dessa maneira, o “*formigão*” mencionado por Trindade Chagas e por Rodrigues, Sousa e Bonifácio deveria estar enquadrado no capítulo das argamassas, e não neste.

Facto similar foi detectado quanto à terminologia “*taipa de cal*”: ao mencioná-la, o arquitecto português Vitor dos Santos (séc. XX) forneceu dados que despertaram interesse por apontar a adição de sebo à mistura, uma forma de utilização de materiais não verificada em nenhum dos textos antigos consultados³⁰¹. Isto pode ser observado na citação transcrita a seguir:

“A massa de taipa de cal utilizada era preparada previamente em obra, em caldeiras. Sobrepondo camadas alternadas (20 a 30cm de espessura) de saibro (areia argilosa amarela-avermelhada), e cal em pedra adicionada de pequenas barras de sebo, regando por cima de cada camada de saibro com água necessária à extinção da cal por fusão, obtinha-se, passados 3-4 dias, uma massa, que após curada, possuía propriedades hidrófugas consideráveis”³⁰².

Aparentemente, “*taipa de cal*” teria conotação similar ao “*formigão*” que foi considerado por Trindade Chagas como o “*opus signinum*” dos romanos. Só que a mistura era preparada antes de ser utilizada. Sendo assim, a referência supracitada não deveria também ser incluída na categoria de terra crua. Enquadrar-se-ia melhor no capítulo sobre argamassas, como já mencionado.

Mesmo assim, a indicação é interessante, sob o aspecto dos materiais de construção, de maneira geral. Só que não há informações de como o autor chegou à conclusão acerca da constituição das paredes estudadas: não foi feita referência

²⁹⁶ Helena Rua traduziu a expressão como *alvenaria de ligação*, em *Os dez livros de arquitectura de Vitruvius*, Lisboa, IST, 1998. L. II, Cap. III, p. 34.

²⁹⁷ Helena Rua traduziu a expressão como *alvenaria malhada*, em *Os dez livros de arquitectura de Vitruvius*, Lisboa, IST, 1998. L. II, Cap. III, p. 34.

²⁹⁸ Utilizada inclusive em cisternas.

²⁹⁹ VITRUVIUS, *Les dix livres d'architecture*, correcção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-simile, Bruxelas, Pierre Mardaga, 1979. L. III, Cap. IV, p. 36, Nota 7.

³⁰⁰ COZZO, Giuseppe, *Ingenieria romana*, Roma, Multigrafica, 1970, reedição anastática da edição original (Roma, Soc. Multigrafica, 1927). Cap. II, p. 186 – “*L'«opus signinum» era poi uno speciale intonaco costituito da finissimo coccio pisto impastato con malta di pozzolana*”.

³⁰¹ Inclusive, pensou-se inicialmente que o autor estava a se referir à taipa enquanto técnica de construção com terra crua.

³⁰² SANTOS, Vitor Manuel V. Lopes dos, *O sistema construtivo pombalino em Lisboa em edificios urbanos agrupados de habitação colectiva*, vol. I, Lisboa, Fac. de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 1994. Dissertação de doutoramento (policopiada). Parte II, Cap. IV, p. 22.

alguma à realização de ensaios de laboratório que pudessem identificar a presença do sebo, nem a terem sido encontradas as especificações para as ditas obras, ou mesmo que esta informação tenha sido obtida em escritos de outros autores. Desse modo, fica difícil, a princípio, a demonstração da sua veracidade. Por outro lado, o calor libertado na reacção exotérmica de extinção do óxido de cálcio teria provavelmente a capacidade de fundir o sebo, que seria o responsável por conferir certa característica de hidrorrepelência ao produto final.

Vítor Santos indicou ainda a utilização de escombros seleccionados como inertes de algumas taipas. Os escombros, segundo este autor, haviam sido utilizados em alternância com a argamassa³⁰³.

Quanto a esta última informação, provavelmente a taipa mencionada também consistia em uma espécie de betão, e não em um solo compactado, mas optou-se, mesmo assim, por indicá-la no presente capítulo, junto com as demais considerações a este respeito, com fins comparativos.

Viu-se que o solo adequado à terra compactada não deve ser muito argiloso. Pelo contrário, deve ser uma terra arenosa, com pedregulhos, e levemente argilosa, de modo a conseguir-se trabalhá-la bem, sem que haja aderência da mesma ao pilão utilizado na sua compactação e não apresente problemas de retracção. Daí a recomendação feita por Negreiros, anteriormente citada, para se misturar materiais que apresentassem uma granulometria maior (“caliça mal pizada”) ao terreno argiloso (“terra barrenta”). Este processo consiste em uma forma de estabilização do solo por adição de partículas de maior dimensão.

Na realidade, quando se mistura fracções de solo diferentes e em seguida compacta-se o material, está-se a proceder uma estabilização mista, pois estão a ser associados dois processos distintos, um físico (modificação da granulometria por mistura de grãos) e outro mecânico (compactação)³⁰⁴.

Foram encontrados em vários textos da autoria do arquitecto francês François Cointeraux (1740-1830), sugestões de diversas maneiras de se construir casas económicas a utilizar a terra crua como material básico³⁰⁵. Em um deles, inclusivamente, deparou-se com a indicação que o autor dispunha, para venda aos interessados, de uma maquete da forma³⁰⁶ e outra do pilão requeridos para se construir uma parede em taipa³⁰⁷.

Cointeraux escreveu um outro texto interessante, em doze capítulos, cada um a corresponder a um mês do ano, nos quais explicou como preparar, mês a mês, os

³⁰³ SANTOS, Vítor Manuel V. Lopes dos, *O sistema construtivo pombalino em Lisboa em edifícios urbanos agrupados de habitação colectiva*, vol. I, Lisboa, Fac. de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 1994. Dissertação de doutoramento (policopiada). Parte II, Cap. IV, p. 22.

³⁰⁴ SANTIAGO, Cybèle Celestino, *O solo como material de construção*, Salvador, EDUFBA, 1996. Parte II, p. 39.

³⁰⁵ DETHIER, Jean., *Arquitecturas de terra*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1993. p. 17 – Segundo Dethier, em vinte e dois anos Cointeraux editou cinquenta textos versando sobre a arquitectura de terra.

³⁰⁶ Taipal.

³⁰⁷ COINTERAUX, François, *Traité sur la construction des manufactures et des maisons de campagne*, 2º caderno, Paris, Cointeraux, et Niodot, 1791. p. [4].

materiais necessários para construir com terra, e como executar a obra³⁰⁸. Notou-se, também, neste texto, que já havia, na época, uma preocupação com a difusão do conhecimento e, principalmente, interesse na divulgação de tecnologias de custo relativamente baixo.

Apesar de não se ter encontrado nenhum exemplar da maquete que teria sido vendida juntamente com um dos livros de Cointeraux, supõe-se que a mesma tenha tido utilidade aos leigos, pois, recentemente, no intuito de demonstrar aos alunos do curso de arquitectura da UFBA³⁰⁹ como se procedia a moldagem de uma parede em taipa, e como deveriam ser, em linhas gerais, os taipais, foi elaborada uma maquete com finalidade idêntica, tendo-se constatado o interesse dos discentes pelo objecto e pela verificação das características da taipa com ele obtida. Actualmente, tal maquete encontra-se em exposição no Banco de Dados de Materiais de Construção e Restauro, no DCTM (Escola Politécnica).

Cointeraux indicou, também, que as pessoas deveriam, de maneira alternativa, executar suas habitações em taipa, quando se desejasse uma construção de custo relativamente baixo e não se dispusesse de boas pedras, boa areia e boa cal no sítio a construir. Este autor argumentou que uma construção assim elaborada teria melhor qualidade do que se fosse executada com boas pedras, e argamassa ruim, ou pedras fracas, e argamassa boa³¹⁰, o que é correcto. O próprio Cointeraux justificou ainda que, assim procedendo, era possível levar a efeito uma obra sólida, sem perigo de incêndio.

O bom profissional deve, realmente, discernir dentre os materiais disponíveis quais aqueles que, por suas características e preço, propiciarão um melhor resultado para o projecto ao qual se destinam. Infelizmente, isto nem sempre ocorre actualmente, por causa da falta de preparo científico da maioria dos profissionais e da ganância, tanto destes, quanto de boa parte dos comerciantes, que se interessam simplesmente por vender os seus produtos.

Os diversos textos da autoria de Cointeraux tiveram grande aceitação e divulgação na sua época, tendo, inclusive, sido publicados em diversos países e idiomas. Um exemplo disto é o opúsculo anónimo lançado em Itália, em 1793, cuja autoria é atribuída a Giuseppe del Rosso, que consistia apenas em uma síntese de quatro dos cadernos de Cointeraux, adaptando o seu conteúdo à realidade da Toscana³¹¹. Este texto, que foi dedicado à taipa e ao adobe – suas características, forma de preparo e uso –, foi reimpresso recentemente, em uma publicação comentada³¹².

³⁰⁸ COINTERAUX, François, *Architecture périodique*, Paris, École d'Architecture Rurale, 1792.

³⁰⁹ Alunos da Prof. Cybèle Santiago na disciplina Materiais de Construção IV.

³¹⁰ COINTERAUX, François, *Traité sur la construction des manufactures et des maisons de campagne*, 3º caderno, Paris, Cointeraux, et Niodot, 1791. p. 129.

³¹¹ [DEL ROSSO, Giuseppe], *Dell'economica costruzione delle case di terra*, Florença, J. A. Bouchard, 1793.

³¹² BERTAGNIN, Mauro, *Il pisé e la regola: manualistica settecentesca per l'architettura in terra. Riedizione critica del manuale di Giuseppe del Rosso Dell'economica costruzione delle case di terra (1793)*, Colecção Il modo di costruire, Roma, Edilstampa, 1992.

Antoine de Ville (1596-1656), engenheiro militar francês de renome, sugeriu a construção de muralhas com terra compactada, ou seja, taipa, no caso de ser necessário uma construção mais duradoura. Só que recomendou que fossem inseridos, entre camadas de um pé de altura, ramos verdes³¹³, de preferência de salgueiro, porque poderiam criar raízes e manter ainda mais a terra unida. Como opção, sugeriu que fossem jogadas no local sementes de feno, “*dente-de-cão*” ou relva, pelas mesmas razões.

No caso do uso dos feixes de ramos, Antoine de Ville indicou que fossem atravessadas algumas peças de madeira e, sobre elas, que se apiloasse uma nova camada de terra. Esta operação deveria ser repetida até atingir uma camada de doze ou quinze pés acima do nível do terreno³¹⁴.

Com relação à durabilidade da taipa, Antoine de Ville explicou que resistia às chuvas, aos ventos e ao fogo, e que era um material mais duro do que o betão e as argamassas³¹⁵.

Quanto ao tipo de solo a ser usado na construção de muralhas, devia ser de boa qualidade, e quanto mais gordo³¹⁶ fosse, melhor, pois daria maior sustento e sofreria menos ao esforço. Deste modo, a muralha poderia ser menos espessa do que aquela elaborada com solo “*graveleux*”³¹⁷ ou arenoso, que por sua vez requeria maior número de contrafortes para ter a sua sustentação assegurada³¹⁸.

Pelo que se pode perceber, no século XVII já era patente a preocupação com a adequação do projecto aos materiais, o que hoje, ao menos em alguns sítios, não se vê. Em algumas disciplinas ministradas em faculdades de arquitectura, por exemplo, os alunos são solicitados a elaborar projectos sem haver a menor correlação entre estes e o material, o que conduz, via de regra, a uma padronização da espessura das paredes, representadas com quinze ou vinte centímetros, caso sejam, nomeadamente, paredes interiores ou exteriores.

Com relação aos tipos de solos disponíveis à construção de fortificações, Antoine de Ville identificou quatro. Desses, apenas um, no entanto, foi julgado por este engenheiro militar como completamente adequado. Tratava-se de uma terra forte e gorda, conhecida como “*terre argille*”. Este material, quando molhado, aderiu às mãos e, seco, endurecia como cerâmica, de modo que não requeria revestimento, caso fosse adensado por compactação manual e entremeado com ramos ou travessas de madeira, o que lhe daria uma resistência maior³¹⁹.

³¹³ A taipa alternada com ramos recebe a denominação de “*faxina*”, e foi aparentemente usada com frequência na construção de fortificações. Outros comentários sobre o assunto serão efectuados mais adiante.

³¹⁴ DE VILLE, Antoine, *Les fortifications*, Lyon, P. Borde, 1641. L. II, Parte II, Cap. XVII, p. 275.

³¹⁵ DE VILLE, Antoine, *Les fortifications*, Lyon, P. Borde, 1641. L. I, Parte I, Cap. XXIX, p. 89.

³¹⁶ Compacto e untuoso.

³¹⁷ Areento, arenoso ou saibroso, porém a conter pedregulhos.

³¹⁸ DE VILLE, Antoine, *Les fortifications*, Lyon, P. Borde, 1641. L. I, Parte I, Cap. XXIX, p. 88.

³¹⁹ DE VILLE, Antoine, *Les fortifications*, Lyon, P. Borde, 1641. L. I, Parte I, Cap. XXIX, p. 89.

Dentre os outros tipos, o “graveleuse” e o arenoso não foram considerados adequados por se sustentarem pouco³²⁰, de modo que se recomendava o revestimento da muralha com outro material mais resistente.

No caso do terreno disponível ser pantanoso, poderia, segundo o mesmo autor, ser eventualmente usado no Verão, quando seco, mas não no Inverno, pois o sítio estaria encharcado. Este tipo de terreno, no entanto, seria na sua opinião melhor que o “graveleuse” e o arenoso.

Além de dar estas explicações, Antoine de Ville chamou a atenção para o facto de que, se necessário, o terreno para a construção da fortificação fosse retirado das imediações e levado para o local de implantação da construção³²¹.

Esta é uma indicação até hoje válida. Inclusive, é recomendada a análise dos solos vizinhos à obra de modo a poder aproveitá-los, pois uma construção em terra, de maneira geral, só é vantajosa caso não seja necessário o transporte do material de uma região muito distante, embora a chamada importação de solos seja por vezes a única solução possível.

O brigadeiro português Manoel de Azevedo Fortes (1660-1749) indicou a execução de parapeitos nas fortificações “com boa terra cirandada, e batida ao masso entre taipais”, revestidos internamente com “formigão”. A obra deveria ser feita no Verão, borrifando-se água à medida que a altura dos parapeitos ia aumentando, de modo a conseguir-se compactar melhor o solo, o que lhe propiciaria uma maior solidez³²².

No caso da taipa, é uma técnica que pode ser executada no Verão, já que como o solo utilizado deve ser apenas ligeiramente húmido, não há problemas de fissuração ou deformação a quando da sua secagem. O calor até ajuda o material a perder a água residual, de modo que a cobertura da edificação pode ser instalada mais rapidamente. O borrifamento do solo foi provavelmente sugerido porque o material estava seco, apenas tinha sido passado na peneira grossa, como indicado, e esta foi a forma adoptada para humedecê-lo.

J. F. Blondel considerou a taipa como uma opção económica e de rápida execução para locais onde as pedras fossem escassas. Além disto, deu referências precisas de como executar as paredes, através do deslocamento dos taipais conforme o projecto. No seu texto, inclusive, pode ser encontrada uma gravura pormenorizada dos taipais³²³ (il. 21), o que também pode ser encontrado no texto atribuído a Giuseppe del Rosso³²⁴ (il. 22).

³²⁰ Antoine de Ville mencionou, inclusivamente, que se o solo fosse composto apenas de areia, deveria ser misturado com argila, de modo a ficar um pouco mais plástico. De facto, este método é uma das formas de estabilização hoje usadas, que consiste na modificação da granulometria do material original.

³²¹ DE VILLE, Antoine, *Les fortifications*, Lyon, P. Borde, 1641. L. I, Parte I, Cap. V, p. 14/15.

³²² AZEVEDO FORTES, Manoel de, *O engenheiro português* (Lisboa, Manoel Fernandes da Costa, 1729), fac-símile, Lisboa, Direcção da Arma de Artilharia, 1993. t. II, L. VI, Cap. VI, 299/300.

³²³ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777.

³²⁴ [DEL ROSSO, Giuseppe], *Dell'economica costruzione delle case di terra*, Florença, J. A. Bouchard, 1793.

A taipa é considerada como uma técnica de construção do futuro pelo seu custo relativamente baixo, e pela facilidade de execução das paredes, pois não requer mão-de-obra especializada. Basta que se saiba como montar e deslocar os taipais à medida que for sendo necessário, e que se tenha paciência para, lentamente, ir colocando a terra e socando-a uniformemente.

Nas suas recomendações, J. F. Blondel sugeriu ainda o uso de uma argamassa de cal e areia entre as camadas, o que se sabe ser opcional na técnica da taipa. Actualmente, é um procedimento adoptado em algumas regiões do globo terrestre. Quanto ao revestimento, em cal e areia, recomendou que só fosse aplicado após secagem da parede, sendo que esta deveria ser levemente apicoada, para uma maior aderência entre ambos³²⁵.

Sugere-se, hoje, de maneira geral, que seja empregue no revestimento de uma parede de terra, um material similar ao utilizado na sua confecção. Isto porque, tendo coeficientes de dilatação iguais, os materiais trabalham juntos perfeitamente. Contudo, o uso de argamassa de cal não leva a muitos problemas, o que não se pode dizer quando o aglomerante empregue é o cimento. Não obstante, hoje em dia é comum constatar-se o uso de argamassas à base de cimento tipo Portland nos revestimentos de paredes elaboradas com terra crua. Com a adopção deste aglomerante, o revestimento termina por descolar do substrato e cai da parede³²⁶.

1.4 – REVESTIMENTO

Com relação ao uso da terra em revestimento de paredes, Catão³²⁷ (234-149 a.C.), autor que, como outros já mencionados, não pode ser considerado como conhecedor profundo da construção, visto que era um censor romano, sugeriu, em seu texto sobre economia rural, o seguinte:

“Si vous voulez crépir votre habitation, choisissez de la terre la plus remplie de craie & de terre rouge que vous pourrez trouver. Versez dessus cette terre de la lie d’huile, & mêlez-y de la paille, que vous y laisserez fermenter pendant quatre jours. Lors qu’elle aura bien fermenté, vous la tourmenterez avec un rabot³²⁸ jusqu’à ce qu’elle soit bien hachée, après quoi vous vous en servirez pour crépir votre habitation. Moyennant cela l’humidité n’y pénétrera pas, les rats n’y feront point de nids, l’herbe n’y croîtra pas, & il ne s’y fera point de crevasses”³²⁹.

O revestimento das paredes das habitações, de maneira geral, é sempre recomendado, especialmente no caso de construções rurais e naquelas cujo

³²⁵ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d’architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, Cap. XII, p. 424 a 427.

³²⁶ No caso de intervenções de conservação e restauro feitas em edificações que apresentam paredes cuja matéria-prima é a terra crua, o uso da argamassa de revestimento à base de cimento tipo Portland, além deste problema, causa a migração dos sais solúveis para a parede, o que também pode acarretar danos.

³²⁷ Marcus Porcius Cato, o Antigo. Censor romano, estadista e orador.

³²⁸ Ver informações acerca deste instrumento no item 5.4.

³²⁹ CATON, M. Porcius, «L’économie rurale», SABOREUX DE LA BONNETRIE, M., *Traduction d’anciens ouvrages latins relatifs a l’agriculture et a la médecine vétérinaire, avec des notes*. Paris, P. Fr. Didot, le Jeune, 1771. t. I, Cap. CXXVIII, p. 143.

material básico de suas paredes é a terra. É um modo de evitar o alojamento de pequenos animais, o crescimento de ervas e a penetração da humidade. Deve ser executado, na medida do possível, com material similar ao usado na parede, de modo a que ambos, parede e revestimento, tenham coeficientes de dilatação parecidos, e não venham a se separar. No entanto, podem, eventualmente, ser usados revestimentos sem terra, desde quando sejam convenientemente estudados os seus ingredientes, a sua dosagem, as técnicas de execução da parede e as formas de aplicação.

Cal aérea, cal hidráulica, cimento, gesso, pozolana, goma arábica e resina, por exemplo, são algumas das possibilidades de materiais que também podem ser empregues no revestimento de uma parede de terra³³⁰, porém ressalta-se que o uso de cada um desses materiais requer cuidados especiais de preparo e aplicação.

No caso específico indicado por Catão, foi sugerido um reboco preparado com uma mistura a conter óleo, o que lhe conferia uma maior impermeabilização. Quanto à adição de palha, ainda hoje é indicada quando a finalidade do material é o revestimento. Destaca-se que, no intuito de conseguir-se uma perfeita homogeneização dos constituintes da mistura, normalmente o material é deixado a repousar por alguns dias. Porém este repouso não pode ser excessivo, pois o contacto muito prolongado da terra húmida com as fibras pode levar à formação de ácido láctico³³¹, componente prejudicial ao processo de estabilização.

Numa tentativa de interpretar o texto de Catão na tradução francesa consultada, deparou-se com um problema na identificação do tipo de solo então recomendado: "craie" pode significar tanto carbonato de cálcio friável, quanto giz, que não é carbonato, mas, sim, sulfato de cálcio.

Caso o tradutor se estivesse a referir a giz, o material não seria indicado para revestimentos externos, por ser solúvel em água. No entanto, aventa-se a hipótese que a solubilidade do material eventualmente poderia ser reduzida através da adição de óleo, o que não se teve a oportunidade de verificar experimentalmente no âmbito desta investigação.

Os cuidados que devem ser tomados ao efectuar-se um revestimento de terra com palha, e que não foram mencionados pelo antigo autor, são os que se seguem:

- d) Não permitir que a palha apareça na superfície da parede, para não absorver a humidade ambiente e terminar por apodrecer, gerando vazios, o que causa uma redução da resistência do material³³². Possibilita o alojamento de pequenos animais nocivos à saúde humana (ou a degradação da própria palha, devido à

³³⁰ HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989. p. 330/331.

³³¹ SANTIAGO, Cybèle Celestino, *O solo como material de construção*, Salvador, EDUFBA, 1996. Parte II, p. 43.

³³² HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, *Traité de construction en terre*, Marselha, Parenthèses, 1989. p. 89 – "En revanche, une alternance de cycle de mouillage et de séchage ne contribue pas à dégrader les fibres du moment qu'un séchage est assuré; des analyses faites sur des matériaux très anciens (adobes de l'Égypte pharaonique par exemple) le prouvent".

ação de tais animais), o mesmo se dando caso haja aparecimento de algas, fungos e líquenes. No caso específico, o problema deve ter sido minorado pela presença do óleo que confere hidrorrepelência à mistura³³³;

- e) Utilizar fibras curtas, com o comprimento compreendido entre quatro e seis centímetros, dispostas em todas as direcções, para haver uma perfeita travacção do material;
- f) Usar terra no estado plástico ou líquido, de modo a conseguir-se uma mistura íntima dos materiais;
- g) Evitar o paralelismo e a concentração de fibras, assim como a quantidade total de fibras a empregar, visto que fibras em excesso causam redução da resistência mecânica e aumentam as possibilidades de absorção de água, o que conduz à degradação do material³³⁴.

No revestimento dos parapeitos e dos terraplenos, o marechal francês Sebastien le Preste de Vauban (1633-1707) recomendou o uso de terra compactada³³⁵, sugerindo, inclusivamente, que a densificação das camadas fosse feita de maneira assaz curiosa:

“...les arranger par lits de 8 à 9 pouces d'épais, & de faire promener de la cavalerie en troupes par plusieurs allées & venues le long du rempart, jusqu'à ce que la superficie en devienne ferme & dure comme celle des grands chemins”³³⁶.

1.5 – OUTRAS FORMAS DE USO DA TERRA CRUA

O céspede, mencionado pelo romano Flávio Vegécio, era um bloco de terra a conter gramíneas (com raízes). Diferenciava-se de tepe pela forma como se apresentava – ladrilho (paralelepípedo) –, pois tepe consistia em um bloco de terra cortada em forma de cunha.

Vegécio afirmou, e tinha razão, que os céspedes eram bastante convenientes, pois as raízes neles presentes abraçavam a terra³³⁷.

Quanto aos céspedes, Belluzzi disse que deveriam ser de solo bom e duro, preferencialmente com erva bem miúda. Se isto não fosse possível, que se usasse terra cretosa ou viscosa, e com ela se fizesse adobe³³⁸. A terra “arenosa,

³³³ Supõe-se que isto tenha ocorrido, pois, quando a palha utilizada na estabilização do solo fica totalmente embebida em qualquer óleo, não absorve a humidade ambiental e, conseqüentemente, não se degrada. Entretanto, para comprovar a hipótese, seria necessário preparar-se algumas áreas de teste, o que não foi possível no desenrolar dessa investigação.

³³⁴ SANTIAGO, Cybèle Celestino, *O solo como material de construção*, Salvador, EDUFBA, 1996. Parte II, p. 42/43.

³³⁵ Que não contivesse pedrisco.

³³⁶ VAUBAN, Sebastien le Preste, *Traité de la defense des places*, Paris, Charles-Antoine Jombert Père, 1769. Parte I, p. 10 – Sublinhado não existente no texto original.

³³⁷ VEGECIO, Flavio, *De re militare: Instituciones militares*, trad. de José Maria de Castro y Calvo, Barcelona, Casa Provincial de Caridad, 1945. L. III, Cap. VIII, p. 371.

³³⁸ BELLUZZI, Giovan Battista, «Il trattato delle fortificazioni di terra», LAMBERINI, Daniela, *Il disegno interrotto*, vol. IV, Florença, Gonnelli, 1980. Cap. XVI, p. 430.

sabionosa, ghiarosa o petrosa”, o outro tipo existente de solo³³⁹, segundo esse autor, só deveria ser utilizada em último caso, na construção de bastiões em terra batida ou *“faxina”*, que seriam revestidos em pedra³⁴⁰, pois não propiciavam obras de muita durabilidade.

João Coutinho, capitão engenheiro português da praça de Pernambuco (Brasil)³⁴¹, ao emitir parecer sobre as fortificações da Bahia, teceu comentários acerca do material com que eram feitas e o seu estado de degradação. Neste documento, pode-se perceber que foram usados, nos revestimento de algumas trincheiras, torrões retirados de locais pantanosos, cheios de gramíneas, que ainda se encontravam em bom estado mais de quatro décadas após terem sido usados³⁴².

O solo de zonas pantanosas é rico em matérias orgânicas, que podem aumentar a plasticidade entre as partículas que o formam. No caso, a ligação entre as diversas partículas deveria ser mais intensa ainda por causa da presença das gramíneas.

Quanto à estrutura em torrões ter sido comparada à taipa, foi provavelmente só no aspecto externo, e no caso de tratar-se de uma alvenaria revestida, visto que o material compactado é muito mais denso do que o cortado. Além do mais, em uma parede de taipa sem reboco pode-se notar claramente as camadas correspondentes à altura dos taipais usados na sua execução, o que não ocorreria no caso do uso dos torrões³⁴³.

Em uma informação sobre a reconstrução dos fortes de São Pedro, Santo Antônio e Barbalho, na cidade do Salvador, tendo sido sugerido que o serviço fosse executado em pedra e cal, os engenheiros militares que deram, em Portugal, pareceres sobre o relatório de João Coutinho, informaram que as ditas reconstruções poderiam ser feitas em *“gazon”*³⁴⁴ ou *“torrão”*, por ser o terreno acomodado p.^a isso em obras pequenas³⁴⁵.

³³⁹ Solo com granulometria maior, que não era argiloso, nem siltoso.

³⁴⁰ BELLUZZI, Giovan Battista, «Il trattato delle fortificazioni di terra», LAMBERINI, Daniela, // *disegno interrotto*, vol. IV, Florença, Gonnelli, 1980. Cap. XIX, p. 431.

³⁴¹ Embarcado para o Brasil em 1649.

³⁴² COUTINHO, João, «Informação e parecer da Planta da Bahia, que enviou João Cout.^o Engenhr.^o de Pem.^{oo}. Relação da fortificação da Cid.^e da B.^a de Todos os Santos, e da forma em q se deve fazer. Discrição da Cidade», *Registo de cartas régias (1675-1695)*, Bahia, Mss. 245 (AHU), 30/Mar/1685. fls. 124v.– *“Estas trinchr.^{as} acho se fizeram ha mais de quarenta annos, e estão com pouca ruina, porq a terra de q são feitas, julgo pla melhor q se pode imaginar p.^a semelhantes obras, e se sustenta sem fachina, revestindoa por fora co’torrão tirado dos alagadissos, e depois de ligada parece taipa de pilão, e alem de tudo isto lhe nasce logo grama em grande quantid.^e, por ser todo o territorio cuberto della; a cor da terra eh vermelha escura, com mistura de saibro, ca’lgum cascalho, e em p.^{tes} tira a amarelo”* – Grafia original.

³⁴³ É bem verdade que, se a parede estava completamente tomada por gramíneas, o aspecto da sua superfície não podia ser notado.

³⁴⁴ Céspedes.

³⁴⁵ AHU, Mss. 245, *Registo de Cartas Régias (1675-1695)*, fls. 124. Papel que veyo por copia incluso no dito Decreto, sobre se minorarem os preços das obras das fortificações da Cid.^e da B.^a Bahia, Março de 1686.

Nota-se, da passagem acima, que tanto o céspede quanto o torrão eram usados na construção de fortificações. Quanto a seu emprego apenas em obras pequenas, possivelmente devia-se ao facto que este material, quando usado em alvenarias, não suportar grandes cargas. Poderia ser usado em construções de maior porte quando adoptado para revestimento.

Ao indicar como se devia preparar o terreno para a construção em locais pantanosos, Pfeffinger disse que uma das etapas consistia na utilização de terra compactada e de uma camada de céspedes, ou torrões de secção quadrada³⁴⁶.

Tanto o solo compactado, quanto o cortado (com gramíneas), apresentam, de maneira geral, maior durabilidade do que as demais formas de uso da terra crua. No entanto, em terrenos pantanosos, caso não fosse prevista, uma camada de algum material mais resistente à acção da água³⁴⁷, seguramente a sua duração não ia ser muito grande.

Mathias Dögen, engenheiro militar holandês, autor de um tratado clássico muito citado pelos tratadistas portugueses que o sucederam³⁴⁸, também sugeriu o uso de céspedes, porém contendo elementos vegetais, no revestimento das muralhas.

Esse autor forneceu, no seu texto, as informações necessárias para a retirada de cada uma das unidades, as dimensões indicadas para as mesmas e as características que o solo deveria apresentar para ser possível o seu corte, como pode ser verificado na transcrição a seguir:

“...on taille les gazons dans une place herbue, ver[t]s & vivan[t]s, larges d'un pié & demi (...) On les taille de telle façon,³⁴⁹ que d'une part sur le derrière on le rinde plus gresles [sic] & plus minces, afin que mêlés & entassés avec le reste de la terre du rampar, ils s'accomodent & s'unissent mieux, & composent une seule masse avec tout le cor[p]s du rampar (...) Que si la terre que l'on employe à la structure du rampar est sabloneuse, & fort légère, il ne faudra pas seulement la battre fermement & la bien entasser avec la hie, mais aussi pour chaque pié de terre ainsi battu, on interposera un lit de fascine, à sçavoir envers la superficie & le panchant, pour lier l'œuvre & l'arrêt, & sur ces fascines on couchera encore un pié de terre, qui se doit battre jusques à ce qu'il soit affaissé environs un tiers, puis on ajoûte un lit dozier & de samblables branches de bois flexibles, continuant toujours ainsi, tant que le rampar ait sa juste hauteur. Mais si la terre n'est pas sabloneuse & que naturellement elle ait quelque force & quelque liason pour se soustenir, en ce cás on peut entasser cinq ou six ordres de gazons l'un sur l'autre, liés de fascine, ou de rameaur d'ozies & de samblables bois, afin que le sable soit

³⁴⁶ PFEFFINGER, *Fortificação moderna*, trad. de Manoel da Maia, Lisboa, Officina Real Deslandesiana, 1713. L. IV, Cap. XVII, p. 227/228.

³⁴⁷ Uma camada de pedras, por exemplo.

³⁴⁸ Serrão Pimentel, Azevedo Fortes e Diogo Vellozo, por exemplo.

³⁴⁹ *"On taille & on élève avec des instrumans de fer le gazon avec sa motte en ses racines, haut d'un ½ pie, large d'un pié, long d'un pié & ½. Que si la terre est trop légère en maniere que le gazon ne se puisse tailler en forme de brique, &c. Vegéce, de Part de la guerre liv. III, chap. VIII"* – Essa informação aparece como nota (a), no texto original, exactamente nessa posição.

*retenu, & que l'ouvrage soit afferme dans les mesures qui lui sont ordonées*³⁵⁰.

O uso de blocos de terra cortada a conter raízes de vegetais, de modo a dar-lhe firmeza, é uma prática ainda em vigor, em certas partes do mundo. Não se recomenda, entretanto, que o material seja submetido a grandes cargas de compressão.

A adopção da “*faxina*”, ou seja, o uso de feixes de galhos finos de árvores entre duas camadas de terra compactada, muito comum na engenharia militar dos séculos XVII e XVIII, especialmente na construção de muralhas de fortificações, não mais vigora. Talvez pelo facto de não se conseguir uma homogeneidade terra/feixe, ou simplesmente porque os ramos de vegetais apodreciam quando recebiam humidade, e o trecho onde os feixes se encontravam tomavam-se pontos fracos na muralha. Poderia ocorrer, inclusivamente, o desaparecimento do elemento vegetal, de modo que se ficava com um vazio no interior da muralha, o que viria a desencadear o seu desmoronamento.

Referência à “*faxina*” também foi encontrada no tratado atribuído ao cavaleiro fidalgo António Rodrigues³⁵¹ (?-1572) por Rafael Moreira (séc. XX). Segundo este texto, os ramos que deviam ser utilizados na faxina, de modo que ela fosse boa e durável, deveriam ser de madeira que fosse resistente quando sob o solo. Quanto à terra, não deveria ser “*areoza*”, nem pedregosa³⁵².

Realmente, uma das características importantes de uma madeira, no caso de se desejar colocá-la em contacto com solo, é a sua durabilidade quando em contacto com a humidade. A recomendação para a terra não ser nem muito arenosa, nem pedregosa fazia um certo sentido, visto que um solo tendendo mais ao argiloso se amoldava melhor aos feixes de vegetais que nele eram embutidos. Só que o teor de argila não podia ser muito alto, já que a terra era sempre apiloada sobre a “*faxina*”, e os solos argilosos aderem ao pilão, o que se tornava inconveniente à execução da obra.

Azevedo Fortes ao mencionar o uso de “*faxina*”, afirmou ser um material recomendado quando não se dispunha de muita terra no local, ou quando se tivesse a necessidade de fortificar rapidamente determinado sítio. O sobro, o carvalho, o azinho ou o castanho podiam ser usados, assim como a oliveira³⁵³.

No tratado atribuído a António Rodrigues foi indicado para, no caso do uso de blocos de terra cortada, se optar pela greda, sempre misturada com ervas³⁵⁴.

³⁵⁰ DÖGEN, Matthias, *Architecture militaire moderne*, Amsterdão, Elzevieri, 1647. L. II, *Chapitre dernier*, p. 437/438.

³⁵¹ Arquitecto nomeado em 1565 como mestre das obras reais, em Lisboa.

³⁵² [RODRIGUES, António], [Tratado de arquitectura], [Lisboa], Cód. 3675 (BNL), [séc. XVI]. Cap. VII, fls. 15v, Apud MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada).

³⁵³ AZEVEDO FORTES, Manoel de, *O engenheiro português* (Lisboa, Manoel Fernandes da Costa, 1729), fac-símile, Lisboa, Direcção da Arma de Artilharia, 1993. t. II, L. VI, Cap. IV, p. 289.

³⁵⁴ [RODRIGUES, António], [Tratado de arquitectura], [Lisboa], Cód.3675 (BNL), [séc. XVI], Cap. VII, fls.15/15v. Apud MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século*

Belidor também sugeriu o uso de blocos de terra cortada com fibras, só que associados à terra batida (como revestimento):

“...parapets en gazonnage, ou placage seulement, observant de mettre à part toutes les meilleures terres qui ont été portées dans ces pieces pour être ensuite passées à la claye, & employées tant à la construction des parapets, qu’à recouvrir d’un pied & demi de hauteur toutes les superficies des terre-plein & taluds des remparts, qui seront ainsi que les banquettes, bien battus, bien dressés & arrasés suivant leur niveau & alignement”³⁵⁵.

Na opinião de Mathias Ayres, a terra crua não era um material capaz de adquirir rigidez. Por esta razão, era pouco durável. Negreiros, o já citado arquitecto militar lisboeta que viveu no mesmo século, concordou com este pensamento, já que transcreveu a seguinte passagem³⁵⁶:

“Hum composto de barro, ou de qualquer terra commu’a, em nenhum tempo pode admittir firmeza, ainda que a hum composto tal se lhe ajunte a melhor pedra, nunca de huma tal composição se ha de formar hum corpo solido, porque o barro conserva sempre propensão p^a desunirse ou disolverse na agoa”³⁵⁷.

A questão que esses dois autores não levantaram foi que a dissolução de uma parede em terra crua só iria ocorrer caso lhe fosse facultado o contacto com a água. A construção com terra é durável se a matéria-prima for bem escolhida, a obra bem executada, os detalhes de projecto fizerem a previsão do afastamento da água (das chuvas, de lençóis freáticos ou proveniente de canalizações defeituosas). Isto pode ser conseguido pela adopção de fundações e/ou embasamentos de pedra, longos beirais e revestimento adequado. No entanto, mesmo mencionando a pouca durabilidade do solo como material de construção, Negreiros indicou como usá-lo, o que mais uma vez comprova que o material era corriqueiramente adoptado em Portugal, conforme pode ser constatado na informação dada por este autor com relação à execução de paredes de taipa.

No texto de J. F. Blondel, também do século XVIII, encontrou-se um pequeno histórico sobre os materiais de construção utilizados em habitações, em diversos países. Dentre os materiais citados, a terra crua apareceu sob a forma de tabique de taipa e de “*torchis*”³⁵⁸, além da já mencionada taipa³⁵⁹.

XVI, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada).

³⁵⁵ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. V, Cap. III, p. 35.

³⁵⁶ O texto de Mathias Ayres foi publicado cerca de vinte anos antes de Negreiros escrever o seu manuscrito *Jornada pelo Tejo*, porém este contém inúmeras passagens transcritas do texto do autor paulista.

³⁵⁷ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de arquitectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. II, p. 8 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 136.

³⁵⁸ Considerações mais detalhadas sobre o “*torchis*” serão tecidas mais adiante, à p. 78.

³⁵⁹ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d’architecture*, Paris, Desaint, 1771. vol. I, t. I, Introduction, p. 5.

Ao descrever a maneira de executar coberturas em terraços, este mesmo autor exemplificou com aquelas adoptadas em edificações no norte da Suécia:

“...on se contente d’etendre sur les solives des planchers supérieurs de l’écorce de bouleau, dont la substance passe pour être en quelque façon incorruptible, & l’on recouvre ensuite ces écorces d’une épaisseur de terre suffisante pour y pouvoir sémer du gazon”³⁶⁰.

Coberturas de terra revestida com gramíneas são ainda hoje encontradas na Escandinávia. Além de protegerem a habitação das intempéries, propiciam um bom isolamento térmico, mantendo a casa aquecida no tempo frio.

Com respeito à construção de muros para fortificações, Tomaz Vicente Tosca, assim como Dögen, afirmou que podiam ser executados com blocos de terra cortada. Só que Dögen descreveu céspedes, e Tosca, tepes, ou seja, pequenos blocos de terra cortada em forma de cunha (tepes), a apresentar gramíneas na sua constituição. A presença de gramíneas servia, como mencionado, para dar maior travação e firmeza à obra.

Tosca descreveu, inclusivamente, a maneira como deviam ser cortados os blocos, assim como a proporção entre as suas dimensões e o cuidado com a execução da obra, de modo que a fundação fosse um pé mais funda do que o nível do terreno onde ela fosse apoiada. Este terreno, por sua vez, deveria estar bem compactado, para que a construção apresentasse boa solidez³⁶¹.

A execução do parapeito e do caminho de ronda, no entender desse mesmo autor, devia ser feita de tepes ou “faxina”, e que se tomasse cuidado para que o parapeito fosse:

“...de tierra pingue bien apretada, y serà acertado se ponga muy humeda, y amassada con alguna paja menuda, como quien haze [sic] adobes, porque con esto serà mas resistente à las valas [sic], y al el tiempo”³⁶².

O uso de uma terra fértil³⁶³ é por vezes recomendado, por ser uma terra de boa ligação. No caso da indicação acima, devia ser utilizada juntamente com a faxina, mas pelo estado hídrico sugerido, o material possivelmente não devia ser submetido à compressão. É possível, inclusive, que a “receita” acima tenha sido dada para um revestimento, mas isto não ficou claro no texto. Quanto à presença de fibras vegetais miúdas, serviria para criar uma espécie de trama interna na terra, de modo a dificultar, de certo modo, a degradação dos parapeitos, quando sujeitos ao ataque inimigo³⁶⁴. Como a palha também propicia uma maior união entre os

³⁶⁰ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d’architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VIII, t. VI, Cap. III, p. 127.

³⁶¹ TOSCA, Thomas Vicente, «De la arquitectura militar», *Compendio matematico*, Tratado XVI, Madrid, Antonio Marin, 1727. t. V, L. II, Cap. V, Prop. XX, p. 310.

³⁶² TOSCA, Thomas Vicente, «De la arquitectura militar», *Compendio matematico*, Tratado XVI, Madrid, Antonio Marin, 1727. t. V, L. II, Cap. V, Prop. XXI (Theorema), p. 312.

³⁶³ “Tierra pingue”.

³⁶⁴ A terra, sob a forma de calda, misturada com palha, funcionaria, também, como uma espécie de vedante. Sendo usada da maneira recomendada, serviria para eliminar eventuais orifícios na superfície dos parapeitos, conferindo-lhes maior uniformidade. Nestas condições, dificultaria, também, o acesso da água e de pequenos animais.

diversos componentes da mistura, desde quando fossem tomados os cuidados genéricos recomendados quando do uso deste material, o parapeito realmente resistiria mais ao tempo.

Denomina-se esta mistura de calda de terra³⁶⁵ e palha como “terra-palha”, material de viscosidade variável a depender do tipo de solo utilizado e da proporção entre o solo e a água. A “terra-palha” também pode ser usada na confecção de blocos ou para preencher uma ossatura de madeira. A presença da palha assegura ao produto final uma pequena retracção vertical, enquanto que a horizontal inexistente. Além disto, este é um material que apresenta boa durabilidade, resistência ao fogo e às intempéries, e um bom isolamento térmico, não sendo adequado, entretanto, para locais de clima húmido, condições estas asseguradas através de protecção do material contra a acção da água.

A diferença entre o adobe estabilizado com palha e a “terra-palha” reside na quantidade de palha empregue em sua confecção, assim como no estado hídrico de ambos, embora, como já dito, a calda possa servir na moldagem de blocos, que a grosso modo podem ser considerados como espécies de adobes.

Outra maneira de se construir com solo, cuja referência foi encontrada no texto de André Félibien, de finais do século XVII, foi o “torchis”:

“...composition de terre grasse meslée [sic] & pestrie [sic] avec du foin ou paille, dont l'on se sert en pluisiers endroits pour faire des cloisonnages & des planchers: on tortille cette matiere autour de certains bastons en forme de torches, à cause dequoy [sic] on les appelle torchis”³⁶⁶.

Ao tecer comentários acerca do tratado de Vitruvius, Perrault também mencionou o torchis, definindo-o da seguinte forma:

“...en plusieurs endroits en France (...) les cloisonnages & les planchers sont faits d'une composition de terre grasse pétrie avec du foin, apelée «torchis», parce que cette composition est entortillée au tour de plusieurs bastons en forme de torches”³⁶⁷.

As duas citações são, como se pode verificar, praticamente idênticas, o que reflecte que uma prática em voga no século I a.C. ainda permanecia em vigor até finais do século XVII. Na realidade, o “torchis”³⁶⁸ hoje continua a ser utilizado em certas regiões do globo, com as características acima descritas, conforme pode ser constatado em textos contemporâneos³⁶⁹.

³⁶⁵ Barbotina.

³⁶⁶ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve & Jean Baptiste Coignard Fils, 1699. p. 526.

³⁶⁷ VITRUVIUS, *Les dix livres d'architecture*, correcção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-simile, Bruxelas, Pierre Mardaga, 1979. L. II, Cap. III, p. 34.

³⁶⁸ VITRUVIUS, *Os dez livros de arquitectura*, trad. de Helena Rúa, Lisboa, IST, 1998. L. II, Cap. III, p. 34 – Helena Rúa traduziu o termo como “torchida”.

³⁶⁹ HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989. p.187.

J. C. Rêgo Monteiro (séc. XX), ao descrever as fortalezas que existiam na região sul do Brasil, no século XVIII, relatou que a maioria delas era construída com alguma forma de terra crua. Inclusivamente, este mesmo autor verificou que muitas delas foram destruídas por terem sido executadas à beira de rios caudalosos, sem que fossem tomados os devidos cuidados a quando da sua erecção. Segundo seu texto, a terra crua foi utilizada nas referidas construções militares das seguintes formas: torrão e estacaria; barro socado; barro e estacadas, com pranchões de madeira; "faxina" e barro; "faxina", estacaria e areia³⁷⁰.

A água é um dos agentes de degradação dos materiais que maior vigor tem, principalmente em se tratando da terra crua. Todas as formas de construção citadas no texto de Monteiro poderiam apresentar bom desempenho e durabilidade, desde quando os cuidados de projecto e escolha dos materiais auxiliares tivessem sido observados. Isto sem mencionar que as características recomendadas dos solos tinham que ser igualmente verificadas.

O militar italiano Alessandro Vittorio d'Antoni Papacino³⁷¹ recomendou, em seu texto *Architectura militar*, o uso de uma camada de terra peneirada, bem compactada, sobre as abóbadas, de modo a fazer com que o edifício resistisse mais ao impacto das bombas³⁷². Antoni também mencionou o uso de faxina e terra apiloada em fortificações, sem dar porém detalhes do seu emprego³⁷³.

A recomendação para que a terra fosse peneirada indica que o material ideal, deveria apresentar uma granulometria razoavelmente uniforme, e ser isento de pedriscos. Um solo com estas características, após apiloamento, se constituiria em uma camada de material mais compacto e, por conseguinte, com maior capacidade de absorver o impacto das bombas.

No dicionário militar, da autoria do General de Divisão Alexandre Pedro Julienne de Belair (1747-1819), de nacionalidade francesa, além de ser ensinado a executar o revestimento das escarpas e contra-escarpas das fortificações em "gazonnage"³⁷⁴, consta que também era usada nas construções militares outra forma de terra crua, sacos de terra, uma das variantes do que actualmente é denominado "terra de enchimento".

Os sacos de terra eram, segundo Belair, sacos cilíndricos, de dois pés de comprimento e sete a oito polegadas de diâmetro. Eram feitos em tela resistente. Após cheios, podiam ser arrumados sobre os parapeitos das fortificações de

³⁷⁰ MONTEIRO, J. C. Rêgo, «Fortificações do canal e cidade do Rio-Grande: 1777», *Actas do II Congresso de História e Geografia Sul-Rio-Grandense*, Porto Alegre, Livraria do Globo, 1927 – São citadas como exemplos, nos textos, as seguintes obras militares que teriam sido feitas com solo: fortes da Conceição, de Santa-Bárbara, do Triunfo, da Vila (de Jesus, Maria, José), do Arroio, do Patrão-mor e Bateria de São José.

³⁷¹ Autor mais conhecido simplesmente como Antoni.

³⁷² PAPACINO, Alessandro Vittorio d'Antoni, *Architectura militar*, trad. de Mathias José Dias Azedo, Lisboa, Typographia Regia Silviana, 1790. t. I, p. 228.

³⁷³ PAPACINO, Alessandro Vittorio d'Antoni, *Architectura militar*, trad. de Jozé Lane, Lisboa, João Antonio da Silva, 1790. t. III.

³⁷⁴ BELAIR, A. P., *Èlémens de fortification*, 2ª ed., Paris, Maginel, 1793. p. 403 – Blocos de terra cortada com relva; céspele.

maneira espaçada, viabilizando que os soldados pudessem atirar através dos vazios deixados entre eles³⁷⁵.

Esta é uma forma de uso de terra seca que sempre foi utilizada em períodos de guerra ao longo dos séculos, quer para a defesa, quando se arrumava uma parede da forma como acima descrito, para funcionar como trincheira, quer como habitação. Na realidade, é usada para a construção de habitações de emergência no caso de populações sinistradas, de maneira geral³⁷⁶. Outras formas e dimensões de sacos de terra podiam, entretanto, ser adoptadas, e não apenas a indicada por Belair. Ainda hoje, a mesma técnica é usada, em situações especiais: para dificultar a invasão de água, em uma enchente, ou para evitar o desmoronamento de uma encosta, em época de chuva, por exemplo.

Além de todas as formas anteriormente descritas de uso da terra crua, também se encontrou em alguns textos referências sobre o seu emprego na moldagem de estátuas.

O padre Ignacio da Piedade Vasconcellos³⁷⁷ (Ca.1676-1746) citou moldes curiosos para estátuas, executados em solo estabilizado com pelo de animais (coelho ou cabra), teias de aranha, ou esterco de bestas, sendo que neste último caso, o material apresentaria melhores características se misturado com clara de ovos³⁷⁸.

1.6 – ASSOCIAÇÃO DE MATERIAIS

Em certas regiões do globo terrestre, é comum encontrar-se edificações feitas a usar terra crua como material de construção básico, porém sob duas formas diversas associadas.

Em Goiás, estado do interior do Brasil, há cidades onde as casas assobradadas, erguidas no século XVIII, foram executadas em taipa (rés-do-chão) e tabique de taipa (pavimento superior). Em outros estados isto também pode ser notado. Em São Paulo, por exemplo, a casa da Marquesa de Santos é uma mistura de adobe, taipa e tabique de taipa (ou pau-a-pique).

No Peru, por causa dos frequentes sismos, as construções de dois pavimentos são em adobe, no rés-do-chão, e “quincha”³⁷⁹, no pavimento superior. Isto porque as edificações, construídas antigamente em dois pavimentos feitos unicamente em adobes, caíam com facilidade. A “quincha”, nos moldes tradicionais, foi usada no Peru durante o período de dominação espanhola e até as primeiras

³⁷⁵ BELAIR, A. P., *Élémens de fortification*, 2ª ed., Paris, Maginel, 1793. p. 404.

³⁷⁶ HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989. p. 168.

³⁷⁷ Cónego Secular de São João Evangelista. Dedicou-se ao estudo da arquitectura, da pintura e da escultura. Foi baptizado em 28.3.1676.

³⁷⁸ VASCONCELLOS, Ignacio da Piedade (Pe.), *Artefactos symmetriacos, e geometricos*, Lisboa Occidental, Joseph Antonio da Sylva, 1733. L. I, Cap. XV, p. 158.

³⁷⁹ A “quincha” é uma forma de terra sobre estrutura a apresentar, além da trama em caniços, uma trama de palha entrelaçada de maneira ordenada, como cestos.

décadas deste século³⁸⁰. Nos últimos anos, entretanto, vem sendo utilizada sob a forma de painéis pré-moldados.

Após mencionar com que materiais e de que maneira deveria ser erguida uma parede em taipa, Negreiros indicou que, sobre cada uma das camadas, deveria ser colocada uma fiada de tijolo inteiro, "*sentado em cá*", atravessando a espessura da parede³⁸¹.

Era, pois, costume, na época, a intercalação do material terra crua – no caso, sob a forma de taipa – com alvenaria de tijolos, como meio de conseguir-se uma maior travacão das paredes.

Soluções similares são ainda hoje usadas em diversas partes do mundo. É uma técnica mista de construção de muros. No Peru, usa-se eventualmente uma camada de pedra entre duas camadas sucessivas da taipa, e por vezes, tanto aí, quanto em outros países (França, por exemplo), cal extinta, em pó. No entanto, a quando são usadas pedras, estas são colocadas faceando as laterais, e não ao longo de toda a espessura das paredes, como se faz no caso da cal. Exemplos similares são observados em Portugal, onde tanto a cal pulverizada, quanto pequenas pedras, podem ser encontradas na mesma situação³⁸².

Todas essas formas particulares de construção visam dar uma maior solidez ao muro, porém o que se verifica é que uma obra executada simplesmente com solo pode perfeitamente resistir por séculos, desde que os já citados cuidados na sua confecção e conservação tenham sido observados.

1.7 – SOLO ESTABILIZADO

A inclusão de ingredientes de natureza variada aos solos a serem utilizados na construção, de maneira a melhorar o seu desempenho, remonta a muitos séculos. Era feita, obviamente, de maneira empírica.

Até mesmo na Bíblia Sagrada é possível encontrar-se referência ao assunto. Isto quando foi mencionada a proibição instituída por um dos faraós do Egito para que, como punição à população, não fosse fornecida a palha para o fabrico de adobes³⁸³. Desta passagem se conclui, pois, que os adobes, naquela região, eram normalmente estabilizados com fibra vegetal.

³⁸⁰ BARIOLA, J., TINMAN, M., ORTIZ, R., ALBERCA, B., VARGAS, J., «Comportamiento estructural de la quincha», *Actas da 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990, p. 311-321. p. 311.

³⁸¹ NEGREIROS, José Manuel de Carvalho, *Additamento: ao livro intitulado Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 3760 (BNL), 1797. vol. III, fls. 49.

³⁸² PINTO, Fernando, «Arquitectura de terra: que futuro?», *Actas da 7^a Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 612-617. p. 613.

³⁸³ BÍBLIA SAGRADA (A), trad. de João Ferreira de Almeida, ed. revista e actualizada no Brasil, Brasília, Sociedade Bíblica do Brasil, 1969. p. 66. Êxodo, 5:7 – "*Daqui em diante não torneis a dar palha ao povo, para fazer tijolos, como antes; eles mesmos que vão e ajuntem para si a palha*". Apesar de aparecer a indicação "*tijolos*", o emprego da palha é um indício bastante forte desse material ser o adobe, e não o tijolo cerâmico.

Outras formas de estabilização, além das já mencionadas neste texto, foram igualmente utilizadas ao longo dos séculos. Um exemplo que remonta aos primórdios da colonização brasileira foi a informação indirecta do uso da cal na estabilização do solo a ser usado na construção da muralha da cidade do Salvador³⁸⁴, no século XVI (il. 23). Tal informação foi dada em uma carta por Luís Dias, ocasião em que disse que eram muito altas para serem de taipa sem cal³⁸⁵.

É impossível afirmar se a causa do desmoronamento da cinta de defesa da cidade foi simplesmente sua altura excessiva com relação à espessura e desenho. É provável que tenha ocorrido algum problema por causa da má utilização do material. Eventualmente, o problema pode ter sido ocasionado pelo mau emprego da técnica de estabilização, como por exemplo, o uso de um tipo de solo inadequado na mistura ou a dosagem errada da cal. Isso, contudo, só poderia ser comprovado através de ensaios geotécnicos, mas infelizmente não há remanescentes de nenhum troço da muralha passível de análise.

De qualquer modo, de acordo com a bibliografia consultada, a muralha teve que ser reduzida de dezasseis/dezoito pés de altura para onze, por não haver resistido bem às chuvas, em sendo de solo sem cal³⁸⁶.

Sabe-se, hoje em dia, que para que se opte pela estabilização de um determinado solo com cal, é necessário conhecer as suas características, pois os dois materiais, ao serem misturados, podem apresentar comportamentos bastante diferentes, por vezes antagónicos: o solo fatalmente terá a sua resistência à compressão alterada ao ser misturado com cal, porém essa alteração pode ser para mais, ou para menos. No caso de alguns solos montmoriloníticos, como o massapê baiano, por exemplo, a resistência mecânica do produto final diminui, o que já foi testado no NTPR³⁸⁷. O mesmo ocorre com a sua densidade. Apenas o índice de variação volumétrica é que sempre será menor quando do emprego de solo-cal³⁸⁸. Além do mais, a depender do tipo de solo utilizado, o percentual de cal indicado varia. O CRATerre recomenda, de maneira geral, valores entre 6 e 12% para solos com boa fracção argilosa, terras ricas em silicatos de alumínio, hidróxido de ferro, sílica e pozolanas³⁸⁹.

A prova concreta mais antiga do conhecimento e uso de solo-cal no Brasil, encontrada através de ensaios de laboratório, remonta, entretanto, apenas ao século passado: adobes estabilizados com cal foram encontrados em uma sede de

³⁸⁴ Segundo a bibliografia, Salvador foi a única cidade amuralhada construída no Brasil.

³⁸⁵ Desta informação deduz-se que a estabilização do solo com cal era, àquele tempo, uma praxe, em Portugal. Consequentemente, os quatro caieiros citados na relação dos oficiais levados para a Colónia por ocasião da fundação da cidade (1549) possivelmente preparariam cal não apenas para ser usada como aglomerante nas argamassas, mas também como estabilizante em obras à base de solo.

³⁸⁶ CARNEIRO, Edison, «Uma Brasília do século XVI», *A cidade do Salvador (1549)*, 2ª ed., Salvador, Econômico e Administração., s.d. p. 169.

³⁸⁷ OLIVEIRA, Mário M. de, SANTIAGO, Cybèle C., «Comportamento de alguns solos tropicais estabilizados com cal», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 404-409. p. 408.

³⁸⁸ Solo estabilizado com cal.

³⁸⁹ Houben, Hugo, Guillaud, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989. p. 94/95.

fazenda construída em uma pequena ilha particular no interior da Baía de Todos os Santos, a ilha das Vacas³⁹⁰.

Com relação à utilização do solo-cal em outras partes do globo, o engenheiro brasileiro José Epitácio Guimarães (séc. XX) citou que a via Appia³⁹¹ (Itália), datada de 312 a.C., e parte da muralha da China, construída no ano 228 a.C., foram executados com este material³⁹², porém a bibliografia é rica em outros exemplos.

Augustin Charles d'Aviler propôs a estabilização do solo com palha e cal³⁹³. Essa é uma prova que neste período, eventualmente, já se utilizava a dupla estabilização³⁹⁴.

O jesuíta austríaco Christiano Rieger também informou que se utilizava estabilizar solos com o auxílio da cal, no caso de construções de pequeno porte. Inclusive, Rieger recomendou o traço, que deveria ser, de preferência, 1:6 (cal, terra boa), podendo variar³⁹⁵. Muito subjectiva a recomendação de que a terra fosse boa, porém ao menos foi informado que o traço poderia ser diverso.

Em finais do século XVIII, ao mencionar que se costumava misturar cinzas ou cal viva a um solo pouco resistente, como os "de barro", que por vezes se apresentavam húmidos, o português Alexandre António das Neves Portugal³⁹⁶ (1673-1822) comentou:

*"...inutil he a diligencia que alguns aconselhão de querer seccalas com cinzas e cal viva; pois nem ha rasão alguma chymica, porque nos persuadamos que isto póde fazer sempre cimento capaz de conter as véas de agua; nem, quando assim accontecesse se poderia impedir o irem rebentar em outra parte, onde talvez fossem mais descommodas"*³⁹⁷.

As indicações acima, criticadas por Alexandre Portugal, consistem em formas ainda hoje recomendadas na estabilização de solos. No entanto, para se estabilizar um determinado tipo de solo a ser utilizado em uma construção, uma estrada, ou mesmo na agricultura, o material disponível é submetido a ensaios geotécnicos:

³⁹⁰ OLIVEIRA, Mário Mendonça de, SANTIAGO, Cybèle Celestino, D'AFFONSÊCA, Sílvia Pimenta, «The study of accelerated carbonation of lime-stabilized soils», *Actas da 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990. p. 166-170.

³⁹¹ Embora boa parte desta estrada tenha recebido pavimentação actual em cima da executada pelos romanos, ainda é possível encontrar-se troços originais trafegáveis, 2.300 anos após a sua construção.

³⁹² GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 23 – No caso específico da muralha da China, este autor informou que foi utilizado ainda um aditivo na estabilização do solo: clara de ovo.

³⁹³ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, 3^aed., Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, p. 216.

³⁹⁴ Estabilização com fibras associada à estabilização química.

³⁹⁵ RIEGER, Christiano, *Elementos de toda la architectura civil*, Madrid, Joachin Ibarra, 1763. Parte IV, Cap. I, p. 233.

³⁹⁶ Escritor formado em advocacia e filosofia, director da Imprensa Régia e da Real Biblioteca da Ajuda.

³⁹⁷ PORTUGAL, Alexandre António das Neves, «Memoria sobre a utilidade dos conhecimentos da chymica em quanto applicados à arte de construir edificios», *Memorias economicas da Academia Real das Sciencias de Lisboa*, Lisboa, Off. da mesma Academia, 1791, t. III. p. 5-17. p. 7 – Grafia original.

granulometria, limites de Atterberg³⁹⁸ e índice de plasticidade, de modo a verificar qual o procedimento recomendado para que a estabilização seja eficaz.

Como, antigamente, a estabilização de solos com cal era feita de maneira empírica, provavelmente nem sempre o produto resultante apresentava características satisfatórias. Podia ser, até mesmo, que a cal, em determinados casos, nem fosse o estabilizante mais indicado, ou a solução mais económica, ou ainda que sua mistura com o solo requisesse algum aditivo para que as reacções que propiciam a efectiva estabilização – o que se desconhecia até então – pudessem ocorrer.

Muitos dos antigos não entendiam, como já demonstrado na citação da autoria de Alexandre Portugal, quais os mecanismos que ocorriam ao longo do processo. Esses mecanismos são tão complexos que, até hoje, ainda não se pode compreendê-los na íntegra, mas ao menos sabe-se que a sílica e a alumina presentes na fracção argilosa do solo reagem com o cálcio da cal³⁹⁹ no meio alcalino propiciado pelo hidróxido de cálcio, o que induz a formação de neossilicatos (que melhorarão as características do solo, cimentando-os através de reacções pozolânicas). Estas reacções, por sua vez, sofrem a influência do meio ambiente – temperatura, água e ar. O processo requer cuidados especiais de preparo, o que não é indicado em nenhum dos textos antigos consultados. Sinteticamente, tais cuidados são: o solo deve ser pulverizado e tem-se que observar o tempo de mistura (que depende do teor de água que o mesmo apresenta). No caso da estabilização com cal, é recomendada a compactação (estabilização por densificação), o que propicia melhores resultados, pois reduz as variações volumétricas⁴⁰⁰. Todavia, a presença de “*vêas de água*”, como menciona Alexandre Portugal, é prejudicial ao processo: a água é fundamental para que ocorra a reacção do solo com a cal, porém se ela estiver presente em excesso, fluindo dentro do material, como dá a entender a citação, a combinação química esperada não ocorrerá.

Com relação à constituição de uma taipa, sabe-se que podia, ou melhor, pode variar, de um território a outro, a depender do tipo de solo utilizado na sua produção. Em certos países, alguns componentes, como a cal, eram – e eventualmente ainda são – introduzidos na mistura. No Brasil e em outras partes do mundo, há notícias sobre a inclusão de excremento – uma outra forma de conseguir-se a estabilização do solo –, porém isto não foi até hoje comprovado, em amostras brasileiras, nos ensaios de laboratório realizados no NTPR, no caso do material constitutivo das paredes. No entanto, fibras orgânicas pertencentes a estrume de gado (possivelmente de gado *vacum*) foram detectadas através de ensaios efectuados em rebocos provenientes de algumas casas bandeiristas⁴⁰¹

³⁹⁸ Limites de plasticidade e liquidez.

³⁹⁹ A cal pode ser viva (CaO) ou extinta (Ca(OH)₂), sendo que o hidróxido comporta-se melhor do que o óxido, desde quando não se apresente com uma granulometria muito fina.

⁴⁰⁰ OLIVEIRA, Mário M. de, SANTIAGO, Cybèle Celestino, «Comportamento de alguns solos tropicais estabilizados com cal», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 404-409. p. 407.

⁴⁰¹ TAPAJÓS, Vicente, *História do Brasil*, 2ª ed., São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1946. p. 104/105 – Conforme o Prof. Basílio de Magalhães, o termo *bandeirista* refere-se aos

ainda existentes, embora com modificações diversas, no Estado de São Paulo⁴⁰² (il. 24).

Negreiros indicou que, para se executar valados em terras húmidas, podia-se compactar *"lama liada com junco, ou com murassa, ou espada"*, e se o sítio fosse seco, *"terra liada com silvados, piteiras ou outro arbusto verde que possa pegar e esverdecer"*⁴⁰³. O uso de vegetais vivos misturados com a terra é comum, ainda hoje, pois a trama formada serve para aumentar a resistência entre os diversos elementos que a compõem. Esta, na realidade, é uma outra forma de estabilização, sendo que os agentes estabilizantes são fibras vegetais.

Quanto a este tipo de estabilização, Mathias Dögen sugeriu, no caso da taipa, uma mistura de terra com semente de *"dente-de-cão"*, uma das ervas recomendadas por Antoine de Ville, que seria apiloada, de modo que as raízes do vegetal, ao germinar, serviriam para dar uma maior coesão aos parapeitos do que se os mesmos fossem feitos com alvenaria de terra cortada, da forma descrita⁴⁰⁴.

Ao invés de misturar o vegetal directamente com o solo, este autor preferiu usar as suas sementes. Talvez para tornar mais simples o processo de mistura, ou para facilitar o transporte do agente estabilizante, caso outras espécies vegetais não existissem no local.

Da mesma maneira que ocorria no caso dos blocos de terra a conter gramíneas e suas raízes, um solo misturado com esta erva, que deveria ter uma raiz com capacidade para formar um emaranhado, teria uma maior resistência.

No caso da terra a ser compactada, Sylvio de Vasconcellos ensinou que o material devia ser misturado com argila e água, quando naturalmente não se ligasse bem. Segundo este autor, às vezes era também usado sangue de boi, para melhorar o resultado da compactação. Vasconcellos supôs ainda que, nas construções mais cuidadas, se colocava areia ou pedregulho sob a terra socada, de modo a conseguir-se uma certa drenagem⁴⁰⁵. Contudo, não informou ter encontrado evidências que comprovassem o facto, o que levanta a dúvida do seu real emprego. Destaca-se que não foram encontradas informações a este respeito nos textos antigos pesquisados.

bandeirantes. Estes, por sua vez, eram os integrantes das *"bandeiras"*. As *"bandeiras"* foram, grupos de particulares que, nos séculos XVII e XVIII, penetraram, a partir do litoral, pelo interior do Brasil, no intuito de conseguir riquezas minerais e de escravizar índios. Ao longo das expedições que realizavam (muitas das quais, inclusivamente, deram origem a cidades ainda hoje existentes), estes grupos costumavam construir casas com um partido simples, praticamente invariável, em taipa. O partido arquitectónico e o material usado nas construções, mesmo após o período bandeirista, continuaram a ser adoptados.

⁴⁰² FLORES FERNÁNDEZ, Rosa Amelia, *Estudo da taipa de pilão visando as intervenções em edificações de interesse cultural*, Salvador, UFBA, 1995. Dissertação de mestrado (policopiada). p. 121.

⁴⁰³ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Additamento: ao livro intitulado Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 3760 (BNL), 1797. vol. III, fls. 49v.

⁴⁰⁴ DÖGEN, Mathias, *Architecture militaire moderne*, Amsterdão, Elzevieri, 1647. L. II, Chapitre demier, p. 438/439.

⁴⁰⁵ VASCONCELLOS, Sylvio de, *Arquitetura no Brasil*, Belo Horizonte, UFMG, 1979. Série Patrimônio Cultural, n.º 2. Cap. III, p. 73.

1.8 – CUIDADOS ESPECIAIS

Os antigos já sabiam de certos cuidados que requerem as construções em terra, como pode ser verificado na bibliografia consultada. Neste sentido, por exemplo, Vitruvius recomendou, o que já foi comentado, a execução de uma comija em material cerâmico sobre as paredes de adobe, o que afastaria, de certo modo, que as águas das chuvas provenientes dos telhados destruíssem aquela porção da edificação⁴⁰⁶, por capilaridade descendente.

Ainda merece destaque, na obra de Vitruvius, a referência feita à compactação do material, de maneira que o mesmo adquirisse uma maior capacidade de suportar cargas. Menção a este procedimento para aumentar a resistência do solo, no intuito de que o terreno pudesse resistir às cargas da construção a ser erguida sobre ele⁴⁰⁷, evitando a ruína da edificação, foi feita quanto a terraplenos de apoio aos estereobatos⁴⁰⁸, ou ao se construir, caso o solo não fosse firme. A indicação era plenamente correcta, pois quanto menor o número de vazios no interior do solo, maior a sua densidade e, em consequência disto, maior a sua resistência à compressão e sua capacidade de suportar carga.

Em certos casos, Belidor também indicou para a impermeabilização do topo das muralhas um revestimento de tijolos cerâmicos assentados com argamassa a apresentar pó cerâmico na sua constituição, o que realmente tinha a capacidade de conferir uma durabilidade maior à obra.

O português Antonio do Couto Castello Branco (1669-1742) mencionou o uso de uma fiada de alvenaria de pedra e cal, na base da parede, quando as fortificações fossem de taipa, por causa da humidade⁴⁰⁹.

Tal recomendação é básica hoje, embora nem sempre seja seguida. No entanto, pode-se encontrar, com frequência, mesmo em pequenas cidades do interior da Bahia, zonas de populações pobres e pouco instruídas, muros em adobe ou taipa executados sobre uma pequena alvenaria de pedra, com um arremate em pedra ou telha cerâmica (il. 25).

⁴⁰⁶ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blázquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. VIII, p. 55.

⁴⁰⁷ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blázquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. VII, Cap. I, p. 172.

⁴⁰⁸ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blázquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. III, Cap. IV, p. 76.

⁴⁰⁹ CASTELLO BRANCO, Antonio do Couto, *Memórias militares*, Amsterdão, Miguel Diaz, 1719. Tratado X, p. 113.

2 – MATERIAIS CERÂMICOS

2.1 – GENERALIDADES

Assim como a descoberta da cal e do vidro ocorreram ao acaso, possivelmente o mesmo se deu com a cerâmica. Algum elemento de barro deve ter tido contacto com o fogo, e daí o material enrijeceu⁴¹⁰. O homem, então, percebeu a maior durabilidade que o material oferecia quanto à resistência às intempéries, após submetido ao cozimento, e passou a preparar tijolos que se adaptassem às suas necessidades, assim como telhas, tubos e revestimentos cerâmicos (il. 26 a 28).

Alberti afirmou que o uso de tijolos cerâmicos havia, possivelmente, aparecido após a observação da facilidade de construção de paredes de adobes⁴¹¹. Como os tijolos cozidos eram mais resistentes e duráveis que os crus, desde que bem feitos, consequentemente teriam propiciado bons resultados, daí terem tido grande utilização⁴¹².

Talvez por outra obra do acaso os seres humanos tenham, ainda, descoberto como esmaltar a superfície de lajotas cerâmicas, o que lhes conferia, e confere, maior impermeabilidade e beleza. Surgiram, a partir de então, ladrilhos, azulejos, pastilhas, telhas decoradas, assim como elementos puramente decorativos feitos também em material cerâmico.

Hoje em dia, considera-se como pedra artificial todo material que, sendo preparado pelo homem, é capaz de endurecer e funcionar como se fosse uma pedra. Sem entrar no âmbito dos materiais actuais, ou seja, considerando apenas os materiais tradicionais, actualmente são classificados como pedras artificiais, os tijolos e as argamassas. Em finais do século XVIII, no entanto, praticamente só os tijolos eram tratados como tal. Pelo menos nenhum dos autores consultados mencionou nesta categoria as argamassas. Gioseffe Viola Zanini, por exemplo, era taxativo quanto a esta definição⁴¹³. Charles-Antoine Jombert era de mesma opinião⁴¹⁴. Manuel Losada incluiu ainda nesta categoria as telhas e os tubos para

⁴¹⁰ Pode ter sido tanto uma vasilha, quanto um adobe. Não é possível afirmar ao certo, principalmente pelo facto de que algumas civilizações primitivas conheciam a cerâmica, mas não os tijolos. A Marajoara, uma das civilizações indígenas existentes no Brasil, é exemplo de uma delas.

⁴¹¹ Que, por sua vez, teriam surgido, segundo este autor, em decorrência da falta de matéria-prima lítica no sítio onde se desejava construir.

⁴¹² ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. X, p. 144 – O próprio Alberti informou não saber se a descoberta do tijolo cerâmico foi obra do acaso ou fruto de investigação.

⁴¹³ ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, 2ª impr., Pádua, Giacomo Cadorino, 1677. L. I, Cap. XIII, p. 63.

⁴¹⁴ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Jombert, 1764. t. I, L. I, Cap. XI, p. 49.

água, que eram feitos de materiais cerâmicos⁴¹⁵. Dentre estes, supõe-se que o tijolo maciço tenha sido, realmente, o primeiro material de construção artificial⁴¹⁶.

Quanto aos diversos tipos de materiais cerâmicos dos quais se tem notícia, optou-se, por abordar os aspectos referentes basicamente a tijolos e telhas⁴¹⁷. Isto porque foram poucas as informações encontradas nos textos antigos sobre os demais materiais, tais como azulejos, no que diz respeito à sua constituição e fabrico. Os dados sobre estes praticamente se prendem ao seu aspecto decorativo, ou seja, tipo de desenho e coloração, o que não faz parte do universo desta investigação. Todavia, alguns aspectos acerca de azulejos, assim como de tubos cerâmicos, também foram mencionados.

Quanto ao uso de cerâmica pulverizada⁴¹⁸, misturada com cal e areia, para dar maior hidraulicidade às argamassas, como indicaram vários autores antigos e ensaios realizados, actualmente, em laboratórios especializados comprovam, a abordagem será feita no capítulo relativo às argamassas.

Ao longo dos séculos, a cerâmica foi usada na moldagem de elementos decorativos, dentre os quais merecem destaque as estátuas (il. 27). Embora a cerâmica não tenha sido directamente usada na moldagem de estátuas metálicas, eventualmente foi empregue em uma fase intermediária: para a escolha do barro adequado à confecção do noel⁴¹⁹ da estátua equestre de D. José I⁴²⁰, fundida pelo Tenente General Bartholomeu da Costa para o Terreiro do Paço, em Lisboa, amostras de solos de diversas proveniências foram pulverizadas, peneiradas e usadas na confecção de tijolos que, após secagem e cozimento, foram testadas quanto à retracção⁴²¹.

Testes empíricos similares aos supramencionados eram (e ainda são!) sempre úteis, quando não se dispunha de meios científicos para avaliação do material e, curiosamente, foram detectados diversas vezes nas publicações analisadas, nos casos de vários materiais⁴²². A metodologia utilizada por Bartholomeu da Costa seria, inclusive, uma forma empírica de valia, no caso da confecção de tijolos cerâmicos, porém não se encontrou referências quanto à sua adopção com esta finalidade.

Os tubos são outra forma uso do material cerâmico, pelo menos desde Creta, pois foram encontrados tubos no palácio de Knossos datados do terceiro milénio

⁴¹⁵ LOSADA, Manuel, *Crítica, y compendio especulativo-practico de la architectura civil*, Madrid, Antonio Marin, 1740. t. I, Tratado I, Proemiales, Prop. IV, p. 10.

⁴¹⁶ MANGANELLI DEL FÀ, Carlo, OLMI, Filippo, PASETTI, Adolfo, «I laterizi: caratterizzazione e fenomeni di alterazione», *Revista Arkos*, n.º 1, Milão, Be-ma, Junho/88, p. 4-9. p. 4.

⁴¹⁷ Materiais cerâmicos de argila porosa.

⁴¹⁸ Proveniente de telhas, tijolos e vasos.

⁴¹⁹ Feito em terra crua.

⁴²⁰ Vigésimo quinto rei de Portugal, nascido e falecido em Lisboa (1714-1777). Reinou de 1750 a 1777.

⁴²¹ LIMA, Honório Fiel de, «Descrição dos trabalhos, que se executaram sob a direcção do Tenente General Bartholomeu da Costa para fundir em bronze de um jacto só a estátua equestre d'El Rei D. José 1.º», *Boletim do Arquivo Histórico Militar*, Vol. XLV, Lisboa, 1975. p. 203-360. Cap. V, p. 307.

⁴²² Rochas, argamassa, cal, madeira.

antes de Cristo⁴²³. São encontrados frequentemente em sítios arqueológicos romanos (il. 28), especialmente em antigas termas. Plínio reportou-se ao seu uso, assim como ao uso de tijolos e telhas⁴²⁴. O padre Ignacio Vasconcellos, quando mencionou os tubos cerâmicos, informou que deveriam ser confeccionados com terra de boa qualidade e isenta de pedras, para que estas não se transformassem em cal, quando do seu cozimento, e propiciassem um produto defeituoso⁴²⁵.

As pedras a que o padre Vasconcellos se referiu deveriam ser, na realidade, grânulos de calcário, e não pedras comuns, caso contrário não se poderia generalizar quanto à sua transformação em cal. A isenção de pedaços de calcário na matéria-prima é, ainda hoje, fundamental quando da moldagem de qualquer material cerâmico, pois com a queima, ocorre o aumento de volume⁴²⁶ e as peças podem inclusive romper⁴²⁷, ou se decompor, deixando lacunas.

Ainda sobre os tubos, Ignacio Vasconcellos recomendou que deveriam ser de encaixe, de modo a poderem ser bem vedados, quando betumados⁴²⁸, e vitrificados internamente, de modo a tomarem-se mais impermeáveis.

Com relação a azulejos, não se descobriu, na bibliografia consultada, dados acerca do fabrico desse material⁴²⁹. Contudo, teve-se a oportunidade de visitar, em Portugal, uma fábrica que mantém a tradição de trabalho artesanal no género⁴³⁰. Pelo que foi informado por seus gerentes, esta fábrica segue o mesmo processo de produção utilizado desde 1741, quando da sua fundação. Por esta razão, resolveu-se, a título de curiosidade, fazer uma síntese do que lá foi visto, comparando-se o sistema de fabrico do material, nos moldes antigos, com o actual, industrializado. Infelizmente, por norma da casa, nenhuma fotografia pôde ser tirada para ilustrar os procedimentos ora descritos, nem os profissionais que lá trabalham forneceram mais detalhes sobre a produção, de modo que as informações dadas a seguir foi tudo que se conseguiu obter a respeito.

O barro utilizado na confecção dos "biscoitos", ou "chacotas"⁴³¹, é passado através de dois rolos, para garantir a manutenção da espessura ao longo das peças, sendo posteriormente cortado em uma máquina accionada manualmente, de três em três unidades, no tamanho adequado. Não se utiliza, pois, como processo de moldagem, a prensagem da argila pulverizada, levemente humedecida, método usado hoje em dia na confecção industrial.

⁴²³ DAVEY, Norman, *A history of building materials*, Londres, Phoenix, 1961. Cap. XXIV, p. 206.

⁴²⁴ PLÍNIO (o Antigo), *Historia naturale de G. Plinio Secondo*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, Gabriel Giolito de Ferrari, 1561-1568. L. XXXV, Cap. XII.

⁴²⁵ VASCONCELLOS, Ignacio da Piedade (Pe.), *Artefactos symmetriacos, e geometricos*, Lisboa Occidental, Joseph Antonio da Sylva, 1733. L. IV, Cap. XXV, p. 403.

⁴²⁶ Decorrente da transformação do carbonato de cálcio em óxido de cálcio.

⁴²⁷ PETRUCCI, Eládio G. R., *Materiais de construção*, 8ª ed., Porto Alegre, Globo, 1987. Cap. I, p. 18/19.

⁴²⁸ Ver indicações acerca dos betumes no capítulo sobre argamassas.

⁴²⁹ Nem tampouco acerca dos ladrilhos cerâmicos.

⁴³⁰ Fábrica Sant'Anna, situada à Calçada da Boa Hora, 96, Lisboa.

⁴³¹ No caso específico, a argila de Alcobaça, zona onde são encontradas, ainda hoje, muitas olarias.

Concluída esta etapa, as diversas fatias de barro são deixadas em área coberta e ventilada por um longo período, até total secagem do produto, antes da queima⁴³².

Após a saída do forno, cada uma das peças é submetida, individualmente, ao teste prático de percussão com haste metálica para verificar se o material está cozido, ou não, o que é indicado por meio do som emitido. Feita esta selecção, aplicam-se as porções de vidro já pigmentadas nos “biscoitos”, ou fazem-se os desenhos coloridos na superfície a ser esmaltada, e os azulejos são levados normalmente ao forno.

Hoje, cerca de cinquenta operários trabalham nesta fábrica. Fazem azulejos sob encomenda, o que propicia a reintegração de painéis antigos, especialmente os do tipo “tapete”, que não podem ser produzidos em série, já que não há mercado para tal⁴³³.

2.2 – TIJOLOS E TELHAS

O texto de Vitruvius, considerado como a base da antiga tratadística de arquitectura na cultura ocidental, não forneceu indicações claras a respeito dos tijolos cerâmicos, o que já foi discutido no capítulo anterior. Este autor, entretanto, indicou a superioridade do material cerâmico em comparação ao adobe, na medida em que o recomendou nas cornijas, como forma de protecção das paredes de adobe, o que já foi igualmente comentado. De qualquer modo, sabe-se que, muito antes da época de Vitruvius, tijolos e telhas cerâmicas já existiam, o que é inclusive comprovado através da arqueologia.

Vitruvius, entretanto, referiu-se a alguns tijolos especiais, de produção restrita a certos sítios, feitos com solo a conter pedra-pomes, o que lhes propiciava, inclusive, a capacidade de flutuar, após secagem⁴³⁴. No seu entender, a pedra-pomes:

*“...por ser tan ligera, después de penetrada por el aire no admite humedad alguna, ni absorbe el agua, y así, siendo liviana y porosa, no deja que el agua penetre en su massa...”*⁴³⁵

Na realidade, a explicação deste autor para o facto estava errada: o que ocorria, possivelmente, era apenas que a pedra-pomes, em sendo um material de densidade muito baixa, realmente deveria conferir leveza ao tijolo, de modo que o

⁴³² Destaca-se que, actualmente, esse processo é executado em fornos movidos a gás, o que facilita sobremodo o controle de temperatura.

⁴³³ No Brasil, por exemplo, os exemplares lusos existentes são inúmeros, e de grande beleza. Entretanto, a maioria deles está a requerer intervenções restaurativas/conservativas, tendo em vista, principalmente, os problemas decorrentes da capilaridade ascendente dos muros, agravados pela presença de sais solúveis, que terminam por levar ao aparecimento de manchas brancas (eflorescências salinas) e/ou descolamento da camada pictórica. Em muitos dos casos, pois, é necessária a substituição de peças, que eventualmente são solicitadas a esta fábrica ou às suas poucas congéneres.

⁴³⁴ Acredita-se que, neste caso, o autor não poderia estar fazendo referência a adobes porque estes, quando colocados na água, dissolveriam.

⁴³⁵ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. III, p. 42.

material que a apresentasse na sua constituição pudesse flutuar⁴³⁶. Só que isso não seria razão para que o tijolo não absorvesse água. Uma explicação mais plausível para que os tijolos confeccionados com esse material não absorvessem água seria a seguinte: a acção da humidade ascendente em um terreno "é função da porometria dos seus materiais constituintes – quanto menor o diâmetro dos poros maior a altura teórica que a água pode atingir"⁴³⁷. Como a pedra-pomes apresenta macroporosidade, a água não teria condições físicas de ascender facilmente pelos seus capilares. Não seria pela sua leveza que, ao ser penetrado pelo ar, o material não absorveria a água. A água também não conseguiria subir pelos capilares se o solo fosse rico em tufo pulverizado: ambas as rochas são relativamente leves, e apresentam porosidade de diâmetro maior do que 1 μ . Seria esta última, possivelmente, a razão para que os tijolos feitos com o solo rico em pedras-pomes fossem resistentes à água das chuvas.

Os tijolos cerâmicos remontam a muitos séculos⁴³⁸. Em Roma, teriam sido pouco usados no Período Republicano, reaparecendo depois. A salubridade do ambiente, a simplicidade do material (que evidenciava a beleza dos mármore, através do contraste de cor e textura), a facilidade de execução das paredes e a melhor ligação entre elas, assim como sua maior durabilidade às intempéries e ao fogo teriam sido, na opinião de Vincenzo Scamozzi, as razões que haviam levado ao uso do material cerâmico, e não a falta de pedras, nem tampouco o custo da obra ou a brevidade do tempo⁴³⁹.

Interessante é que alguns autores se referiram a Vitruvius reportando-se às mesmas características enunciadas aparentemente para os adobes⁴⁴⁰, mas falaram claramente no cozimento dos tijolos. Diogo Vellozo é um exemplo deles, tomado de maneira aleatória. No seu texto, transcreveu as características indicadas pelo mestre romano, porém referiu-se ao cozimento como uma etapa posterior à secagem⁴⁴¹, o que não foi sugerido por Vitruvius, já que suas recomendações eram, ao que tudo indica, para o material cru.

Os tijolos cerâmicos, se comparados aos adobes, apresentam teoricamente melhores propriedades do que esses. Faz-se a ressalva pelo facto de que, se um tijolo for mal feito⁴⁴², ao se compará-lo com um adobe bem feito, empregue de maneira tal que não fique em contacto com a água – requisito básico para a sua durabilidade –, o adobe desempenhará seu papel na construção de maneira muito

⁴³⁶ Uma pedra-pomes, se colocada, sozinha, dentro de um recipiente com água, flutua.

⁴³⁷ HENRIQUES, Fernando M. A., *Humidade em paredes*, Lisboa, LNEC, 1994. Cap. I, p. 4.

⁴³⁸ LESEIGNEUR, Annie, GUILLUY, Françoise, *L'argile dans tous ses états*, Elbeuf, Association pour la Valorisation du Patrimoine Normand, 1988. Parte II, Cap. II, p. 101 – Os tijolos mais antigos encontrados até hoje datam do terceiro milénio antes de Cristo, e estavam em Sialk, no norte do Irã.

⁴³⁹ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XV, p. 219.

⁴⁴⁰ Mencionaram especificamente o capítulo III do Livro II, que trata basicamente de adobes.

⁴⁴¹ VELLOZO, Diogo da Sylveyra, *Architectura militar*, Pernambuco, Cód. 49-III-3 (BAJ), 1743. fls. 222v/223.

⁴⁴² O solo escolhido for inadequado ou contiver impurezas; for usada água em excesso na moldagem; a queima for insuficiente ou excessiva.

melhor do que o tijolo⁴⁴³. Como já foi frisado, não existe material de construção que possa ser considerado, *a priori*, como ruim.

Curiosamente, em estudos realizados há pouco tempo, no final da década de Oitenta, com tijolos venezianos antigos e actuais, concluiu-se que o tijolo de confecção recente, por ser moldado industrialmente, não é compacto internamente e frequentemente rompe-se conforme as linhas curvas que lhe são impressas pela extrusora. Constatou-se, igualmente, que se correlacionando a resistência à compressão com o módulo de elasticidade de tijolos antigos são, degradados e de produção actual, o material contemporâneo, mesmo se de boa qualidade, não seria tão duradouro⁴⁴⁴.

Voltando à comparação entre tijolos e adobes, lembra-se, entretanto, que alguns autores conceituados, como Alberti, julgavam que os adobes propiciavam melhores condições de salubridade aos ambientes do que os tijolos cozidos⁴⁴⁵.

Com relação às formas e dimensões dos materiais cerâmicos usados ao longo dos séculos, e documentados na literatura, ou mesmo através da arqueologia, informa-se que esses aspectos não vão ser discutidos sistematicamente nesta tese, dadas as grandes variedades existentes. Inclusive, podem ser encontradas nos textos consultados discussões sobre a melhor forma para se executar um tijolo, de modo que apresente um cozimento adequado⁴⁴⁶, assim como recomendações específicas sobre as dimensões usadas. Eventualmente, no entanto, esses detalhes serão apontados, a título de ilustração.

A composição básica encontrada na bibliografia pesquisada para os materiais cerâmicos consistia simplesmente na mistura de solo com características adequadas e água⁴⁴⁷. Todavia, no texto de Catão foi explicado como fazer tijolos cozidos aditivados com cal, referência rara na literatura. Nos escritos dos italianos Vincenzo Scamozzi⁴⁴⁸ e Giovanni Branca⁴⁴⁹, por sua vez, foi ensinada a aditivação

⁴⁴³ Exemplo disto foi dado no capítulo sobre terra crua, ao se mencionar uma construção feita em adobes e coberta por telhas cerâmicas de má qualidade, no povoado de Bananal.

⁴⁴⁴ MANGANELLI DEL FÀ, Carlo, OLMI, Filippo, PASETTI, Adolfo, «I laterizi: caratterizzazione e fenomeni di alterazione», *Revista Arkos*, n.º 1, Milão, Be-ma, Junho/88, p. 4-9. p. 8.

⁴⁴⁵ Ver item 1.2 deste texto.

⁴⁴⁶ NEGREIROS, José Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 141v – Alberti, L. II, Cap. X, por exemplo, recomendou o retorno dos tijolos triangulares, no que foi apoiado por Negreiros, praticamente três séculos depois, donde se conclui que esta sugestão não foi seguida.

⁴⁴⁷ Actualmente, desengordurantes podem ser incorporados à mistura, de modo a melhorar as condições da argila usada.

⁴⁴⁸ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVI, p. 221.

⁴⁴⁹ No mesmo ano em que foi publicado o texto de Gioseffe Viola Zanini, saiu a primeira edição da obra de Giovanni Branca, o *Manuale d'architettura*. Arquitecto romano, Branca nasceu em 1571. Suas ideias, constantes deste texto, tiveram grande divulgação, pois várias edições se seguiram à primeira, em 1629, pelo menos até ao final do século XVIII, sempre com acrescentos novos por parte dos responsáveis pelas edições. Ao longo desta investigação, por questões operacionais, foram utilizadas duas edições, como já indicado: a 5ª, italiana (Modena, Soc. Tipografica, 1789) e a 6ª, espanhola (Madrid, Viuda de D. Joachín Ibarra, 1790). Todas as edições foram revistas e ampliadas, porém a 4ª foi aquela cujos acrescentos tiveram mais sucesso. Tais acrescentos, feitos por Leonardo de Vegni, foram mantidos na 5ª edição que, por sua vez, foi também revista e acrescida de novos comentários, por Giovanni Soli. A 6ª edição é

do material com palha⁴⁵⁰, o que foi ratificado pelo também italiano Girolamo Masi, no século XVIII. Estas indicações foram transcritas abaixo, a título de curiosidade:

- a) Solo aditivado com cal – “*On mêlera ensemble deux tiers de craie brute & un tiers de chaux, pour en faire des petites briques, que l'on fera cuire au four*”⁴⁵¹;
- b) Solo aditivado com palha – “*...ne' grandi, e grossi mattoni si facciano de' piccoli fori, o si mescoli nella pasta della paglia, perchè meglio s'asciughino, meglio vi s'introduce il calore del fuoco...*”⁴⁵².

Na realidade, a cal reagia com a terra, ainda crua, propiciando a formação de silicatos que estabilizavam dimensionalmente o solo. Quando o material era, então, submetido à queima, novas reacções ocorriam e as propriedades do material eram alteradas. No caso do uso de cal viva, a cal funcionava como fundente, aumentando a fusibilidade da argila e combinando-se com os constituintes desta, gerando uma massa vítrea que encheria os poros após a queima⁴⁵³. A redução da porosidade do material melhoraria sua resistência mecânica e aumentaria a sua durabilidade.

No caso do uso da palha, quando o tijolo fosse levado ao forno, ela seria consumida pelo fogo, e no seu lugar restariam orifícios. Isto facilitaria a penetração do calor por ocasião do cozimento do material, e fazer com que o tijolo sofresse uma menor deformação. Consequentemente, o tijolo ficaria mais leve do que um tijolo maciço, o que poderia ser interessante em determinadas situações. Actualmente este efeito é obtido com adição do pó de serra. Os inconvenientes, no caso, seriam a eventual presença de porosidade aberta no produto pronto, o que ocasionaria maior permeabilidade à água, elemento prejudicial à durabilidade da construção, e a irregularidade no comportamento mecânico da peça.

Tanto quando da adopção da cal, quanto da palha, o ideal era que o material resultante fosse testado, de modo a se verificar se as novas propriedades adquiridas pelos tijolos atendiam às necessidades.

Os materiais cerâmicos são constituídos basicamente por argila. Das características estruturais dos argilominerais presentes na argila utilizada na confecção dos tijolos e telhas dependem as suas características mecânicas, tais como sua plasticidade e o endurecimento decorrente da queima⁴⁵⁴, dentre outras.

uma tradução da 4ª, com algumas adições. D. Manuel Hijosa, o tradutor, desconhecia na época a 5ª edição italiana, como pode ser verificado no prólogo da obra que publicou: “*Juan Branca fue un arquitecto de la Santa Casa de Loreto. Compuso este manual, que se imprimió repetidas veces; es a saber, 1629, en 1718 y en 1757, y ultimamente en 1772*”.

⁴⁵⁰ Possivelmente esta indicação foi um acrescento da autoria de Leonardo de'Vegni.

⁴⁵¹ CATON, M. Porcius, «L'économie rurale», SABOREUX DE LA BONNETRIE, M., *Traduction d'anciens ouvrages latins relatifs a l'agriculture et a la médecine vétérinaire, avec des notes*. Paris, P. Fr. Didot, le Jeune, 1771. t. I, p. 72.

⁴⁵² MASI, Girolamo, *Teoria e pratica di architettura civile*, Roma, Antonio Fulgoni, 1788. Cap. I, p. 32/33 // BRANCA, Giovanni, *Manuale d'architettura*, comentários e acrescentos de Giovanni Soli, 5ª ed., Modena, Soc. Tipografica, 1789. L. I, Cap. I, p. 4.

⁴⁵³ PETRUCCI, Eládio G. R., *Materiais de construção*, 8ª ed., Porto Alegre, Globo, 1987. Cap. I, p. 15.

⁴⁵⁴ MANGANELLI DEL FÀ, Carlo, OLMI, Filippo, PASETTI, Adolfo, «I laterizi: caratterizzazione e fenomeni di alterazione», *Revista Arkos*, n.º 1, Milão, Be-ma, Junho/88, p. 4-9. p. 5.

Alguns estudos recentemente efectuados analisando-se diferentes matérias-primas e os tijolos com elas formados⁴⁵⁵, após a queima, evidenciaram que as transformações químicas que ocorrem ao longo do processo são sinteticamente as seguintes:

- Oxidação completa do ferro, decorrente das condições oxidantes durante a queima;
- Combinação do ferro com os óxidos de cálcio e magnésio provenientes da dissociação dos carbonatos, formando silicatos de cálcio e ferro.
- Tijolos feitos com uma argila com maiores teores de carbonatos apresentam maiores densidades, que podem estar relacionadas à neoformação de piroxênio cálcico⁴⁵⁶.

Os comentários que Girolamo Masi teceu acerca de tijolos cerâmicos foram baseados no que o mestre romano indicou para os adobes⁴⁵⁷. Provavelmente, devido à já discutida falta de clareza no texto vitruviano, Masi acreditou que as indicações dadas no Livro II, Capítulo III, eram todas referentes a tijolos cerâmicos, e não a tijolos crus.

Quanto ao tipo de solo usado na confecção de tijolos, foram encontradas nos textos consultados, de maneira geral, indicações de um solo argiloso, que não apresentasse grãos de areia ao tacto, nem tampouco pedregulho. Isto para que o material não se rompesse quando levado ao fogo. O tratado manuscrito do arquitecto português⁴⁵⁸ Mattheus do Couto⁴⁵⁹ (finais do séc. XVI-Ca.1664), datado de 1631, é um dos exemplos⁴⁶⁰.

Scamozzi, ao contrário da maioria dos autores consultados, dedicou um capítulo inteiro do Livro VII ao tipo de solo adequado à produção de tijolos⁴⁶¹, outro à forma dos tijolos e telhas, e um terceiro ao preparo da matéria-prima⁴⁶². Teceu, ainda, considerações acerca da origem e localização de terras convenientes à produção dos tijolos, dando as vantagens e desvantagens de cada uma, mas

⁴⁵⁵ No caso, foram estudados materiais da Toscana, Itália.

⁴⁵⁶ FRATINI, F., CECCHERINI, S., N. DEGL'INNOCENTI, MANGANELLI DEL FÀ, C. MALESANI, P., «Bricks: composition and physical characteristics as a function of the raw materials», *Actas do Congresso Internacional RILEM/UNESCO, Conservation of stone and other materials*, Paris, M.-J. Thiel, 1993. vol. I, p. 228-237. p. 231 e 237.

⁴⁵⁷ MASI, Girolamo, *Teoria e pratica di architettura civile*, Roma, Antonio Fulgoni, 1788. Cap. I, p. 32.

⁴⁵⁸ VITERBO, Francisco Marques de Sousa, *Diccionario histórico e documental dos architectos, engenheiros e construtores portugueses*, Lisboa, Imprensa Nacional/Casa da Moeda, 1988. vol. I, p. 255 – De acordo com Souza Viterbo, Mattheus do Couto era arquitecto do Santo Officio.

⁴⁵⁹ Ao que parece, o texto nunca foi concluído. Outra hipótese é que a versão existente na Biblioteca Nacional de Lisboa esteja incompleta.

⁴⁶⁰ COUTO, Mattheus do (o Velho), *Tractado de architectura*, [Lisboa], F. 7752 (BNL), 1631. L. III, Cap. X, p. 62.

⁴⁶¹ Denominados por este autor como “*pietre cotte*”.

⁴⁶² SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XIV, XV e XVI, nomeadamente.

terminou por concluir que a melhor era exactamente aquela especificada pelo mestre Vitruvius⁴⁶³.

J. F. Blondel acrescentou que o solo de coloração cinza era melhor do que o vermelho, porque os tijolos feitos com esta matéria-prima não resistiam bem ao gelo. Por outro lado, como forma empírica de determinar se certo solo era conveniente à confecção de tijolos, este autor sugeriu que, após uma chuva, se pisasse no material e verificasse sua aderência à sola do sapato, ou que se permitisse o endurecimento de determinada porção e se verificasse a sua dificuldade de rompimento. Só aquele que fosse relativamente difícil de ser partido era o adequado⁴⁶⁴.

A informação que J. F. Blondel deu para que não fosse utilizado o solo vermelho, contudo, só deveria servir para determinadas matérias-primas utilizadas em França, na época⁴⁶⁵. Um dos exemplos de tijolos vermelhos de muito boa qualidade pode ser encontrado na própria cidade de Paris, o que é uma prova de que a repulsa por solos vermelhos não poderia ser generalizada. Trata-se da igreja de San Jean de Montmartre (il. 29), de Anatole Baudot (1834-1915), construída de 1894 a 1899, que até hoje se encontra em ótimas condições. Mesmo aplicados à vista, os tijolos têm resistido muito bem, tanto às intempéries, quanto a eventuais problemas decorrentes da poluição atmosférica, ao longo do século XX.

Outra prova de que os tijolos feitos com solo de coloração vermelha também não podiam ser desconsiderados pela sua pouca resistência são as construções romanas remanescentes hoje em sítios arqueológicos (il. 10 a 12).

Scamozzi não falou claramente acerca de tijolos de coloração vermelha, porém disse o seguinte, com relação aos solos usados na confecção dos produtos cerâmicos:

- A creta branca propiciava um material de coloração clara, poroso, leve e fácil de ser cortado da forma desejada, sendo ótimo para paredes e abóbadas;
- O terreno cretoso muito forte produzia um tijolo pesado, que não cozia bem, se deformava e era difícil de ser cortado pelos operários, além de não aderirem bem à argamassa pela sua pouca porosidade⁴⁶⁶;
- O terreno cretoso macio gerava tijolos ótimos, que não se deformavam, ficavam leves e eram fáceis de ser cortados. No entanto, degradavam-se rapidamente se usados em zonas descobertas;

⁴⁶³ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XIV, p. 215 a 217.

⁴⁶⁴ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, Cap. III, p. 168/169.

⁴⁶⁵ A cor não é factor determinante da qualidade do material, embora seja indicativo de diferenças existentes na sua constituição.

⁴⁶⁶ O que era conveniente, pois o material não absorvia muita humidade, não sendo consequentemente dissolvido. Tampouco se rompia por meio de uma eventual cristalização de sais em seu interior.

- O terreno que apresentava grânulos calcários só devia ser usado em zonas cobertas, de modo a evitar o seu contacto com a água, que terminaria por extingui-los, degradando a superfície do material⁴⁶⁷.

Charles-Antoine Jombert lembrou que o solo também não deveria apresentar grânulos calcários para que, por ocasião da queima, estes não fossem calcinados e, posteriormente, hidratados, já que, quando da transformação do óxido de cálcio em hidróxido, não aparecessem fissuras na superfície do tijolo, decorrentes do aumento de volume do material⁴⁶⁸, mas não especificou que os materiais cerâmicos feitos com solos que os contivessem poderiam ser utilizados em áreas cobertas.

A informação acerca dos grânulos calcários está perfeitamente correcta. Ainda hoje, inclusive, é desejável que tais grânulos não estejam presentes na matéria-prima a ser usada na confecção de tijolos e blocos cerâmicos. Caso estejam eventualmente presentes, não é aconselhado assentá-los em áreas descobertas.

Quanto aos testes práticos indicados por J. F. Blondel, podem ser usados ainda hoje para identificar se um solo é argiloso, pois somente a argila apresenta aderência quando húmida e adquire resistência quando seca.

Foi visto, no capítulo sobre terra crua, que os solos recomendados na confecção dos adobes, por exemplo, eram praticamente os mesmos especificados para os tijolos cerâmicos. No texto *Principii di architettura civile* nota-se isto claramente⁴⁶⁹. Na realidade, nem todo solo adequado à confecção de adobes se presta à cerâmica, porque a matéria-prima indicada para esta finalidade requer determinados componentes que, quando submetidos à queima, se modificam, como certos autores do século XVIII já haviam constatado⁴⁷⁰. Além disto, levam à formação de ligações químicas mais estáveis, característica das cerâmicas. O melhor solo a ser usado na confecção dos materiais cerâmicos deve ser uma argila com até 30% de areia e silte⁴⁷¹.

O arquitecto italiano Filarete, ao relacionar os tipos de solos que se prestavam à moldagem de tijolos, recomendou que não fossem nem muito arenosos, nem muito argilosos, para não levarem ao aparecimento de fissuras por ocasião da queima, nem tampouco para o material não entortar por acção do calor. Segundo o parecer deste autor, não importava se a terra era branca ou avermelhada para ser considerada como boa. Tinha-se apenas que observar se

⁴⁶⁷ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVI, p. 222/223.

⁴⁶⁸ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Jombert, 1764. t. I, L. I, Cap. XI, p. 50.

⁴⁶⁹ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Cap. II, p. 19/20.

⁴⁷⁰ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. XI, p. 189 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 146v – Mathias Ayres, por exemplo, constatou que o barro, após cozido, não se desfazia na água, mas em compensação não poderia retomar ao que era antes, o que foi ratificado por Negreiros.

⁴⁷¹ DAVEY, Norman, *A history of building materials*, Londres, Phoenix, 1961. Cap. VIII, p. 64.

suas características atendiam aos requisitos. Contudo, ao menos na sua região, a branca era a melhor⁴⁷².

No código 3675 (BNL), cuja autoria foi atribuída por Rafael Moreira a António Rodrigues (ou Roiz), foi inclusive sugerida a mistura de solos, quando o disponível fosse muito macio⁴⁷³, de modo que o material não ficasse muito húmido e o sol pudesse secá-lo mais rapidamente, antes da queima⁴⁷⁴.

As argilas podem ser classificadas, conforme sua estrutura, em laminares (ou foliáceas) ou fibrosas, e só as pertencentes ao primeiro destes grupos⁴⁷⁵ se prestam à confecção de materiais cerâmicos. Na realidade, as micáceas são as mais utilizadas no fabrico de telhas e tijolos. As caulinites prestam-se à indústria de refractários, porcelanas e cerâmicas sanitárias, enquanto que as montmorilonites servem para corrigir a plasticidade de determinados solos⁴⁷⁶, dentre outras funções particulares.

As argilas muito gordas⁴⁷⁷, ricas em silicatos de alumínio, contraem-se muito na queima e fissuram-se com facilidade; as muito magras⁴⁷⁸, por outro lado, geram materiais porosos e pouco resistentes; as que possuem 10 a 15% de carbonato de cálcio produzem ótimos tijolos; as excessivamente carbonáticas tomam-se deveras vitrificadas e terminam por apresentar grumos de cal no seu interior, o que é prejudicial à sua durabilidade; pouca quantidade de ferro não influi na qualidade do produto, e ajuda a minorar os problemas inerentes às argilas gordas, aumentando, inclusive, a resistência do produto pronto; a presença de substâncias betuminosas, carboníferas e turfosas propicia a formação de tijolos porosos e leves; pequenas quantidades de hidróxidos de cálcio, sódio e potássio, e outras bases que se combinam com a sílica, de modo a formar silicatos facilmente fusíveis, prestam-se à elaboração de materiais refractários⁴⁷⁹.

A extracção da matéria-prima, conforme Alberti e outros autores, devia ser feita no Outono, o material preparado no Inverno e os tijolos moldados na Primavera⁴⁸⁰. J. F. Blondel sugeriu a preparação nos meses de Dezembro, Janeiro

⁴⁷² AVERLINO, Antonio (o Filarete), *Trattado di architettura*, Milão, Il Polifilo, 1972. vol. I, L. III, p. 68.

⁴⁷³ Se fosse usado um solo muito macio, ou seja, muito argiloso, o tijolo terminaria sofrendo retracção com o calor do forno, o que é correcto.

⁴⁷⁴ [RODRIGUES, António], [Tratado de arquitectura], [Lisboa], Cód.3675 (BNL), [séc. XVI], Cap. IX, fls. 19v-20. Apud MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada) – "...para não sayr torsydo do forno, e se deyxar melhor asemtar hahonde ho hasemtarem". Grafia original.

⁴⁷⁵ Caulinites, montmorilonites ou micáceas.

⁴⁷⁶ PETRUCCI, Eládio G. R., *Materiais de construção*, 8ª ed., Porto Alegre, Globo, 1987. Cap. I, p. 4/5.

⁴⁷⁷ Suaves ao tacto, muito plásticas.

⁴⁷⁸ Apresentam excesso de areia.

⁴⁷⁹ LEVI, C., *Tratado de construcciones civiles*, 2ª ed. (aumentada com relação à 7ª italiana), Barcelona, Gustavo Gili, 1926. t. I, Cap. III, p. 39/40.

⁴⁸⁰ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. X, p.144 e 145 // CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. I, fls. 26v // PALLADIO, Andrea, *I quattro libri dell'architettura* (Veneza, Dominico de'Franceschi,

e Fevereiro, sendo a moldagem dos tijolos logo em seguida e seu cozimento só em Maio ou Junho, a depender do tamanho do molde, pois assim o material teria tempo suficiente para secar antes de ser submetido à queima⁴⁸¹; M. do Couto, no entanto, contrariamente à opinião dos demais autores, disse que os tijolos deveriam ser feitos na entrada do Verão (talvez fosse melhor dizer no fim da Primavera), assim como no fim do Outono, de modo a não serem atingidos pelos rigores do clima⁴⁸². Talvez não fosse adequado fazê-los antes do Inverno, pois a água de amassamento poderia realmente congelar em seus poros, o que levaria à produção de tijolos defeituosos; Charles Etienne Briseux⁴⁸³ e Manuel Losada⁴⁸⁴ concordaram com as características do solo e com as indicações dadas quanto à sua extracção e à moldagem dos tijolos; Zanini lembrou ainda que se houvesse necessidade de fazê-los no Verão, deviam ser protegidos com palha húmida, e no Inverno com areia seca⁴⁸⁵, mesma indicação encontrada no texto de Alberti⁴⁸⁶ e nos comentários de Barbaro ao texto vitruviano⁴⁸⁷.

Zanini sugeriu ainda que se fizesse uma mistura de dois tipos de solos caso não se encontrasse um material com as características desejadas, ou seja, indicou indirectamente a sua correcção⁴⁸⁸.

Briseux concordou que o solo não devia ser excessivamente argiloso, e recomendou que, para se chegar à conclusão de qual o tipo que se comportaria melhor, fosse feito um teste prático confeccionando-se várias unidades, cozendo-as e analisando-as⁴⁸⁹. Esta experiência foi similar à efectuada por Bartholomeu da Costa para escolher o melhor material para o noel da estátua equestre de D. José I.

1570), fac-símile, Milão, Ulrico Hoepli, 1968. L. I, Cap. III, p. 8 // SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVI, p. 220 // BRANCA, Giovanni, *Manuale d'architettura*, comentários e acrescentos de Giovanni Soli, 5ª ed., Modena, Soc. Tipografica, 1789. L. I, Cap. I, p. 4 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 140v – Negreiros também defendeu, como Zanini, a cobertura dos tijolos com palha ou com areia, a depender da época do ano, e que o período de secagem, antes da queima, fosse de dois anos.

⁴⁸¹ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, Cap. III, p. 169.

⁴⁸² COUTO, Matheus do (o Velho), *Tractado de architectura*, [Lisboa], F. 7752 (BNL), 1631. L. III, Cap. X, p. 62.

⁴⁸³ BRISEUX, Charles Etienne, *L'art de bâtir des maisons de campagne*, Paris, Prault Pere, 1743. Parte II, Cap. V, p. 46.

⁴⁸⁴ LOSADA, Manuel, *Crítica, y compendio especulativo-practico de la architectura civil*, Madrid, Antonio Marin, 1740. t. I, Tratado I, Proemiales, Prop. IV, p. 10.

⁴⁸⁵ ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, 2ª impr., Pádua, Giacomo Cadorino, 1677. L. I, Cap. XIII, p. 64.

⁴⁸⁶ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. X, p. 146.

⁴⁸⁷ VITRUVIO POLLIO, Marco, *I dieci libri dell'architettura*, trad. e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556. L. II, Cap. III, p. 45.

⁴⁸⁸ ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, 2ª impr., Pádua, Giacomo Cadorino, 1677. L. I, Cap. XIII, p. 64.

⁴⁸⁹ BRISEUX, Charles Etienne, *L'art de bâtir des maisons de campagne*, Paris, Prault Pere, 1743. Parte II, t. II, Cap. V, p. 46.

Por ocasião da confecção de tijolos vitrificados, Alberti recomendou especificamente o uso de um solo esbranquiçado, argiloso e macio, que não fosse muito arenoso ou excessivamente seco, de modo que não *absorvesse o vidro*. Recomendou também que os tijolos não fossem muito espessos, de modo a assegurar-se que ficariam satisfatoriamente cozidos sem apresentar fissuras⁴⁹⁰. Cataneo ratificou o seu pensamento⁴⁹¹.

É, realmente, mais seguro trabalhar-se com tijolos mais finos, principalmente quando se necessita de altas temperaturas de queima e não se tem condições adequadas de controle da mesma. Quanto à referência sobre o solo esbranquiçado, não se tem condições de afirmar nada, por desconhecimento do material. Levantasse, entretanto, a hipótese que fosse um solo rico em caulinite. Neste caso, o tijolo formado não seria muito poroso e não absorveria o vidro.

O jesuíta austríaco Christian Rieger e o padre italiano Federico Sanvitali também descreveram o mesmo tipo de terra que Alberti, Branca, Zanini, Barbaro e Briseux. Quanto ao cozimento, no entanto, informaram que Goldmanno era de opinião que o material, após pronto, fosse molhado e novamente submetido à queima, porém os dois autores alegavam que era um procedimento caro⁴⁹².

Indicação parecida foi dada por Alberti, sendo que não foi mencionado claramente no seu texto uma nova queima, mas apenas que o material deveria ser molhado para que, quando enxugasse, endurecesse mais. Outro detalhe recomendado também por este tratadista foi o preparo cuidadoso da terra a ser empregue, isentando-a de quaisquer pedriscos e revolvendo-a bastante de modo a torná-la bem macia⁴⁹³.

Charles-Antoine Jombert, com relação ao solo adequado à confecção de tijolos, concordou com a opinião dos demais autores citados, porém acrescentou que, para melhorar as características do terreno, o mesmo podia ser misturado com crina ou pêlo de boi⁴⁹⁴.

A mistura de crina ou pêlo de boi ao solo não é uma prática actualmente em voga, no caso de materiais cerâmicos, porém possivelmente funcionaria de maneira similar ao uso da palha.

⁴⁹⁰ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. X, p. 146.

⁴⁹¹ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. I, fls. 26v – Na realidade, o texto de Cataneo não apresenta novidades quanto as informações dadas sobre tijolos.

⁴⁹² RIEGER, Christiano, *Elementos de toda la architectura civil*, Madrid, Joachin Ibarra, 1763. p. 222/223 // SANVITALI, Federico (Pe.), *Elementi di architettura civile*, Brescia, Giammaria Rizzardi, 1745. Parte I, Cap. I, Prop. VII, p. 18/19.

⁴⁹³ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. X, p.146 e 148 – “*Si pensa che i mattoni in cotto debbano essere ripuliti, o subito dopo essere estratti dalla fornace prima che si inumidiscano, o se già una volta bagnato e poi asciugato, s'indurisce a tal punto da consumare anche il ferro*”.

⁴⁹⁴ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Jombert, 1764. t. I, L. I, Cap. XI, p. 50.

Não há restrições, actualmente, quanto aos períodos para a extracção da matéria-prima e para a moldagem dos produtos cerâmicos. Isto, provavelmente, é decorrente dos avanços científicos, que propiciam a escolha adequada do material, seu tratamento⁴⁹⁵ e cuidados na moldagem (principalmente quanto ao teor de humidade)⁴⁹⁶.

Quanto à espessura, Jombert recomendou que não fosse superior a duas polegadas, de modo a obter-se tijolos cozidos uniformemente, apesar de ter argumentado que, caso o material fosse mais espesso e não ficasse cozido no seu interior, poderia ser usado no revestimento de muralhas de fortificações, com a finalidade de absorver o impacto dos petardos. Tijolos mais espessos, no entender deste autor, deveriam apresentar furos, de modo a permitirem um cozimento mais homogéneo⁴⁹⁷. Rieger mencionou tijolos de três polegadas, mas não abordou este aspecto⁴⁹⁸. J. F. Blondel igualmente foi favorável aos tijolos não muito espessos, tendo dito que, deste modo, o fogo poderia cozê-los por inteiro⁴⁹⁹. Tomás Vicente Tosca, por outro lado, ao mencionar o uso de tijolos em muralhas de fortificações, recomendou que não estivessem nem muito cozidos, para não se vitrificarem, nem muito crus, de modo a resistirem às intempéries⁵⁰⁰, o que era uma boa indicação. O que pode ser notado, no texto da autoria de Cataneo, é que, segundo este autor, os tijolos, tendo sido feitos de boa terra, sido secos e cozidos adequadamente, se prestariam ao uso nas muralhas das fortificações por serem mais resistentes à humidade e aos petardos do que as pedras terras⁵⁰¹.

A arqueologia mostra que o pensamento expresso no texto de Jombert não foi seguido à risca, mas por outro lado é possível constatar, em certos sítios, a redução da espessura dos tijolos ao longo do tempo.

Quanto ao emprego de telhas e tijolos no Brasil, no mais antigo tratado descritivo feito sobre esta terra⁵⁰², da autoria do cronista português Gabriel Soares de Sousa (1540-1592), foi encontrada uma referência que comprovou a sua utilização, apesar de não se ter informações específicas sobre sua confecção:

“Tem a Baía muito barro de que se faz muita e boa telha, e muito tijolo de toda a sorte, de que há em cada engenho um forno de tijolo e telha, em os

⁴⁹⁵ Eliminação de impurezas, mistura com outras argilas ou com desengordurantes, redução da matéria-prima a partículas diminutas, meteorização, homogeneização, humidificação, uso de estufa ventilada.

⁴⁹⁶ PETRUCCI, Eládio G. R., *Materiais de construção*, 8ª ed., Porto Alegre, Globo, 1987. Cap. I, p. 22/23.

⁴⁹⁷ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Jombert, 1764. t. I, L. I, Cap. XI, p. 50.

⁴⁹⁸ RIEGER, Christiano, *Elementos de toda la arquitectura civil*, Madrid, Joachin Ibarra, 1763. p. 223.

⁴⁹⁹ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. t. V, Cap. III, p. 169.

⁵⁰⁰ TOSCA, Thomas Vicente, «De la arquitectura militar», *Compendio matematico*, Tratado XVI, t. V, Madrid, Antonio Marin, 1727. L. II, Cap. V, Prop. XX, p. 309.

⁵⁰¹ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. I, Cap. VIII, fls. 10v.

⁵⁰² Pelo menos é o mais antigo que chegou aos dias actuais.

*quais se coze também muito boa louça e formas que se fazem do mesmo barro*⁵⁰³.

Apesar de não se ter, na época, base científica adequada para a escolha da matéria-prima conveniente a ser utilizada no fabrico dos materiais cerâmicos, notou-se que o conhecimento prático do material levava à produção de boa qualidade, o que nem sempre ocorre hoje em dia, apesar de todos os avanços tecnológicos disponíveis e dos conhecimentos adquiridos até então (il. 30 a 32). Se o material não possuísse, em linhas gerais, boa qualidade, não haveria razão para serem multados aqueles que produzissem telhas ou tijolos ruins⁵⁰⁴.

Os materiais cerâmicos, em Portugal, eram antigamente considerados como dos mais importantes na construção, o que se pode constatar através das regalias que algumas pessoas tinham, exactamente por causa de sua produção. Isto foi claramente notado, por exemplo, no foral de D. Duarte⁵⁰⁵ (1391-1438) para a vila de Santarém, no qual foi estimulada a produção caseira de telhas:

*“Costume he, de quem quer que faz fomo de telha, e nom pera vender, e o que quer pera sa cassa [sic], que non de dizima*⁵⁰⁶.

Com relação ao processo de queima do tijolo, Belidor declarou, em seu texto *La science des ingenieurs*, que, na sua opinião, o produto cozido com madeira era melhor do que aquele queimado em fogo proveniente de carvão mineral. Isto porque propiciaria um tipo de fogo que penetraria em toda a parte⁵⁰⁷. Este autor não acreditava, pois, que o fogo proveniente do carvão mineral tivesse a capacidade de queimar o material como um todo⁵⁰⁸.

Ainda quanto à queima, Pellegrino Pellegrini (1527-1596), autor italiano, indicou que os tijolos deveriam secar muito bem antes de serem submetidos a esta etapa de produção. Seriam considerados cozidos quando saísse do fogo uma

⁵⁰³ SOUSA, Gabriel Soares de, *Noticia do Brazil* (Mss., 1587), transcr. em português actual por Maria da Graça Pericão, Lisboa, Alfa, 1989. Parte II, Cap. CLXXXVIII, p. 253.

⁵⁰⁴ CARNEIRO, Edison, *A cidade do Salvador (1549)*, 2ª ed., Salvador, Econômico e Administração, s.d. p. 83. Apud SIMAS FILHO, Américo, *A propósito de Luís Dias*, Salvador, FGM, 1998. p. 32 – Por exemplo, segundo Edison Carneiro, Pero Martins recebeu uma multa, “por a telha não ser da perfeição, a que era obrigado”.

⁵⁰⁵ “EDWARD”, *Encyclopædia Britannica online*, <http://search.eb.com/bol/topic?idxref=1478>, – páginas capturadas em 27/Fev/2000. D. Eduardo Duarte, rei de Portugal no período compreendido entre 1433 e 1438.

⁵⁰⁶ COLLEÇÃO DE LIVROS INEDITOS de historia portugueza dos reinados de D. Dinis, D. Affonso IV, D. Pedro I e D. Fernando, t. IV, Lisboa, Imprensa Nacional, 1925. p. 574.

⁵⁰⁷ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L III, Cap. IV, p. 26.

⁵⁰⁸ Foram diversas as considerações tecidas ao longo dos textos pesquisados acerca das qualidades dos materiais utilizados nos fornos como combustível. Isto foi notado, principalmente, quando foram tecidas considerações acerca da produção da cal. Inclusivamente, alguns autores comentaram que havia diferenças na queima, a depender do tipo de madeira utilizada. Esta é uma questão que tem que ficar em aberto, pois para se afirmar qual seria realmente o material a fornecer melhores resultados, tanto no forno de cal, quanto no forno de materiais cerâmicos, ter-se-ia que construir fornos com as dimensões e formas que os antigos indicavam, enchê-los com os materiais a serem calcinados ou cozidos e com os combustíveis mencionados, controlar-se a temperatura e o tempo de queima, para só então poder-se emitir uma opinião segura a respeito.



fumaça branca⁵⁰⁹, mesma informação dada por Scamozzi⁵¹⁰. Segundo Losada, o material estaria bem cozido, em geral, após vinte e quatro horas no fogo, embora o tempo pudesse variar⁵¹¹.

Actualmente, a queima dos materiais cerâmicos é feita, nas fábricas, em três ou quatro dias. Só que, para que o produto resultante apresente boa qualidade, não apenas a temperatura deve ser controlada, mas a velocidade de queima, também. Na realidade, para cada forno e para cada material utilizado deve-se, a partir de análises térmicas, obter a curva temperatura-tempo ideal⁵¹². Podem também ser feitas, para direccionar a queima, análise termo-diferenciais e difratometria a raios-X.

Em *La science des ingenieurs*, Belidor também demonstrou a sua preocupação com a boa qualidade do material, o que por vezes é negligenciado hoje em dia. Verificou-se isto, claramente, no caso dos materiais cerâmicos, quando foi mencionado que as coberturas só deviam ser executadas com telhas escolhidas e bem cozidas⁵¹³.

Esta é uma recomendação que, teoricamente, nem precisaria ser feita, pois deveria ser uma praxe segui-la. No entanto, outros autores consultados também a ratificaram, o que leva a crer que telhas de má qualidade eram comuns naquela época, embora telhas bem feitas pudessem ser encontradas. J. F. Blondel, por exemplo, também foi taxativo quanto ao assunto, frisando que além da selecção do material, as telhas deveriam ser bem cozidas:

*“Pour qu’une tuille soit réputée bonne, il faut qu’elle soit sonore quand on frappe dessus avec le marteau, qu’elle se brise difficilement, & qu’elle soit également cuite dans son intérieur, comme à sa superficie, sans cependant être vitrifiée. Car, quand elle n’est pas assez cuite, elle se feuillette & tombe en morceaux. Sa couleur est assez indifférente à sa bonté”*⁵¹⁴.

As indicações deste arquitecto francês, que eram praticamente as mesmas constantes do texto de d’Aviler⁵¹⁵, estavam plenamente correctas. Todavia, ainda hoje é comum encontrar-se materiais que, se analisados empiricamente como foi acima sugerido, não passariam em testes de qualidade⁵¹⁶. Tais materiais,

⁵⁰⁹ PELLEGRINI, Pellegrino, *L’architettura*, ed. comentada a/c Giorgio Panizza, Milão, Il Polifilo, 1990. Parte I, Cap. XXIII, p. 97.

⁵¹⁰ SCAMOZZI, Vincenzo, *L’idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVI, p. 222.

⁵¹¹ LOSADA, Manuel, *Critica, y compendio especulativo-practico de la arquitectura civil*, Madrid, Antonio Marin, 1740. t. I, Tratado I, Proemiales, Prop. IV, p. 11.

⁵¹² PETRUCCI, Eládio G. R., *Materiais de construção*, 8ª ed., Porto Alegre, Globo, 1987. Cap. I, p. 30.

⁵¹³ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. V, Cap. III, p. 44.

⁵¹⁴ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d’architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VI, t. VI, Cap. I, p. 314.

⁵¹⁵ D’AVILER, Augustin Charles, *Cours d’architecture*, 3ª ed., Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, p. 226 – D’Aviler mencionou, também, que deveriam ser desempenadas.

⁵¹⁶ No caso das telhas de secção curvilínea, por exemplo, os testes práticos normalmente recomendados são os seguintes: a telha, com a concavidade voltada para cima, deve resistir ao peso de um homem (cerca de 80Kg); com o auxílio de uma haste metálica, percutir o material, e verificar se o som está claro, o que denota um cozimento adequado; verificar o

seguramente, não seriam aprovados se fossem submetidos a ensaios específicos de laboratório, que são muito mais rígidos.

Quanto à verificação empírica da qualidade de tijolos, vários autores também abordaram o assunto. Foi mencionado, por exemplo, no tratado vitruviano, que as chapas planas de barro cozido melhores eram aquelas que, sendo submetidas às intempéries por um longo período, apresentavam um bom comportamento (não se rompiam). Estas – as velhas, que comprovadamente resistiam ao gelo e demais agentes físicos – é que, na opinião do mestre romano, deveriam ser usadas em paredes⁵¹⁷. Giovanni Branca, por sua vez, informou que, para serem considerados perfeitos, os tijolos deveriam resistir a determinado peso quando apoiados pelos extremos; deveriam ser leves, sonoros e resistir ao gelo pelo menos um Inverno, não sofrendo, também, alteração de cor se imersos em água⁵¹⁸. Negreiros simplesmente ratificou tudo o que foi dito por este autor⁵¹⁹. J. F. Blondel também indicou a exposição dos tijolos às intempéries durante o Inverno⁵²⁰, assim como sugeriu a constatação, tanto do som emitido pelo tijolo ao ser submetido à percussão, quanto da sua coloração⁵²¹. Sanvitali ratificou esta posição⁵²². Estes testes práticos são válidos ainda hoje.

Comparando materiais construtivos para muralhas, Antoine de Ville informou que quanto mais macios fossem, melhor, pois não libertariam estilhaços ao receber o impacto das balas. Por ordem, indicou que melhor seria se não fosse feita muralha alguma, pois a terra resistiria ao impacto dos tiros de canhões, depois, o tijolo cerâmico e, por último, a pedra. Citou ainda, a título de exemplificação, um tipo de muralha que conhecia, feito em camadas alternadas de taipa e tijolos cerâmicos: os tijolos ajudariam a segurar a terra compactada e esta não permitiria o rompimento da muralha em estilhaços, quando recebesse os petardos⁵²³.

A supracitada informação mostra não apenas que os tijolos eram tidos como materiais de boa qualidade, de modo que podiam ser usados na construção de obras de defesa, mas que por vezes eram usados em combinação com a terra crua.

aspecto da superfície do material pronto, de modo a constatar se há grânulos calcários ou outros elementos estranhos presentes na massa; partir a telha e observar se há diferença de coloração entre o miolo e a parte externa, indício de um cozimento incompleto; vedar as duas laterais da telha com cerâmicas vitrificadas, colocar a telha com a concavidade voltada para cima, a formar uma espécie de berço, enchê-la de água e observar se há vazamento.

⁵¹⁷ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. VIII, p. 55/56.

⁵¹⁸ BRANCA, Juan, *Manual de arquitectura*, trad., comentários e acrescentos de D. Manuel Hijosa, [6ª ed.], Madrid, Viuda de D. Joaquín Ibarra, 1790.

⁵¹⁹ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 142.

⁵²⁰ Forma bastante frequente de teste empírico para verificação da durabilidade das pedras naturais, como será comentado no próximo capítulo desta tese.

⁵²¹ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. t. V, Cap. III, p. 170.

⁵²² SANVITALI, Federico (Pe.), *Elementi di architettura civile*, Brescia, Giammaria Rizzardi, 1745. Parte I, Cap. I, Prop. VIII, p. 19.

⁵²³ DE VILLE, Antoine, *Les fortifications*, Lyon, P. Borde, 1641. L. I, Parte I, Cap. XXIX, p. 88/89.

O português Francisco de Holanda (1516 ou 1517-1584), anterior a Antoine de Ville, também defendeu o uso de tijolos nas muralhas, ao invés de pedras, como pode ser constatado através da passagem transcrita a seguir:

“E este não é feito de pedraria (como costumam fazer os que pouco de fortalezas entendem), mas é todo feito este bastião, ou baluarte, de tijolo cozido mui pequeno (...) e assim são feitas do mesmo tijolo e não de pedra, todas as melhores fortalezas da Itália; porque têm a pedra por obra mui fraca para a bateria das bombardas”⁵²⁴.

⁵²⁴ DE HOLANDA, Francisco, *Da fábrica que falece à cidade de Lisboa*, introdução, notas e comentários de José da Felicidade Alves, s.l., Livros Horizonte, 1984. Cap. III, p. 17.

3 – ROCHA

3.1 – CONCEITOS

“Corpo solido, & duro, que se cria na terra; não se derrete no fogo, nem se estende ao martello”⁵²⁵.

Esta definição, constante do dicionário do padre Raphael Bluteau, do início do século XVIII, é uma das muitas encontradas nos textos antigos para o termo *pedra*. Embora bastante simples, pode ser ainda hoje aceite pelos leigos, pois descreve, muito sinteticamente, as características inerentes à maioria dos materiais da espécie.

Esclarece-se que, ao longo desta investigação, o termo *pedra*, apesar de não ser considerado pelos geólogos como sinónimo de *rocha*, será utilizado com esta finalidade. Optou-se por assim proceder porque, tanto nos livros de materiais de construção actualmente adoptados nas escolas de arquitectura e engenharia, quanto nos textos consagrados de conservação e restauro e nas antigas publicações que abordam o assunto, ambos os termos aparecem. A diferença é que se denomina *rocha* o material bruto, na pedreira, e *pedra* a rocha cortada ou desmontada, para fins de utilização como material de construção.

Sob o aspecto da geologia, entretanto, há conceitos mais complexos: uma rocha pode ser definida, por exemplo, como um mineral, ou, o que é mais frequente, como um aglomerado de minerais que formam determinada parte da crosta terrestre⁵²⁶.

3.2 – FORMAÇÃO E ENDURECIMENTO

Tentativas de explicar a génese das rochas foram frequentes ao longo dos séculos. Alberti, por exemplo, mencionou as diversas teorias correntes a este respeito, na sua época, porém declarou que não se ia prender a discuti-las, como também não o faria quanto às diversas origens possíveis para as suas cores⁵²⁷. Sobre o mármore, contudo, teceu algumas considerações especiais:

“E che dire della scoperta fatta sui marmi, che cioè nelle cave di marmo essi crescono? Recentemente, a Roma, si sono trovati sotto terra frammenti di travertino spugnoso che sono cresciuti fino riunirse in un’única pietra

⁵²⁵ BLUTEAU, Raphael (Pe.), *Vocabulario portuguez & latino*, Lisboa, Paschoal da Sylva, 1716. t. VI, p. 349.

⁵²⁶ LAZZARINI, Lorenzo, «Genesis and classification of rocks», *The deterioration and conservation of stones*, [Veneza], L. Lazzarini e R. Pieper, [1988], p. 1-44. p. 2.

⁵²⁷ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L’architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. VIII, p. 134 – “*Non mi soffermerò a discutere le teorie naturalistiche sull’origine delle rocce: se l’originario materiale viscoso, derivante da mistura di acqua e terra, si sia dapprima condensato in fango, in seguito in blocchi di pietra, o se si siano costituite per addensamento di materia originato dalla violenza del gelo o del calore solare, come diccono sia avvenuto per le pietre preziose; o se invece la natura abbia provveduto a immettere nella terra il seme stesso della pietra, così come di tutte le altre cose*”.

*massiccia per effetto della loro lunga permanenza nel terreno, come se questo desse loro nutrimento*⁵²⁸.

Nesse trecho, notou-se a falta de conhecimento, naquela época, acerca de como se davam alguns fenómenos naturais. Constatou-se, também, a adopção de termos actualmente só aplicáveis a seres vivos, ao se fazer referência a pedras, aliás, uso comum outrora.

Com relação ao “crescimento” dos mármores nas jazidas, encontrou-se igualmente uma citação curiosa no texto atribuído a Francesco Milizia, datado de finais do século XVIII:

*“Molte osservazioni provano, che il marmo si riproduce di nuovo nelle cave, donde è stato tratto. Veggonsi delle strade piane, ed uguali in luoghi, dove qualche secolo prima erano state cave profondissime. Nell’aprire alcune cave di marmo si trovano asce, picconi, martelli, ed altri strumenti rinchiusi nel marmo, i quali avean certamente servito altre volte a lavorar quelle stesse cave, che si son ripiene coll’andar del tempo, e si son rese proprie ad esser di nuovo scavate*⁵²⁹.

A formação natural do carbonato constitui-se num processo razoavelmente lento. É possível encontrar-se formações carbonáticas originárias da visível cristalização de sais⁵³⁰, porém a citação transcrita deu a entender que ambos os autores aceitavam a versão que a formação de maciços rochosos se dava de maneira rápida e visível aos humanos, o que realmente não ocorre⁵³¹. Logo, no caso citado dos mármores, com formação cristalina do carbonato de cálcio, seria impossível que a informação constante do texto atribuído a Milizia fosse verdadeira, de modo a encontrar-se, embutidas nas rochas, em um período relativamente curto, ferramentas antigas.

No texto de Cataneo, posterior ao de Alberti, detectaram-se alguns enganos com relação à origem do travertino, fruto também do desconhecimento científico na época. Para esse autor, tal material era formado de terra e de água congelada⁵³². Informação semelhante havia sido dada anteriormente por Plínio, em sua *História natural*, ao afirmar que uma determinada pedra se congelava de humor de terra com um certo espírito em forma de cristal⁵³³.

Gabriel Soares de Souza, em seu *Tratado descritivo da costa do Brasil*, deu igualmente informações similares sobre a formação das rochas:

⁵²⁸ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L’architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. IX, p. 138 e 140 – Nota do tradutor: “*La saldatura delle pietre avviene per deposito salino di acque sotterranee*”.

⁵²⁹ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. I, Parte I, Cap. III, p. 339 – Grafia original.

⁵³⁰ Estalactites e estalagmites, por exemplo.

⁵³¹ Formação de concreção por gotejamento de rochas carbonáticas dissolvidas.

⁵³² CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. III, fls. 28v.

⁵³³ PLINIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, G. Ferrari, 1561/1568. L. XXXVI, Cap. XXII, p. 1148.

“Quando se edificou a cidade do Salvador, se aproveitaram os edificadores e povoadores dela de uma pedra cinzenta boa de lavrar que iam buscar por mar ao porto de Itapitanga⁵³⁴ que está a sete léguas da cidade da mesma Baía, da qual fizeram as colunas da Sé, portais e cunhais e outras obras de meio-relevo e muitas campas e outras obras proveitosas; mas depois se descobriu outra pedreira melhor que se arranca dos recifes que se cobrem com a praia-mar [sic] das marés de águas vivas ao longo do mar, a qual pedra é alva e dura, que o tempo nunca gasta mas trabalhosa de lavrar, que gasta as ferramentas muito, de que se fazem obras mui primas e formosas e campas de sepulturas mui grandes e parece a quem isto tem atentado que esta pedra se fez da areia congelada⁵³⁵ porque ao longo dos mesmos recifes, bem chegado a eles, é tudo rochedo de pedra preta⁵³⁶ e estoura é muito branca depois de lavrada mas não é muito macia, a qual quando a lavram faz sempre uma grã areenta e acham-se muitas vezes no âmago destas pedras cascas de ostras e de outro marisco e uns seixinhos de areia pelo que se tem que esta pedra se formou de areia e que se congelou com a frialdade da água do mar⁵³⁷ o que é fácil de crer porque se acham por estas praias limos esfarinhados de areia que está congelada e dura como pedra e alguns paus de ramos de árvores também cobertos desta massa tão dura como se foram de pedra⁵³⁸ .

Na citação acima, pode-se perceber que Gabriel Soares concordou de certo modo com Cataneo ao dizer que a rocha (no caso, um arenito de cimentação calcifera) tinha sido formada pelo congelamento, só que da areia, através da frieza da água. A justificação dada pelo autor para pensar desta maneira foi o facto do material apresentar diversas inclusões em seu interior. Na realidade, é comum a presença de fósseis em diversos tipos de rochas (il. 33), principalmente nas sedimentares, como os arenitos.

Opinião similar à de Gabriel Soares acerca da formação de rochas foi a do pintor e arquitecto italiano Giorgio Vasari (1512-1574) ao discorrer sobre o travertino, conforme pode ser verificado no trecho transcrito a seguir. Para este último autor, o congelamento de terra, de vegetais e da água teriam sido responsáveis pela formação de tal rocha. Segundo Vasari, pois, o travertino era:

“...tutta specie di congelatione d'acque, & di terra, che per la crudezza, & freddezza sua non solo congela, & petrifica la terra, ma i ceppi, i rami, & le

⁵³⁴ FREIRE, J. L. de, CAMPOS, Laudelino, *Grande e novíssimo dicionário da língua portuguesa*, Rio de Janeiro, 1941. Vol. III, p. 2899. Apud FLORES CAPARÓ, Erwic, *Os arenitos de cimentação calcifera dos antigos edificios de Salvador*, FAUFBA, 1997. Dissertação de mestrado (policopiada). Cap. III, p. 87 – Segundo Freire e Campos, o significado da palavra indígena “itapitanga” é *pedra vermelha* ou *pedra parda*.

⁵³⁵ O sentido de *congelada* pode querer dizer solidificada ou endurecida.

⁵³⁶ FLORES CAPARÓ, Erwic, *Os arenitos de cimentação calcifera dos antigos edificios de Salvador*, FAUFBA, 1997. Dissertação de mestrado (policopiada). Cap. III, p. 94 – Conforme este investigador, a pedra preta mencionada por Gabriel Soares de Souza era um gnaisse.

⁵³⁷ Pelo contrário, as águas mais quentes facilitariam a precipitação carbonática.

⁵³⁸ SOUSA, Gabriel Soares de, *Notícia do Brazil* (Mss., 1587), transcr. em português actual por Maria da Graça Pericão, Lisboa, Alfa, 1989. Parte II, Cap. CLXXXVII, p. 251/252 – Sublinhados não existentes no texto original.

*fronde degli alberi. Et per l'acqua, che riman [sic] dentro, non si potendo finire di asciugare, quando elle son [sic] sotto l'acqua, vi rimangono i pori della pietra cavati, che pare spugnosa, & bucheraticcia, egualmente [sic] di dentro, & di fuori*⁵³⁹.

Não se pode atribuir a génese dos travertinos ao congelamento de água e de terra e troncos ou ramos de árvores, nem igualmente atribuir a formação da porosidade neles existente à presença de água remanescente no seu interior. Henri Duval (séc. XIX) definiu o travertino como tufo calcário, formado pelo depósito de águas petrificantes⁵⁴⁰, e não pelo congelamento da água.

Na realidade, o travertino é uma rocha sedimentar calcária, de origem química, autóctone, ou seja, que se forma *in situ*, e realmente sua origem está ligada à presença da água, só que esta não o origina por congelamento, mas sim porque:

*"...porta alla formazione di soluzioni e sedimenti (clasti), che possono venire trasportati da vari agenti (vento, acqua, ecc.), eventualmente elaborati nel corso del trasporto (ad es. classati), e deposti in varie zone della crosta terrestre (pianure, laghi, oceani), definiti come bacini di sedimentazione. Li possono subire vari fenomeni chimico-fisici, quali la compattazione e la diagenesi (insieme di meccanismi complessi comprendenti reazioni di ossidoriduzione, solubilizzazione, precipitazione di sali, ecc.) che portano alla litificazione, cioè alla trasformazione dei sedimenti incoerenti in rocce coerenti"*⁵⁴¹.

Com relação à porosidade característica do travertino, a justificação para a sua origem, conforme o italiano Umberto Menicali, foi a seguinte:

*"La tipica struttura vacuolare deriva da steli di piante e da altre parti vegetali inglobate durante la decomposizione e dilavamento della materia organica"*⁵⁴².

Especificamente sobre o arenito encontrado à beira-mar ("beachrock") mencionado por Gabriel Soares, acredita-se que fosse uma "rocha friável e bem formada consistente de areia cimentada por crostas de carbonato de cálcio precipitadas na zona de intermarés"⁵⁴³. Ou seja, a água não endureceu de modo a formá-la, porém teve participação no processo dissolvendo o carbonato de cálcio, que terminou por aglomerar as partículas de areia (sílica).

⁵³⁹ VASARI, Giorgio, *Le vite de' piu eccellenti pittori, scultori, e architettori*, 3ªed. (revista e ampliada pelo próprio autor), Florença, Giunti, 1568. Parte I, p. 17.

⁵⁴⁰ DUVAL, Henri, *Atlas universel des sciences*, Paris, Terzuolo, 1839. p. 39.

⁵⁴¹ LAZZARINI, Lorenzo, LAURENZI-TABASSO, Marisa, *Il restauro della pietra*, Pádua, CEDAM, 1986. Cap. I, p. 1/2.

⁵⁴² MENICALI, Umberto, *I materiali dell'edilizia storica*, vol. III, Roma, La Nuova Italia Scientifica, 1992. Cap. I, p. 15.

⁵⁴³ SOUZA, Rogério Schiffer de, «Cimentação carbonática do beachrock de Itaipuaçu; Maricá», actas do Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, CBG, 1988. vol. II, p. 975. Apud FLORES CAPARÓ, Erwic, *Os arenitos de cimentação calcífera dos antigos edificios de Salvador*, FAUFBA, 1997. Dissertação de mestrado (policopiada). Cap. IV, p. 130, nota 14.

Com relação à provável origem das pedras, de maneira geral, Mattheus do Couto informou:

“...E deixando agora as mais das disputas filosoficas, sobre o como se geram [as pedras], querendo huns, q’ os pricipios viscosos se endureção com a mistura de agoa, e terra, e se fação pedra, coalhandose com os frios; e como pedras preziosas se crião com os rayos do Sol. Outros, q’ assi como a terra cria as mais couzas, assi por natureza crie estas pedras com a semente q’ a dita terra tenha em sy; parece-me a mim q’ como os ceos são de hu’a mesma qualidade, e materia de q’ são as estrellas, e planetas, assim na terra as pedras são do mesmo metal que ella hé; porem com esta differença, que como nos ceos os planetas, e mais estrellas são de melhor, e mais fino material; que os mesmos ceos, posto que sejão da mesma natureza; assim neste elemento da Terra parece que as pedras que lhe servem de ossos, posto q sejão da mesma materia, sejão de mais fino metal do que hé o da terra. E assi como o Sol ante esses planetas he de mais fino metal, e q’ lhes dá o ser a todos; assi na Terra há pedras de diferentes qualidades, mais, e menos finas, e resplandecentes, como nos ditos planetas, e estrellas. E tambem parece q’ o mesmo Sol está sustentando em seu ser estas pedras.

Não venho na razão que alguns dão, que as pedras debaixo do chão cresam, porq se assim fora crescerão desde o principio do mu’do athegora, de modo, que houverão ocupado toda a região aerea: Nem approvo dizerem que tem seu ser debaixo da terra athe hum certo lemite, e que dahi por diante padecem sua velhice (...) E que a providencia divina logo no principio do mundo por ordem da natureza as criou, e amassou do modo, que hoje vemos, e as sustentou em seu ser. Não nego q há tambem pedras, que nas entranhas da dita terra se conservão em seu ser eterno; e fora dellas as gaste, e consome o tempo por razão da quentura do Sol, ou injurias do dito tempo. Isto são particulares desta sómente, porque os que por natureza são rijos, a que chamamos liozes, são eternos⁵⁴⁴.

Nota-se que Mattheus do Couto afirmou que as pedras eram do mesmo “metal” do qual a terra era composta, assim como os planetas e as estrelas apresentavam a mesma constituição, sendo apenas as estrelas de material mais fino. Quanto a estas afirmações, o único comentário que se julga necessário fazer é que se constituem em mais uma indicação do ponto em que o desconhecimento da ciência e a especulação poderiam levar.

Quanto às demais considerações tecidas por esse autor com relação às origens das pedras, não há o que acrescentar, pois foram similares às mencionadas por Alberti e Cataneo.

⁵⁴⁴ COUTO, Mattheus do (o Velho), *Tractado de architectura*, [Lisboa], Cód. F. 7752 (BNL), 1631. L. III, Cap. IX, p. 61.

J. F. Blondel, por sua vez, ao tecer comentários sobre a carga que as pedras podiam suportar⁵⁴⁵, também opinou acerca da sua formação, ao tempo em que assim explicou o mecanismo do processo de esmagamento por elas sofrido:

“Il faut savoir que la pierre n’est pas compressible, & qu’au lieu de diminuer de volume ou de s’affaisser, quand elle est contrainte de céder sous un fardeau, ses parties se désunissent, s’écrassent & se réduisent en poudre; effet qui este très-prompt, & même subit⁵⁴⁶. La raison de cette dissolution⁵⁴⁷ est bien aisée à concevoir: elle vient de ce que les pierres ne sont dans leurs principes, qu’un composé de terre graveleuse plus ou moins compacte, ou des petits grains de sable réunis par un espèce de viscosité ou de gluten, que des filtrations d’eau y on déposé à la longue: or, ce gluten ou cette colle n’ayant pas autant de consistance que les grains de sable, & venant à être détruit par une forte compression, la pierre est nécessairement obligée de retourner dans son premier état⁵⁴⁸.”

Em vários dos textos consultados foram encontradas informações sobre o *glúten*, suposto elemento de ligação das partículas constituintes das pedras. O que ocorre, realmente, é que algumas pedras são formadas por grãos cimentados uns aos outros por meio de uma matriz ou cimento, só que esta matriz não é viscosa. É basicamente oriunda da acção da água na dissolução de vários minerais, principalmente os carbonatos. Não é uma cola, na acepção hoje dada à palavra, porém metaforicamente poderia ser considerada como tal.

Além de J. F. Blondel, vários foram os autores do século XVIII que mencionaram a presença de um elemento aglutinante nas rochas. No entanto, optou-se, em carácter ilustrativo, por destacar a seguir duas outras opiniões encontradas:

- O físico holandês Pieter van Musschenbroek (1692-1761), por exemplo, num dos seus textos sobre física e matemática, descreveu as rochas como sendo formadas pela união de partículas terrestres por meio de um elemento ligante, ou pela acção do fogo⁵⁴⁹;
- Mathias Ayres, por sua vez, foi de opinião que as rochas eram formadas por *“...huma, ou mais terras unidas entre si por meio de algum licor proprio, e proporcionado para aquela formação⁵⁵⁰”*.

⁵⁴⁵ Ao se referir especificamente ao facto delas poderem ser utilizadas na execução de abóbadas.

⁵⁴⁶ Descrição precisa do processo de esmagamento.

⁵⁴⁷ O termo *dissolução* não foi bem empregue. Melhor seria se tivesse sido adoptado *desagregação*.

⁵⁴⁸ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d’architecture*, Paris, Desaint, 1771. vol. VIII, t. VI, Cap. I, Art. VIII, p. 35.

⁵⁴⁹ MUSSCHENBROEK, Pierre van, *Cours de physique experimentale et mathématique*, trad. de M. Sigaud de la Fond, Paris, Bailly, 1769. t. I, p. 65 – *“C’est ainsi que des parties terrestres, unies entr’elles par un gluten, ou par l’action du feu forment des pierres...”*

⁵⁵⁰ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. II, p. 16 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792 – À fls. 137v, Negreiros transcreveu a citação.

Apesar do avanço, no século XVIII, em certas áreas científicas (como por exemplo, no que diz respeito às observações feitas com as madeiras⁵⁵¹), não se tinha, até aquele momento, conhecimento adequado para se conseguir explicar bem certos fenômenos da natureza, como a formação, ou a constituição das rochas. De qualquer modo, a ideia, em si, de que as rochas eram formadas por uma aglutinação de diversos ingredientes, não estava errada, assim como a indicação de que o fogo também poderia colaborar; é notório que a acção de altas temperaturas participa, por vezes, do processo de génese das rochas.

De grande importância, no entanto, para o melhor entendimento dos líticos, de maneira geral, e elucidação de alguns pontos obscuros, foi o desenvolvimento da cristalografia, em finais do século XVIII. Todavia, com relação a este assunto, Jean-Baptiste de Romé de l'Isle informou que, na época, muitas pessoas não consideravam a cristalografia como uma verdadeira ciência, pois julgavam que as observações feitas pelos estudiosos de então não reflectiam a realidade quanto à constituição dos minerais. Para tais pessoas, o que era tido como válido para uma rocha analisada não se repetiria para as demais rochas da mesma espécie, o que obviamente se constituía em grave equívoco. Prova disto foi que, por exemplo, o escritor e naturalista francês Georges Louis Leclerc, Conde de Buffon (1707-1788), à página 343 do seu livro *L'histoire naturelle des minéraux*, escreveu, conforme transcrição encontrada no texto de De Romé de l'Isle:

*"Quand je réduis à ces trois formes de lames, de filets & de grains, les cristallisations gypseuses, c'est seulement parce qu'elles se trouvent plus communément; car je ne prétends pas exclure les autres formes qui ont été ou qui seront remarquées par les observateurs, puis qu'ils trouveront en ce genre, comme je l'ai moi-même observé dans les spaths calcaires, des variétés presque innombrables dans la figure de ce cristallisations, & qu'en général la forme de cristallisation n'est pas un caractère constant, mais plus équivoque et plus variable qu'aucun autre des caractères par lesquels on doit distinguer les minéraux"*⁵⁵².

De Romé de l'Isle, então, completou o seu pensamento ao declarar que, apesar da importância dos textos do Conde de Buffon, deixava aos naturalistas o encargo de descobrir qual dos dois estava certo.

Retomando às considerações acerca da petrificação, Mathias Ayres informou que, além de ser um processo complicado – os químicos nunca tinham conseguido fazer uma pedral – era também lento. Essa informação entrava em contradição com a de Alberti, já citada, que indicava o rápido crescimento dos mármorees.

Mathias Ayres afirmou, ainda, que as pedras na sua época não podiam ser como no início do mundo, já que teriam se modificado desde então, o que fazia

⁵⁵¹ Ver descrição/ensaios no item 8.6.

⁵⁵² DE ROMÉ DE L'ISLE, Jean-Baptiste, *Cristallographie*, 2ª ed., Paris, L'Imprimerie de Monsieur, 1783. t. I, p. xviii.

sentido. Negreiros, mais uma vez, concordou com esse autor, pois transcreveu novamente sua citação⁵⁵³.

Mathias Ayres e Negreiros associaram, também, o facto de algumas pedras serem moles, à demora na conclusão do seu processo de petrificação. Sua pouca dureza, no entender destes autores, significava que elas ainda não eram pedras⁵⁵⁴: só o seriam se fossem compactas e duras. Isto porque só assim teriam a capacidade de resistir a grandes cargas, e de impossibilitar a penetração da água e do ar, agentes que levariam à sua destruição⁵⁵⁵. A pedra a ser usada nas construções devia ser escolhida, pois, dentre as mais rijas, e que estivesse, conforme Negreiros, no estágio final de sua consolidação⁵⁵⁶. Isto faria com que ela resistisse à acção das intempéries, não sendo, conseqüentemente, dissolvida pela água, nem consumida lentamente pelo "ácido do ar"⁵⁵⁷.

Ainda com relação à rigidez das rochas, destaca-se que Cataneo também mencionou o seu endurecimento com o passar do tempo e indicou que, quanto mais duras fossem, mais resistentes eram às intempéries⁵⁵⁸. Estas informações são, de certa forma, aceites hoje em dia.

Segundo Philibert de l'Orme, a parte das pedras denominada "bousin" (ou "bouzin") endurecia se permanecesse um longo período dentro da terra, nas pedreiras. Isto podia, na sua opinião, ser verificado através da experiência. No entanto, De l'Orme julgou que tal camada equivalia ao alburno das madeiras, e só servia se estivesse adossada a uma boa pedra. Caso a pedra fosse utilizada sem que esta parte tivesse endurecido, apareceriam, na sua opinião, os problemas:

"...car non seulement il⁵⁵⁹ le mange⁵⁶⁰ & consume en poudre, mais aussi il gaste ce qui est bon en luy. Ainsi faict ledit bousin, car non seulema't il gaste les bonnes maçonneries, ains [sic] bien souvent est cause de leur ruine (...) Mais tel bousin se mange & consume avecques le te'ps, delaisant en son lieu une grande ouverture, qui faict prendre coup & fendre les murailles, dont il advient grand dommage & difformité aux logis (...) Les marbres & toutes pierres de semblable nature, c'est a dire tres dures, ne sont point subiettes à recevoir tels bousins"⁵⁶¹.

⁵⁵³ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. II, p. 21 // NEGREIROS, Jozé Manoel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 137v.

⁵⁵⁴ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. II, p. 21 // NEGREIROS *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80, AHM, 1792. fls. 138.

⁵⁵⁵ Deste ponto de vista, uma pedra mole e de porosidade relativamente alta, como um arenito, não poderia considerada por estes autores como uma pedra.

⁵⁵⁶ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 138.

⁵⁵⁷ Ver maiores considerações sobre o assunto no item 3.6.1.

⁵⁵⁸ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. I. II, Cap. III, fls. 28v.

⁵⁵⁹ O "bousin".

⁵⁶⁰ Come a pedra.

⁵⁶¹ DE L'ORME, Philibert, *Le premier tome de l'architecture* (Paris, Frederic Morel, 1567), fac-símile, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XIII, fls. 25v-26.

Não se pode afirmar, com certeza absoluta, o que seria o “*bousin*”, termo encontrado com certa frequência nos textos pesquisados. Todavia, como ficou sempre claro que designava um material de má qualidade, pensou-se que poderia ser um saprólito⁵⁶².

Segundo Eugène Simonet (séc. XIX), o “*bousin*” era uma espécie de crosta mole que recobria um dos leitos das rochas, na jazida⁵⁶³, ou às vezes mais, e que devia sempre ser retirado com cuidado⁵⁶⁴.

Caso a camada das pedras que endurecia fosse realmente o que os autores de séculos passados chamavam “*bousin*”, com o que Simonet não concordava, então não poderia ser considerada como um saprólito, como aventada a hipótese, pois o saprólito não adquiriria maior resistência ao permanecer mais tempo no interior da terra. Ao contrário, deveria degradar-se mais ainda. Assim sendo, não seria similar ao alburno das árvores.

Ainda sobre o argumento do endurecimento das rochas, o italiano Benvenuto Cellini (1500-1571), por exemplo, citou uma pedra branca francesa que, ao ser extraída, era macia e fácil de trabalhar, mas com o tempo, endurecia como os mármore⁵⁶⁵; Mattheus do Couto concordou igualmente com o endurecimento das pedras⁵⁶⁶; d’Aviler, ao mencionar as pedras moles, disse que endureciam ao ar, o que foi também repetido em textos que sucederam ao seu⁵⁶⁷.

Sabe-se que as rochas apresentam água em seu interior, quando da sua extracção, e devem ser colocadas em ambiente ventilado para secar. O travertino, por exemplo, é extraído com facilidade da jazida, mas após permanecer algum tempo nesta condição, endurece, do mesmo modo ocorre com a rocha francesa citada por Cellini e com os tufos vulcânicos⁵⁶⁸. A razão para que isto se dê é que os sais de carbonato de cálcio que se encontram dissolvidos na água apresentada pela rocha na jazida precipitam-se, endurecendo nos seus poros⁵⁶⁹. Facto similar ocorre possivelmente com outras rochas calcárias e com as rochas moles, em geral, pois também pode haver nos poros o endurecimento de substâncias ferrosas e silicáticas⁵⁷⁰.

Por outro lado, pode ocorrer outra forma de endurecimento da pedra com a exposição ao tempo. Isto pode ser constatado actualmente, e tem a ver com a

⁵⁶² Camada de rocha alterada, podre.

⁵⁶³ Especialmente em jazidas de rochas calcárias.

⁵⁶⁴ SIMONET, Eugène, *Maçonneries*, Paris, P. Vicq-Dunot et Cie, 1897. Cap. I, p. 10.

⁵⁶⁵ CELLINI, Benvenuto, *Due trattati, uno intorno alle otto principi (Florença, 1568), I trattati dell'oreficeria e della scultura di Benvenuto Cellini*, Florença, Felice le Monier, 1857. p. 200.

⁵⁶⁶ COUTO, Mattheus do (o Velho), *Tractado de architectura*, [Lisboa], Cód. F. 7752 (BNL), 1631. L. IV, Cap. I, p. 72 – “...toda a pedra debaixo da terra, antes q’ a arranquem, he mais branda, porque depois q’ chega ao ar, he mais rija...”

⁵⁶⁷ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785 – Este é um exemplo dentre os textos que abordaram o assunto.

⁵⁶⁸ MENICALI, Umberto, *I materiali dell'edilizia storica*, vol. III, Roma, La Nuova Italia Scientifica, 1992. Cap. I, p. 15.

⁵⁶⁹ MONTAGNI, Claudio, *Costruire in Liguria*, Genova, Sagep, 1990. p. 76.

⁵⁷⁰ LYELL, Charles, *Éléments de géologie*, trad. de Tullia Meulien, Paris, Pitois-Levrault et Compagnie, 1839. Parte I, Cap. IV, p. 84.

qualidade prática da patine, ou seja, a patine verdadeira adquirida pelos materiais líticos, que se traduz num envelhecimento natural do material na superfície⁵⁷¹.

3.3 – CLASSIFICAÇÃO

3.3.1 – Generalidades

As referências mais antigas descobertas, ao longo desta investigação, sobre algumas rochas que foram utilizadas na construção civil, datam do século IV a.C.. Foram encontradas no texto intitulado *Da lapidibus*, que é da autoria do filósofo e naturalista grego Teofrasto⁵⁷² (371-288 a.C.). Neste texto, foram citados os tipos de mármore e alabastros conhecidos na época, seus usos e algumas de suas características (dureza, capacidade de receber polimento, transparência, opacidade, textura, resistência ao fogo). Num dos comentários de “Sir” John Hill (século XVIII), na versão inglesa que fez deste texto, pode ser notada, curiosamente, uma distinção entre alabastro e mármore⁵⁷³, o que nem sempre era percebido nos livros consultados:

“It is a well known, white, and approaching to the nature of marble, but much softer. The alabastrum and alabastrites of naturalists, though by some esteemed synonymous terms, and by others confounded with one another, are different substances; the alabastrum is properly the soft stone, of a gypseous substance, burning easily into a kind of plaster, and the alabastrites the hard, bearing a good polish, and approaching to the texture of marble”⁵⁷⁴.

Gioseffe Viola Zanini, entretanto, considerou dois tipos de alabastro: um, como espécie de mármore⁵⁷⁵, duro, finíssimo, e outro, como uma espécie de gesso⁵⁷⁶.

O alabastro consiste em gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), material mole e de granulação fina. Quanto ao termo *alabastrite*, que não é comum, refere-se a uma rocha

⁵⁷¹ Actualmente, existe uma grande polémica com relação à patine, visto que há peritos que a consideram pelo aspecto estético, e outros, pelo prático. Os primeiros denominam *patine* toda a camada superficial alterada do monumento, detendo-se basicamente no que diz respeito à coloração, sem preocupar-se com a análise da sua composição, de modo a verificar se a alteração cromática constitui-se numa modificação do material por acção de poluentes atmosféricos, e se estes poluentes continuam a agir na superfície do monumento. Estes profissionais, pertencentes à chamada corrente brandiana, são favoráveis à preservação integral da dita patine (patine estética). Por outro lado, os expertos que pertencem ao ramo científico do restauro não se preocupam em demasia com o aspecto visual do elemento arquitectónico, e sim com a sua integridade física. Analisam, pois, a camada superficial alterada do material e, após sua identificação, podem optar pela remoção da sujeira e dos elementos nocivos que ali forem detectados, deixando apenas a camada naturalmente endurecida da rocha (patine prática), a verdadeira patine, que não seria prejudicial à integridade do material.

⁵⁷² Pseudónimo de Tyrtanos, escritor nascido em Lesbos.

⁵⁷³ Os alabastros seriam mais macios.

⁵⁷⁴ THEOPHRASTUS, *History of stones*, trad. de Sir John Hill, s.n., Londres, 1774. p. 35/36.

⁵⁷⁵ E não como um material de natureza similar.

⁵⁷⁶ ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, 2ª impr., Pádua, Giacomo Cadorino, 1677. L. I, Cap. X, p. 53.

impropriamente considerada como alabastro, composta por calcite e aragonite em camadas, e que realmente apresenta dureza maior do que o verdadeiro alabastro.

Ao que parece, Zanini considerou tanto o verdadeiro alabastro, no conceito actual, composto por sulfato de cálcio hidratado, quanto a *alabastrite* como alabastro.

Na *Enciclopedia italiana di scienze, lettere ed arti*, os alabastros foram classificados como sendo mais duros do que os mármores⁵⁷⁷. Aparentemente, nesse texto a *alabastrite* foi considerada como alabastro, e o verdadeiro material não foi incluído na definição.

Em alguns textos, o alabastro foi ainda classificado como mármore macio⁵⁷⁸. Já que o alabastro é constituído por sulfato de cálcio hidratado (não é um mármore, no sentido petrológico), provavelmente este material foi considerado como mármore somente pela capacidade de receber polimento e, em sendo mais mole do que os mármores, foi-lhe atribuído o adjectivo *macio*.

De acordo com a *História natural*, de Plínio, existiam alabastros *macho* e *fêmea*:

*“...la femina è piu stimata: il maschio è piu aspro, & piu ruvido, piu leggieri, manco chiaro, & piu harenoso: all’incontro la femina riluce, si stritola, & s’apre con fessure, & non con rigonfiamenti”*⁵⁷⁹.

Não se conseguiu individualizar os dois tipos de pedra citados pelo autor⁵⁸⁰, mas acredita-se que as denominações macho e fêmea tenham sido, no caso, utilizadas em alusão a uma certa semelhança, de maneira metafórica, aos seres humanos dos géneros masculino e feminino.

Continuando a análise dos textos antigos, encontrou-se referência a um manuscrito específico sobre as rochas, de época posterior àquele de Teofrasto. Tal texto faria parte do *Trattato delle 9 scienze*, da autoria de Marco Terencio Varrão. Infelizmente, tentou-se localizar alguma cópia do documento nas bibliotecas consultadas, porém sem sucesso. Diversos especialistas também foram indagados, no sentido de saber se algum deles tivera a oportunidade de estudar este texto, porém o mesmo era-lhes desconhecido. Provavelmente, este documento foi perdido ao longo dos séculos, não tendo chegado aos nossos dias, ou então, o que é menos provável, existe ainda sob a forma de manuscrito, em algum arquivo ou biblioteca, daí a dificuldade para localizá-lo.

Segundo Plínio, entretanto, Varrão teria dito, com relação às rochas, o seguinte:

⁵⁷⁷ ENCICLOPEDIA ITALIANA di scienze, lettere ed arti, Roma, Istituto G. Treccani, 1932-41. vol. VIII, p. 392.

⁵⁷⁸ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l’architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve et Jean Baptiste Coignard Fils, 1699. p. 337.

⁵⁷⁹ PLINIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Venezia, Gabriel Giolito de Ferrari, 1561/1568. L. XXXIII, Cap. VI, p. 1042.

⁵⁸⁰ Seria necessário conhecer o comportamento, na prática, tanto da rocha actualmente considerada como alabastro, quanto da *alabastrite* e, eventualmente, de outras rochas italianas com aparência similar, o que não foi possível.

“Sono certe pietre in quel genere piu tenere, lequale si puliscono con pietre dure (...) Ne c'è alcuna altra piu ferma, perche & la natura delle pietre, come il legno teme le pioggie, il caldo, e il freddo in molti suoi generi. Sono alcune pietre, che non reggono al lume della Luna; e alcune, che per la vecchiaia inrugginiscono, & mutano il bianco con l'olio”⁵⁸¹.

Não há o que discutir com relação a algumas pedras moles poderem ser polidas por outras de maior dureza, nem quanto ao facto das rochas resistirem de maneira diversa às intempéries, o que Marco Terêncio Varrão teria mencionado. Também é correcto afirmar que algumas pedras, com o tempo – e com a humidade – ficam manchadas: são aquelas que contém substâncias alteráveis em sua composição ou sofrem ataque de microorganismos. Entretanto, especificamente com relação à degradação das pedras por acção dos “raios lunares”, foi uma crença que vigorou, pelo menos parcialmente, até ao século XVIII, conforme será demonstrado mais adiante.

No tratado de Vitruvius, foram relacionadas as pedras de uso corrente no Império Romano, descrevendo-as como brandas, semi-duras ou duras. Quanto às características das brandas, foram mencionadas as seguintes:

- a) Boa trabalhabilidade;
- b) Pouca resistência às chuvas, gelo, cristalização dos sais e calor;
- c) Grande capacidade de suportar cargas⁵⁸².

As pedras brandas eram aquelas extraídas nas imediações de Roma (as “fidenates”⁵⁸³, as “palienses”⁵⁸⁴ e as “albanas”⁵⁸⁵). O travertino⁵⁸⁶, as rochas chamadas “soractines”⁵⁸⁷ e as de Amiterne⁵⁸⁸ eram consideradas como as semi-duras. As duras eram as silícicas, o tufo vermelho e negro da Terra de Labor, os calcários brancos da Úmbria⁵⁸⁹, de Picentim⁵⁹⁰ e dos arredores de Veneza. Estas resistiam às intempéries e suportavam o carregamento, conforme informado pelo mestre romano⁵⁹¹.

⁵⁸¹ PLINIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, G. Ferrari, 1561/1568. L. XXXVI, Cap. XVIII, p. 1144.

⁵⁸² Caso se encontrassem em ambiente coberto.

⁵⁸³ De Fidena (cidade vizinha a Roma). “Tufo giallo bruno”, conforme o Prof. Lorenzo Lazzarini, geólogo italiano estudioso de jazidas de materiais líticos.

⁵⁸⁴ De Paliano (região da Campanha de Roma).

⁵⁸⁵ De Alba, no século XVII conhecida como Albano (do Lácio). Peperino, segundo Lazzarini.

⁵⁸⁶ De Tívoli.

⁵⁸⁷ De Sora, na região Abruzzo, conhecida no século XVII como Sanno. Tufo do vulcão Sorate, na opinião de Lorenzo Lazzarini.

⁵⁸⁸ Cidade da região do Abruzzo.

⁵⁸⁹ Calcário maciço.

⁵⁹⁰ Piceno, da Marca Anconitana (de Ancona).

⁵⁹¹ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. VII, p. 48 – Destaca-se que tais denominações foram extraídas da tradução feita do texto de Vitruvius para o português por Helena Rua, L. II, Cap. VII, p. 41. Quanto às notas correspondentes a cada uma delas, foram retiradas do texto de Zanini (ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, Pádua, Francesco Bolsetta, 1629. Cap. VIII, p. 56 a 59), acrescentadas eventualmente, conforme especificado.

Vitrúvio indicou algumas características de cada uma delas, inclusive no que dizia respeito à sua durabilidade⁵⁹². Em sua opinião, entretanto, as propriedades das rochas eram justificadas pela sua constituição com base nos quatro elementos utilizados pela alquimia⁵⁹³, o que também acontecia, no seu entender, quanto às madeiras e argamassas⁵⁹⁴.

O termo alquimia tem origem árabe, e data do século IX, porém a filosofia alquímica⁵⁹⁵ surgiu antes da Era Cristã, em Alexandria⁵⁹⁶. No século XVIII, a alquimia cedeu lugar à química, que teve seu nome dela derivado, e conservou o que ela possuía de útil⁵⁹⁷.

Nesta época, os quatro elementos consistiam na base da compreensão das propriedades e das reacções químicas. "*Graças ao sucesso de Stahl⁵⁹⁸, a antiga concepção dos elementos princípios, constituintes universais da matéria, portadores de qualidades, ainda é actual⁵⁹⁹*". Até mesmo o químico francês Antoine de Lavoisier (1743-1794), considerado como o responsável por uma revolução na química, "*apesar de no «Discurso⁶⁰⁰» (...) pretender acabar com a química dos princípios, não elimina todos os elementos-princípios⁶⁰¹*".

Infelizmente, não se conseguiu justificação nos textos investigados para as características alquímicas atribuídas por Vitrúvio aos materiais, além das citadas pelo médico e filósofo cabalista alemão Henrique Cornélio Agrippa de Nettesheim (1486-Ca. 1533), a serem comentadas posteriormente, neste mesmo item.

As informações dadas por Vitrúvio a respeito das características de dois tipos de rochas, correlacionando-as aos quatro elementos, podem ser verificadas a seguir:

⁵⁹² Resistência às intempéries e à cristalização de sais, por exemplo.

⁵⁹³ A crença em que a constituição da matéria era formada pelos quatro elementos – água, terra, fogo e ar – foi bastante difundida na Antiguidade, não somente em Roma, mas também na Grécia. Num painel do Museu de Ciência, em Lisboa, há referências, por exemplo, ao filósofo grego da Escola de Mileto, Empedócles (492-432 a.C.), que era fiel a tal crença. Encontramos ainda, tanto em Portugal, quanto no Brasil, painéis azulejados de diversas épocas com a representação destes elementos, a exemplo dos existentes na Universidade de Évora e na Reitoria da UFBA, demonstrando que muitas pessoas no passado eram favoráveis a esta explicação acerca da constituição da matéria.

⁵⁹⁴ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. VII, IX e V, nomeadamente.

⁵⁹⁵ CARUSI, Paola, «L'alchimia», *Storia della chimica*, 2ª ed., Veneza, Marsilio Editori, 1990, p. 33-71. p. 57 e 38 – A alquimia já foi considerada como ciência derivada da ciência física ou natural, mas hoje não o pode ser. A origem do pensamento alquímico baseia-se no pitagorismo, no platonismo, no estoicismo e no gnosticismo hermético.

⁵⁹⁶ CARUSI, Paola, «L'alchimia», *Storia della Chimica*, 2ª ed., Veneza, Marsilio Editori, 1990, p. 33-71. p. 34.

⁵⁹⁷ BOUILLET, M. N., *Dictionnaire universel des sciences, des lettres et des arts*, 12ª ed., Paris, Hachette et C^{ie}, 1877. p. 35. Verbete "alchimie".

⁵⁹⁸ Georg Ernst Stahl (1660-1734).

⁵⁹⁹ BENSUADE-VINCENT, Bernadette, «Lavoisier: uma revolução científica», SERRES, Michel (dir.), *Elementos para uma história das ciências*, trad. de Rui Pacheco, Magda Figueiredo, Ana Paula Costa e Ana Simões, Lisboa, Terramar, s.d. vol. II, p. 197-221. p. 204.

⁶⁰⁰ "Discurso preliminar" do *Tratado elementar de química*, publicado em 1789.

⁶⁰¹ BENSUADE-VINCENT, Bernadette, «Lavoisier: uma revolução científica», SERRES, Michel (dir.), *Elementos para uma história das ciências*, trad. de Rui Pacheco, Magda Figueiredo, Ana Paula Costa e Ana Simões, Lisboa, Terramar, s.d. vol. II, p. 197-221. p. 213.

- a) Travertino – Resistia às intempéries e suportava grande peso, mas rompia com o fogo.

Composição: pouca água, pouca terra, muito ar e muito fogo.

Segundo Vitruvius, um material com esta proporção dos quatro elementos era compacto e resistia às intempéries, porém o fogo, penetrando pela sua porosidade, o romperia. Na nota 3 da edição seiscentista francesa, foi dito por Perrault, tradutor e comentarista do texto, que provavelmente a ruptura desse tipo de pedra se dava não por ela conter muito ar e muito fogo: ar e fogo em excesso levariam à sua queima, e não ao seu rompimento. O rompimento da pedra, ainda segundo Perrault, se daria se a pedra fosse composta por camadas, pois a acção do fogo terminaria por fazer com que tais camadas fossem empurradas, separando-se⁶⁰². Esta teoria se aproxima bastante da actual concepção do “*stress térmico*”, só que aparentemente a restringe à categoria sedimentar.

De facto, o travertino, um calcário sedimentar de origem química, formado integralmente da precipitação de finas partículas de carbonato de cálcio⁶⁰³, decompõe-se com o fogo⁶⁰⁴, e não simplesmente se rompe em pedaços. Será que houve problema de transcrição do texto original para o(s) manuscrito(s) existente(s), daí a divergência entre as informações dadas, ou seja, ao invés de ser usado o verbo *queimar*, utilizou-se o verbo *romper*? Impossível determinar, mas aventa-se a hipótese.

O travertino é realmente um material resistente às intempéries (v. g. inúmeros remanescentes de importantes edificações da Roma Imperial, como o Coliseu e Fóruns). Quanto à sua estrutura, é nitidamente estratificado e apresenta macroporosidade, com poros, cujas dimensões variam de milímetros a centímetros⁶⁰⁵, visíveis a olho nu. No entanto, esta rocha é considerada como compacta⁶⁰⁶;

⁶⁰² VITRUVIUS, *Les dix livres d'architecture de Vitruve*, correcção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-símile, Bruxelas/Liège, Pierre Mardaga, 1979. L. II, Cap. VII, p. 41, nota 3 – “*A cause qu'il y a peu d'humidité. Le défaut qu'ont ces pierres d'estre [sic] sujettes à s'éclatter au feu, ne peut estre [sic] attribué à leur composition aérienne & ignée: car cela ne les pourroit rendre capables que de brûler, qui est une chose bien différente d'éclatter, & qui n'arrive d'ordinaire qu'aux pierres qui sont par écailles, à cause que les différents lits qui font ces écailles, sont séparés par une matiere moins seche que le reste; ce qui fait que lorsque cette matiere vient à estre [sic] rarefiée par le feu, elle pousse ces écailles dures & solides qui l'enferment, & acheve de separer des parties qui le sont déjà en quelque sorte de leur nature*”.

⁶⁰³ LAZZARINI, Lorenzo, «Genesis and classification of rocks», *The deterioration and conservation of stones*, [Veneza], L. Lazzarini e R. Pieper, [1988], p. 1-44. p. 26.

⁶⁰⁴ Tanto que foi muito utilizado ao longo dos séculos na produção de cal.

⁶⁰⁵ SANSONETTI, Antonio, ALESSANDRINI, Giovanna, *Le pietre nell'architettura: il travertino*. Texto em fase de elaboração em 1997, cedido gentilmente pelos autores, membros da equipa de investigadores do *Centro Gino Bozza* (CNR – Milão), para utilização no âmbito desta investigação.

⁶⁰⁶ MENICALI, Umberto, *I materiali dell'edilizia storica*, vol. III, Roma, La Nuova Italia Scientifica, 1992. Cap. I, p. 15.

- b) Pedra “*anitiense*”⁶⁰⁷ – Resistia ao gelo, ao fogo, às intempéries e aos anos, além de ser muito compacta e dura⁶⁰⁸.

Composição: pouco ar, pouco fogo, quantidade média de água e muita terra.

Conforme a indicação de Gioseffe Viola Zanini⁶⁰⁹, a rocha “*antiane*” encontrada nos confins de Tarquinia, perto do lago de Volsinia (Bolsena), seria o tufo vulcânico mencionado no texto de Cairoli Fulvio Giuliani⁶¹⁰. Seria uma lava leucítica muito resistente, possivelmente o peperínio de Bagnaia, na opinião de Paolo Portoghesi, comentarista contemporâneo do texto de Alberti⁶¹¹.

Ao falar da relação que as pedras teriam com os quatro elementos, Henrique Cornélio Agrippa escreveu:

*“Enfin chacun de ces genres est distingué par les degrés des elemens; car entre les pierres on dit que celles qui sont obscures & plus pesantes viennent de la terre; & que celles qui sont transparentes, & composées d'eau viennent de l'eau comme le cristal, le beril, & les perles dans les coquilles, & celles qui nagent sur l'eau sont composées de l'air, & sont spongieux comme la pierre de ponce & le tuphe. Il y en a aussi qui sont composées de feu comme le carreau, & la pierre à feu”*⁶¹².

Sintetizando, para este autor a correlação entre os elementos e as características das rochas ocorria da maneira indicada a seguir:

Terra	Opacidade e peso (compacidade)
Água	Cor clara e apresentando água em sua composição
Ar	Leveza (pedras que são porosas ou flutuam) e transparência
Fogo	Pedras compostas por fogo, cintilantes

Outros autores, como Cataneo, também mencionaram, por ocasião da descrição das rochas, a correlação das suas características com base nos quatro elementos:

“...nel murare delle pietre, sono da collocare allo scoperto quelle, che piu partecipano dell'aria & del fuoco, come le marmoree sudette, le tevertine [sic],

⁶⁰⁷ Helena Rua traduziu o termo “*anitiense*” desta maneira, em *Os dez livros de arquitectura de Vitruvius*, Lisboa, IST, 1998. L. II, Cap. VII, p. 41.

⁶⁰⁸ Como não se sabe, exactamente, que pedras seriam essas, é impossível verificar-se, ao menos, se as características mencionadas por Vitruvius realmente eram correspondentes ao tipo de pedra citado.

⁶⁰⁹ ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, Pádua, Francesco Bolsetta, 1629. L. I, Cap. IX, p. 66.

⁶¹⁰ GIULIANI, Cairoli Fulvio, *L'edilizia nell'Antichità*, 4ª impr., Roma, NIS, 1995. Cap. VII, p. 151 – Pedra “*aniene*” (“*lapis pallens*”).

⁶¹¹ ALBERTI, Leon Battista, *De re aedificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introd. e notas de Paolo Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. IX, p.138 e 140, nota 1.

⁶¹² AGRIPPA, Henr. Cornélio, *La philosophie occulte*, Haia, R. Chr. Alberts, 1727. Cap. VII, p. 22.

& altre di natura simili, ma tali dal fuoco non si difendono. Et quelle, che piu partecipano dello humido, & dello humore della terra, come sono le tufigne⁶¹³, o altre di simile natura, per essere molto offese da i [sic] venti marini, brine, ghiacciati, piogge, & acque salse, sono solo al coperto da mettere in opera: & cosi si conserveranno molto tempo. & di queste anco [sic] si convengono fare i focolari, & spazzi de i [sic] fomi, per essere meno dell'altre sopra dette [sic] offese dal fuoco⁶¹⁴.

Sistematizando em tabela as informações dadas por este autor, constata-se mais facilmente que ao menos as indicações para o travertino foram, em linhas gerais, as mesmas conferidas àquele tipo de rocha por Vitruvius:

Autor	Cataneo	Vitrúvio
Tipo de pedra	Travertino e alguns mármores	Tufos ou similares
Constituição com base nos quatro elementos	Mais ar e fogo	Mais água e humor da terra
Características	Não resistem ao fogo ⁶¹⁵	Degradam-se com gelo, ataque salino, chuvas; pouco atacadas pelo fogo
Uso recomendado	Céu aberto	Zonas cobertas

Apesar de não se ter informações suficientes para concluir exactamente como pensavam os antigos quanto à relação entre as características das rochas e a suposta proporção de cada um dos quatro elementos nelas presentes, pelo menos notou-se, nos textos consultados, que apesar de certo empirismo e credence já havia uma preocupação no tocante à constituição dos líticos e sua utilização – se a céu aberto, em ambientes fechados, perto do fogo, longe da humidade –, o que nem sempre é levado em consideração actualmente, mas que é fundamental para a durabilidade da obra e sua consequente qualidade.

Dentre diversas classificações dadas pelos antigos às rochas, permanece ainda hoje, praticamente imutável, pelo menos em termos vulgares, o costume de se chamar de mármore toda pedra capaz de receber polimento. Isto pode ser notado nos textos de todo o período ora estudado, porém com maior frequência nos

⁶¹³ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. III, fls. 28v/29 – Segundo Cataneo, "delle pietre tufigne se ne trovano delle bianche, delle gialliccie, delle tanè scure, & chiare, & d'altre che tendono al nero. & di queste se ne ritrovano per molte regione & diversi parti d'Italia in maggiore quantità di ogni altra sorte pietra, & massime à Siena: che così dentro, come fuore, & per tutto intorno, & à canto alle sue mura se ne cava, le quali, come habbiamo detto, per essere sottoposte piu di tutte l'altre alle tempeste, non si convengono mettere in opera allo scoperto". Com base nesta informação, e considerando-se que, na Itália, usa-se o termo tufo: a) correctamente, para designar rochas vulcânicas piroclásticas; b) inadequadamente, para rochas sedimentares moles, similares ao tufo; foi este último termo adoptado na tradução de "tufigne" por ocasião da elaboração da tabela apresentada adiante, nesta tese.

⁶¹⁴ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. III, fls. 28.

⁶¹⁵ Destaca-se que, neste caso, não foi especificado se as rochas queimariam ou se romperiam.

que remontam a finais do século XVIII. Nessa época podiam ser distinguidos, de maneira genérica, dois grandes grupos dentre os líticos – *mármore* e *rochas* –, sendo mesmo os granitos e pórfiros, rochas ígneas, enquadrados na primeira classificação.

Segundo informação que consta do texto setecentista atribuído a Milizia, a palavra *mármore* teria origem no termo grego “*marmairein*”, e significaria reluzir, lustrar, de onde provavelmente viria a generalização para a utilização do termo⁶¹⁶.

Porém, este tipo de classificação não ficou restrito aos antigos. Embora a definição correcta do termo mármore tenha sido estabelecida no século XIX, actualmente, em vários países, também se costuma classificar as rochas, entre os comerciantes do ramo de materiais de construção, de maneiras curiosas. No Brasil, por exemplo, tem-se: mármore, granito e pedras naturais. Para os negociantes, as pedras naturais são aquelas que não são submetidas a polimento, de modo que apresentam uma certa rugosidade na superfície. São incluídas neste grupo tanto as rochas sedimentares⁶¹⁷, quanto os granitos sem polimento. Seriam, então, as pedras polidas consideradas como *pedras artificiais*? Obviamente que não, mas é a primeira ideia que vem à mente ao ouvir tal denominação com semântica inadequada. Aponta-se que, dentro do assunto *materiais de construção*, consideram-se, hoje em dia, como pedras artificiais, os tijolos e as argamassas, pois tais materiais, após a sua confecção, endurecem como se fossem pedras, e sua composição química apresenta similaridade à das rochas. Um arenito de cimentação calcífera, de modo geral, pode-se assemelhar a uma argamassa de cal e areia, por exemplo.

Possivelmente, para justificar uma origem, até o momento, inexplicada, de rochas, metais, areias⁶¹⁸ e sais⁶¹⁹, os verbos criar, nascer, e gerar foram adoptados em vários dos textos consultados anteriores ao século XVIII. Só no texto de Mathias Ayres, dentre os demais analisados, realmente o verbo nascer foi usado como uma metáfora, quando o autor emitiu sua opinião acerca da origem das pedras:

“...*principio de nascer, ou (para melhor dizer) de formar-se...*”⁶²⁰.

Se a intenção dos demais autores consultados era a mesma, seus textos não especificaram isto.

Quanto às características, as rochas, para Philibert de l’Orme, poderiam ser dos seguintes tipos: húmidas, secas, esponjosas, cavemosas, frágeis, quebradiças, que se rompiam em lascas, maciças, porosas, leves, pesadas, moles ou duras. Além disto, este ilustre arquitecto e tratadista informou que algumas tinham a

⁶¹⁶ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. I, Cap. II, p. 338.

⁶¹⁷ Cujas faces permanecem aparentes, na obra, é aquela obtida por meio da extracção.

⁶¹⁸ NEGREIROS, José Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 148v – Este autor, por exemplo, disse que a areia era originária da água.

⁶¹⁹ PLINIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Venezia, G. Ferrari, 1561/1568. L. XXXI, Cap. VII, p. 988 – Segundo Plínio, os sais nasciam da água, ou porque o humor se congelava, ou porque secava.

⁶²⁰ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. II, p. 16.

natureza do fogo, outras eram específicas para suportar cargas, umas recebiam polimento e lustro, como o mármore, e ainda outras só deveriam ser cortadas segundo o seu leito⁶²¹.

As constatações acima são verdadeiras, à exceção da existência de rochas húmidas e secas, pois essas características não são intrínsecas das pedras, mas sim estados momentâneos de apresentação das mesmas, a depender da humidade do sítio em que se encontram.

Já na opinião de André Félibien, o que caracterizava um granito era apenas sua dureza, pois no seu dicionário, não incluiu, nesse verbete, mais do que esta definição⁶²². Hoje, não se pode, em hipótese alguma, identificar uma rocha apenas por uma característica. Mas a classificação falha da época era decorrente do desconhecimento da mineralogia, que só veio a se desenvolver em finais do século XVIII, apesar dos primeiros tratados de química mineralógica terem sido escritos pelo italiano Vannoccio Biringuccio⁶²³ (1495?-1550?) e pelo médico alemão Georgii Agricola (1494-1555)⁶²⁴, ainda no século XVI.

Augustin Charles d'Aviler classificou as rochas em *mármore*, *rochas de diversas espécies* e *pedras de pedreira* (possivelmente as pedras irregulares usadas em alvenaria de pedra bruta)⁶²⁵, sendo que ao descrever os tipos conhecidos, indicou somente características e durabilidade de rochas da França, seu país, conforme pode ser verificado em alguns exemplos destacados a seguir⁶²⁶:

Pedras duras: de Arcueil (resistente à humidade, às intempéries e à carga), sendo a mais dura e que apresentasse menos conchas, sem veios moles, nem "molliere"⁶²⁷, a melhor; pedra chamada "cliquart", parecida com o "liais" e que se prestava aos mesmos usos⁶²⁸; de "liais", pedra de textura uniforme, dura e branca⁶²⁹, e que recebia bem o polimento⁶³⁰.

⁶²¹ DE L'ORME, Philibert, *Le premier tome de l'architecture* (Paris, Frederic Morel, 1567), fac-símile, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XIII, fls. 26.

⁶²² FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve et Jean Baptiste Coignard Fils, 1699. p. 434.

⁶²³ Autor do texto *De la pirotechnia*, publicado em 1540. Segundo a *Enciclopedia Italiana di scienze, lettere ed arti*, Roma, Istituto G. Treccani, 1932-41. vol. XXIII, p. 351, verbete *mineralogia*, eram utilizados, já naquela época, métodos experimentais.

⁶²⁴ AGRICOLÆ, Georgii (ou Georg Bauer, dito Agricola), *De re metallica*, Basileia, 1561.

⁶²⁵ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, Parte I, p. 202.

⁶²⁶ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, Parte I, p. 206 e Parte II, p. 293.

⁶²⁷ SIMONET, Eugène, *Maçonneries*, Paris, P. Vicq-Dunot et Cie, 1897. Cap. I, p. 22 – Conforme Simonet, "meuliere (...) est débris quartzeux de CaCO₃, Al₂O₃, et d'oxyde de fer, dans diverses proportions".

⁶²⁸ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, Parte I, p. 202 – "...cette pierre estant grasse est sujette à la gelée, c'est pourquoy il faut qu'elle soit tirée & employée en esté [sic]".

⁶²⁹ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, Parte I, p. 203 – O "liais rose" era o mais branco e o que apresentava textura mais uniforme; o "liais ferault" era retirado do primeiro banco da mesma jazida, porém era duríssimo, de modo que entortava as pontas dos instrumentos usados no seu corte.

⁶³⁰ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, Parte I, p. 202/203.

D'Aviler, assim como Cataneo, dentre outros, incluiu na categoria dos mármore, os pórfiros, as serpentinas e os granitos, e ressaltou que a diferença entre o granito e os demais residia apenas na dureza⁶³¹. Mais uma vez esta característica foi utilizada como único referencial para a classificação das rochas, o que não deveria ocorrer. No seu texto, os mármore foram agrupados em *antigos* (jazidas já desaparecidas, na época) e *modernos*⁶³², sendo citados exemplos de ambos os tipos. Entre os considerados como *modernos*, notou-se que foram incluídos diversos tipos de brechas⁶³³. Mais uma vez o termo *mármore* foi usado, pois, para indicar toda pedra capaz de receber polimento.

No início do século XVIII, o italiano Antonio Vallisnieri (1661-1730) elaborou a primeira classificação das rochas e minerais, e na segunda metade do mesmo século, a geologia, desenvolvendo-se progressiva e rapidamente, passando a se estruturar como ciência⁶³⁴. Jean-Baptiste de Romé de l'Isle, em seu livro de cristalografia, fez referência ao facto que, até aquele momento, só eram conhecidas poucas formas cristalinas, e que o sueco Carl von Linné⁶³⁵ (1708-1778), seu contemporâneo, era quem havia concebido o projecto de associação de tais formas à mineralogia⁶³⁶.

Entretanto, nos livros-textos mais notórios utilizados nos cursos de arquitectura da época, os diversos autores não se prendiam a classificações mineralógicas ou geológicas das rochas. J. F. Blondel, por exemplo, quando discorreu sobre as qualidades das pedras⁶³⁷, dentro do seu famoso *Cours d'architecture*, classificou-as da forma indicada a seguir:

- a) *Vivas* – Endureciam tanto nas pedreiras, quanto após a extracção. Ex.: mármore, "*liais*";
- b) "*Franches*" – Pedras de dureza intermediária entre as retiradas da superfície da pedreira e aquelas de camadas inferiores;
- c) De textura uniforme – Pedras que não apresentavam fósseis de animais marinhos. Não eram sujeitas a veios moles, nem ao "*bousin*". Ex.: "*liais*" e pedra de *Tonnerre*;
- d) Porosas – Apresentavam geralmente porosidade aparente. Ex.: tufo e pedra molar⁶³⁸;

⁶³¹ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, Parte I, p. 209.

⁶³² MENICALI, Umberto, *I materiali dell'edilizia storica*, vol. III, Roma, La Nuova Italia Scientifica, 1992. Cap. I, p. 11 – Segundo Menicali, desde o final da Idade Média os mármore foram assim classificados.

⁶³³ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, Parte I, p. 211/212.

⁶³⁴ ENCICLOPEDIA ITALIANA di scienze, lettere ed arti, Roma, Istituto G. Treccani, 1932-41. vol. XVI (Franckgian), p. 619.

⁶³⁵ Lineu.

⁶³⁶ DE ROMÉ DE L'ISLE, Jean-Baptiste, *Cristallographie*, 2ª ed., Paris, L'Imprimerie de Monsieur, 1783. t. I, p. xix.

⁶³⁷ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. t. V, vol. V, L. III, Parte I, Cap. I, Art. III, p. 147.

⁶³⁸ Limonite (óxidos de ferro hidratados).

e) “Verdes” – Pedras que ainda não haviam perdido a água que continha, a quando da sua extracção⁶³⁹;

f) “Nobres” – Pedras de difícil trabalhabilidade, como o “liais” e o mármore.

Pode-se notar, pois, da simples leitura dos itens acima, que a classificação feita pelo autor baseava-se simultaneamente em vários critérios⁶⁴⁰.

Actualmente, a classificação das rochas, apesar de não ser rigorosa⁶⁴¹, é feita, de maneira geral, quanto à:

- a) Geologia – Se são sedimentares, magmáticas ou metamórficas;
- b) Fractura – Se plana ou concoidal;
- c) Estrutura – Se compactas, granulares, lamelares, cristalinas, raiadas, terrosas ou xistóides;
- d) Dureza – Brandas, semiduras, duras ou duríssimas.

Contudo, a classificação ora utilizada apresenta subdivisões, o que não foi notado nos escritos de J. F. Blondel. Pode-se verificar, ainda, que várias características listadas no século XVIII ainda podem ser consideradas como válidas, ao menos parcialmente. Isto pode ser constatado pelas menções feitas aos tipos de fractura, à estrutura e à dureza, encontradas com certa frequência, tanto nos livros actuais, quanto nos escritos há alguns séculos.

Alberti também citou características de algumas pedras que conhecia, conforme informações dadas por autores que o antecederam e pelas observações feitas na época; o padre Rieger, em seu texto *Elementos de toda la architectura civil*, de 1763, citou como características das pedras parte do que foi dito por Alberti e reproduzido por Daniel Barbaro nos seus comentários ao tratado de Vitruvius. Rieger, no entanto, indicou que as informações seriam do italiano Ferdinando Galli da Bibiena⁶⁴² (1657-1743), autor de um texto que foi publicado apenas cerca de vinte anos antes do seu, ou seja, praticamente trezentos anos após o tratado de Alberti ter sido escrito⁶⁴³.

No capítulo concernente à escolha e uso das pedras do livro *Principii di architettura civile*, definiu-se rocha como um agregado de terras e sais, razão da grande diversidade existente no planeta, segundo consta. No mesmo texto, recomendou-se ainda que o arquitecto fosse capaz de distinguir os vários tipos de pedra, de modo a poder empregá-los adequadamente⁶⁴⁴.

⁶³⁹ Denominação possivelmente feita em alusão às madeiras verdes, ou seja, aquelas que apresentam água em seu interior antes de secar.

⁶⁴⁰ Por exemplo, quanto à estrutura (de textura uniforme, porosas) e quanto à dureza.

⁶⁴¹ Há variações entre os autores.

⁶⁴² BIBIENA, Ferdinando Galli, *Direzioni à giovani studenti nel disegno dell'architettura civile*, Bolonha, 1745.

⁶⁴³ RIEGER, Christiano (Pe.), *Elementos de toda la architectura civil*, Madrid, Joachin Ibarra, 1763. Parte IV, Cap. IV, p. 220/221.

⁶⁴⁴ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Parte III, Cap. I, p. 15.

Apesar da definição acima não estar correcta, sob a óptica do século XX, realmente a grande variedade de rochas é decorrente de diferenças entre sua composição. Quanto à observação feita pelo autor do texto acerca da necessidade do conhecimento do material por parte do arquitecto, é perfeitamente válida até hoje, e infelizmente ignorada, como várias vezes repetido e exemplificado ao longo deste texto.

Ainda no mesmo texto atribuído a Milizia, houve praticamente uma ratificação de tudo o que já foi dito e comentado com relação às propriedades fundamentais que deviam ter as pedras, tendo por base os ensinamentos de Vitruvius e Alberti⁶⁴⁵. A contribuição do autor foi, basicamente, lembrar que havia excepções à regra, no que se referia às propriedades fundamentais que havia estudado. A ausência de uma propriedade poderia ser, no seu entender, compensada pela presença de outra, o que é certo, como pode verificar-se através do exemplo dado, quando o autor se referiu à alvenaria de pedra:

“Si danno delle pietre com tante porosità apparenti, che sembrano spugne, son leggiere, e senza alcun suono: frattanto sono durissime...”⁶⁴⁶.

Inicialmente, poderia-se pensar que a rocha citada era uma pedra-pomes⁶⁴⁷, porém este tipo de pedra é apenas duro, e não duríssimo, como informou o autor. Talvez fosse outro tipo de rocha, que apresentasse características similares. De qualquer modo, constatou-se que uma pedra porosa e leve, que em geral é tenra, foi considerada como duríssima. Logo, alguma propriedade da mesma compensou seus defeitos.

Em *Le vite de' piu eccellenti pittori, scultori, e architettori*, Giorgio Vasari fez menção a alguns materiais de construção (principalmente rochas italianas), suas características e usos, assim como a certos cuidados que se devia ter ao trabalhar com eles. Com relação à dureza, mencionou, por exemplo, que o pórfiro era mais mole após a extracção, e endurecia posteriormente, e que o granito era mais duro se fosse retirado do interior da terra, do que da superfície⁶⁴⁸, no que tinha razão.

Os italianos Antonio Sansonetti e Giovanna Alessandrini (séc. XX) descreveram facto similar ao se referirem aos travertinos de Tivoli, o que comprova que a camada superior da rocha seria realmente de pior qualidade:

“The upper levels of the rock, locally named «testina» (small head) are not well suitable for use as building materials, being more porous and fragile, sometimes also deeply karstified⁶⁴⁹ and rich in clay infiltrations. The middle

⁶⁴⁵ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Parte III, Cap. I, p. 16.

⁶⁴⁶ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Parte III, Cap. I, p. 16.

⁶⁴⁷ GIULIANI, Cairol Fulvio, *L'edilizia nell'Antichità*, 4ª impr., Roma, NIS, 1995. Cap. VII, p. 149 – Conforme este autor, a pedra-pomes era usada no enchimento de abóbadas, dada a sua leveza, sendo inclusive transportada com esta finalidade de longas distâncias.

⁶⁴⁸ VASARI, Giorgio, *Le vite de' piu eccellenti pittori, scultori, e architettori*, 3ª ed. (revista e ampliada pelo próprio autor), Florença, Giunti, 1568. Parte I, p. 10 a 14.

⁶⁴⁹ Entende-se por *karstificação*, ou *carstificação*, o processo de dissolução de rochas carbonatadas resultante na formação de cavernas, ou depressões na superfície topográfica, devido a afundamentos da mesma.

and lower levels, called «facies litoide» (lithic areas) show the best physico-chemical properties, and are currently exploited⁶⁵⁰.

Atualmente, no Brasil, há uma gíria entre os canteiros exactamente para denominar a camada superficial das pedreiras, mais sujeita à degradação: “capa de pedreira”. Provavelmente este seria o “bousin” de outrora.

Charles-Antoine Jombert, ao classificar as pedras em duras e moles, lembrou que algumas moles podiam eventualmente resistir mais ao congelamento do que certas duras⁶⁵¹, o que outros autores também indicavam e já foi comentado. Além disto, estava de acordo com a opinião que a camada superficial da pedra tinha características semelhantes ao alburno da madeira⁶⁵², como indicou Philibert.

O texto de Jombert, composto por seis tratados organizados em dois tomos, consistiu numa espécie de colectânea dos pensamentos em vigor na época, seleccionadas pelo autor, daí não conter muitas informações originais, como o próprio Jombert mencionou:

“Comme je ne suis pas rapporté à mes seules lumieres pour ce que regarde les détails de la construction & les traveaux de la maçonnerie, j’ai tâché d’y suppléer & de les étendre en consultant les maîtres de l’art & les écrivains les plus célèbres qui ont joint la théorie à la pratique. C’est pourquoi, en travaillant à cet ouvrage, j’ai toujours eu sous les yeux Vitruve, Palladio, l’ancien Blondel, D’Aviler, Bullet, Belidor, Frezieur [sic], Briseux, Desgodets, Jousse, Blanchard, ainsi que plusieurs autres artistes qui ont traité de quelques parties relatives à l’architecture. Je ne rougis point d’en convenir, voilà les sources d’ou j’ai tiré toutes les augmentations & les changemens que j’ai faits à cette nouvelle édition: ensorte qu’il n’y a presque rien de moi que l’ordre & l’enchaînement des sujets”⁶⁵³.

Com relação à coloração das pedras, nem todos os autores antigos aventuraram-se a explicar sua possível origem. Cataneo, no entanto, deu uma ideia do que se pensava a esse respeito:

“Et circa tali varietà di colori [de mármore, pórfiros, granitos] sono anco [sic] varie opinioni: quando alcuni vogliono, che venga dal Sole, altri dalla qualità & mistura della tetra [sic], e altri, massime quando sono misti, dalla corrottione & fumo di alcuno metallo sotto à tai marmi generato”⁶⁵⁴.

Não há necessidade alguma em se mencionar a fantasia daqueles que atribuíam ao Sol a cor de uma determinada pedra. No máximo, o que poderia ser

⁶⁵⁰ SANSONETTI, Antonio, ALESSANDRINI, Giovanna, *Le pietre nell’architettura: il travertino*. Texto em fase de elaboração em 1997, cedido gentilmente pelos autores, membros da equipa de investigadores do *Centro Gino Bozza* (CNR – Milão), para utilização no âmbito desta investigação.

⁶⁵¹ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Jombert, 1764. t. I, Cap. VII, Art. I, p. 30.

⁶⁵² JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Jombert, 1764. t. I, Cap. VII, Art. II, p. 32, nota 1.

⁶⁵³ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Jombert, 1764. p. vi e vii.

⁶⁵⁴ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. III, fis. 28.

dito era que a percepção de uma cor era alterada, dependendo da pedra estar sendo observada sob a luz solar, ou não.

O que era considerado como “*qualidade e mistura da terra*” era uma explicação lógica para a mescla de diferentes minerais constituintes das rochas, desconhecidos naquela época. Quanto a atribuir-se uma cor a uma determinada terra como sendo originária de corrosão ou vapor de algum metal, é possível que os autores que mencionaram isto estivessem se referindo à presença de manchas em certo tipo de rocha, ou coloração ferruginosa, decorrentes da oxidação de minerais presentes na sua constituição. Como exemplo de rochas que podem apresentar este problema, cita-se a ardósia “*envelhecida*” e o arenito de cimentação ferrífera, materiais líticos abundantes na Bahia, que frequentemente possuem manchas naturais decorrentes da decomposição do ferro.

3.3.2 – Características das pedras conforme Alberti

A tradução do texto de Vitruvius elaborada por Daniel Barbaro, foi, e é, das mais elogiadas, exactamente por seus comentários. O interessante é que, ao menos no caso das rochas, os comentários de Barbaro⁶⁵⁵ consistem praticamente numa transcrição do escrito albertiano⁶⁵⁶, com pequenas variações, como pode ser verificado através da análise das duas publicações⁶⁵⁷. Gioseffe Viola Zanini praticamente repetiu as mesmas informações constantes do texto de Alberti, porém ao menos informou que aquela era a opinião do tratadista florentino⁶⁵⁸. Só que Zanini se limitou a enunciar apenas as dezasseis primeiras características que aparecem na listagem que será feita avante.

Barbaro começou a abordar o assunto com uma classificação geral dos tipos de rochas existentes, e posteriormente indicou os aspectos que deviam ser considerados quanto à extracção (simples ratificação do que foi dito por Vitruvius), características e uso⁶⁵⁹.

No sentido de provar que Barbaro praticamente utilizou como suas as palavras de Alberti, as frases provenientes dos textos de cada um destes autores foram apontadas, adiante, agrupadas por semelhança. Logo a seguir às mesmas, foram tecidos comentários, à luz da ciência do século XX. Em certos casos, devido à similaridade do assunto abordado, optou-se por reunir algumas frases interrelacionadas, tecendo-se observações acerca do conjunto.

⁶⁵⁵ VITRUVIO, *De architettura*, trad. e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556. L. II, Cap. VII, p. 49.

⁶⁵⁶ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. VIII, p. 136 e 138.

⁶⁵⁷ Algumas informações dadas por Alberti a respeito de tijolos também foi repetida por Barbaro, o que já foi comentado no capítulo 2.

⁶⁵⁸ ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, Pádua, Francesco Bolsetta, 1629. L. I, Cap. VI, p. 51.

⁶⁵⁹ VITRUVIO, *De architettura*, trad. e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556. L. II, Cap. VII, p. 49 – “*Cavansi l'estate, et stanno allo scoperto, acciò che si faccia la prova della bontà di esse, adopransi dopo due anni, et dall'uso, et dagli edifici fatti si prendono le loro qualità...*”.

É possível, do ponto de vista actual, encontrar certa lógica para a maioria das afirmações feitas, embora não se possa assegurar que reflectam o ponto de vista do autor. Só que, em alguns casos, a impressão que se tem é que peculiaridades de determinadas rochas foram generalizadas. Assim sendo, muitas das informações dadas possivelmente nem sempre eram válidas para todas as pedras que apresentavam as características mencionadas. Por vezes, inclusive, foi impossível concluir com base em que tipo de rocha foram feitas as observações. Eis as diversas frases encontradas nos dois textos, devidamente comentadas⁶⁶⁰:

1. "*Una pietra chiara è più facile a lavorarsi di una scura*" ↔ "*...la pietra bianca è piu facile che la fosca*" – Acredita-se que essa informação foi dada com base nas observações feitas dos calcários, pedras de coloração clara que são normalmente de maior trabalhabilidade do que as escuras. No entanto, nem sempre a afirmação é verdadeira: se compararmos, por exemplo, um mármore branco e um calcário preto, o mármore, se estiver são, seguramente vai ser mais difícil de trabalhar do que o calcário. Zanini, no entanto, especificou que a pedra branca era mais mole que a avermelhada e fosca, ou seja, aparentemente este autor comparou apenas dois tipos de pedra então conhecidos, o que faz mais sentido.
2. "*...una trasparente è più duttile di una opaca*" ↔ "*...la trapparente miglior, che l'opaca*" – Se a pedra opaca considerada fosse um tufo, e a transparente uma rocha cristalina, seria realmente mais difícil trabalhar esta última, por ser mais dura. Consequentemente, sendo mais dura, apresentaria melhores características.
3. "*...più una pietra è simile a sale⁶⁶¹, meno sarà cedevole*" ↔ "*...piu intratabile è la piu al sale simigliate*" – Existia certa lógica ao considerar-se, por exemplo, que as rochas mais parecidas com o sal, ou seja, que apresentavam textura cristalina, eram mais difíceis de trabalhar do que as demais. Como exemplo, citam-se as rochas calcíticas da Bahia e do Espírito Santo (Brasil).
4. "*...se è piena di punti neri, sarà indomabile*" ↔ "*...se gli usciranno come punte nere, è indomabile*" – Pedras salpicadas de pontos pretos, como as granitóides, são compostas por vários minerais diferentes, o que lhes confere, ao serem trabalhadas, uma dificuldade maior do que se fossem de uma única coloração (indício de maior homogeneidade na sua composição).
5. "*Una pietra che è cosparsa di gocce di forma poligonale è più solida di una che le há circolari*" ↔ "*...l'asperso di goccioline angolari, e piu sodo, che l'asperso di ritonde*" – As formas poligonais dos cristais conferem uma maior aderência entre os diversos constituintes das rochas, ou seja, a cimentação entre os grãos é mais efectiva. Isto pode ser facilmente vislumbrado actualmente, através de uma analogia: ao fazer-se uma comparação entre

⁶⁶⁰ As frases de Alberti e Barbaro foram listadas, nessa ordem, separadas por uma seta, enquanto que eventuais grupos de frases foram, por sua vez, isolados entre si por uma barra.

⁶⁶¹ Cristalina, segundo o autor da tradução adoptada.

dois betões cuja dosagem tenha sido a mesma, porém um tenha sido feito com seixos e o outro com britas, seguramente o último deles apresentará maior resistência, exactamente pela maior aderência conseguida entre os seus componentes.

6. *“Minore sarà il numero delle venature, più sana sarà la pietra”* ↔ *“Quanto meno è venato, tanto piu è intiero”* / *“Quanto più limpido e puro sarà il colore, tanto più durerà la pietra”* ↔ *“...piu dura essendo il colore purgato, e limpido”* / *“...circa le venature, quanto più simili esse saranno per il colore a quello della pietra stessa, tanto più questa sarà di struttura uniforme”* ↔ *“E migliore quello la cui vena, è piu simile alla pietra”* / *“...quanto più sottili saranno quelle, tanto più capricciosa sarà questa”* ↔ *“La vena sottile mostra la pietra spiacevole”* / *“...quanto più snodate e tortuose quelle, tanto più intrattabile questa”* ↔ *“La piu torta, et che piu gira, è piu austera”* / *“...quanto più avranno nodi quelle, tanto più rozza sarà questa”* ↔ *“La nodosa è piu acerba”* / *“Un gran numero di venature è indice di una pietra poco compatta e poco durevole”* ↔ *“Il numero delle vene dimostra la pietra inconstante, et che crepa”* / *“...e più dritte saranno, meno bisognerà fidarsene”* ↔ *“Le vene dritte sono giudicate peggiori”* / *“Le venature più facili a fendersi sono quelle che contengono nel mezzo una riga color argilla o ocre marcia”* ↔ *“Quella pietra piu agevolmente si fende, che nel mezzo há una rossa linea come putride, prossima à quella è la bianchegna”* – Todas estas afirmações de facto traduzem a realidade: os veios apresentam constituição diversa do restante da pedra, e normalmente são formados por inclusões de resistências diferenciadas, de modo que apresentam solução de continuidade. Assim sendo, quanto menor for a sua incidência numa pedra, mais durável será a mesma; quanto maior sua quantidade, e quanto mais tortuosos forem os veios, maior a heterogeneidade do material; são menos duráveis os trechos que apresentam veios num material exposto há muito tempo às intempéries (il. 34); é igualmente verificável que uma coloração límpida e pura caracteriza um material mais homogéneo, pois cores semelhantes entre as diversas partes de uma determinada pedra indicam que elas, em princípio, apresentam uma constituição semelhante. Logo, o comportamento da pedra é mais uniforme; quanto aos veios amarelados existentes nas rochas, denotam a presença de argila e limonite, constituintes que lhes conferem maior susceptibilidade à degradação.
7. *“E in second’ordine quelle che a tratti si colorano di una tinta tendente all’erba, slavata e alquanto chiara. Le più difficilli invece sono soprattutto quelle che imitano l’azzurro del ghiaccio”* ↔ *“Et quella che à verde ghiaccio si assomiglia, è, piu difficile”* – Esta, possivelmente, foi uma observação feita pensando-se apenas num determinado tipo de rocha. Só que não se pode saber qual foi⁶⁶², de modo a emitir alguma opinião a respeito. Logo, impossível chegar a alguma conclusão a respeito das afirmações feitas. No Brasil, entretanto, tem-se em Cachoeiro do Itapemirim⁶⁶³ rochas de

⁶⁶² Seria necessário conhecer todas as jazidas existentes na época.

⁶⁶³ Cidade do Estado do Espírito Santo.

tonalidades esverdeadas e azuladas, similares ao gelo, que apresentam granulometria mais fina e compacta, comparadas às demais variedades de rochas existentes naquela região, que são muitas. Neste caso, por exemplo, a afirmação seria considerada como correcta.

8. *"Quanto più una pietra, tagliata a pezzetti, si dimostrerà aguzza e liscia, tanto più sarà soda"* ↔ *"Quella pietra è piu soda, le cui scheggie sono piu acute, et terse"* – Imagina-se que uma pedra que, quando despedaçada, apresentasse pedaços pontiagudos e lisos, possivelmente teria a formação em cristais, ou seja, deveria ser um granito.
9. *"...quella che, pure frantumata, risulterà meno scabra in superficie, sarà più agevole a utillizars"* ↔ *"La pietra che spezzata rimane piu liscia di soperficie, è piu atta allo scarpello"* – Era originária de uma rocha sedimentar, logo, mais fácil de ser trabalhada.
10. *"Al contrario, quelle che risultano scabre saranno tanto meno maneggevoli quanto più bianche"* ↔ *"L'aspra quanto piu biancheggia, tanto meno ubidisce al ferro"* / *"...se invece vengono scure, la loro resistenza al ferro sarà maggiore nei punti ove più minuta è la loro grana"* ↔ *"La fosca quanto piu la luna scema, tanto meno consente al ferro"* – Estas frases, apesar de apresentarem certas diferenças entre si, possuem como semelhança a menção feita à maior ou menor facilidade de corte da pedra⁶⁶⁴, a depender da sua constituição. Só que, aparentemente, tanto Alberti, quanto Barbaro, deveriam estar a referir-se ao comportamento de determinadas pedras. Entra-se, pois, de novo no problema do desconhecimento da rocha que inspirou os autores a fazerem tais afirmativas, para concluir se a informação era válida, ou não. Por outro lado, não se acredita que a Lua tivesse influência no corte das pedras. Talvez esta referência tenha sido feita em alusão à influência do satélite natural da Terra no corte das árvores.
11. *"Le pietre di qualità inferiore saranno tanto più dure quanto più sono porose"* ↔ *"...ogni pietra ignobile tanto è piu dura quanto è piu cavernosa"* – Por princípio, toda pedra porosa é menos resistente do que uma pedra compacta. No entanto, há pedras que apresentam muitos poros visíveis a olho nu, mas que são bastante duras. Possivelmente as referências dizem respeito aos travertinos, que teriam sido considerados como rochas de qualidade inferior por serem, em linhas gerais, mais fracos do que os mármore, e não receberem tão belo polimento.
12. *"...quelle che, bagnate d'acqua nella parte, si asciugano più lentamente, sono più rozze"* ↔ *"Quella che non asciuga l'acqua che si li spruzza di sopra, è piu cruda"* – Conclusão óbvia, pois as pedras que apresentam menor porosidade aparente realmente não absorvem água com tanta facilidade.
13. *"Una pietra pesante è più solida e si può meglio lisciare di una leggera; questa è più friabile di quella"* ↔ *"Ogni pietra grave, è piu soda, et piu liscia, che la leggiera. Et la piu leggiera della piu grave, è piu fragile"* – Em geral, as

⁶⁶⁴ Ou à sua capacidade de ser trabalhada com o ferro.

pedras de maior compacidade são mais resistentes do que aquelas menos densas. Além disto, quanto menor for a porosidade da pedra, mais facilmente ela poderá receber um acabamento adequado, através do polimento.

14. *“Una che, percuotendola, emette suono, è più compatta di una che non ne dà”* ⇔ *“Quella che percossa risuona, è della sorda piu densa”* – As afirmações reflectem a realidade. Inclusive, a percussão é um teste prático que ainda é utilizado para se constatar uma maior ou menor porosidade da pedra, hoje em dia.
15. *“Quelle che, strofinate com violenza, puzzano di zolfo, sono più forti di quelle che non danno odore alcuno”* ⇔ *“La stropicciata, che sa di zolfo, è piu dura, che la senza odore”* – Deve ter algo a ver, também, com uma pedra específica, mas provavelmente não seria o facto dela conter enxofre a razão da sua dureza. Embora, na opinião de um italiano que trabalha com extracção e comércio de rochas ornamentais na Bahia há muitos anos⁶⁶⁵, algumas pedras, quando esfregadas com certo vigor, libertem cheiro de enxofre e efectivamente sejam mais duras.
16. *“...quelle infine che più resistono allo scalpello, saranno più resistenti e incrollabili agli assalti delle tempeste”* ⇔ *“Quella, che piu resiste allo scalpello, piu anco [sic] dura alle acque, et mali temp̄”* – As pedras duras, em geral, são realmente mais resistentes ao intemperismo do que as moles.
17. *“Quasi ogni pietra, quando è stata appena estratta, risulta meno dura di quando è tenuta allo scoperto; e quando è bagnata o inumidita si può lavorare col ferro meglio di quando è secca”* ⇔ *“Ogni pietra di novo cavata è piu tenera, et io ne ho veduti in Anglia che si lavorano alle cave, perche se stanno troppo fuori sindurano di modo, che non si possono lavorare. Se non sono posti una invernata nell’acqua”* – Algumas pedras, normalmente as carbonáticas, endurecem após exposição ao ar. Quanto ao facto da humidade favorecer o corte, é igualmente verdadeiro.
18. *“Si pensa poi che le pietre si possono limare meglio quando spira Austreo che quando spira Borea⁶⁶⁶, e che si possono tagliare più agevolmente com Borea che com Austro”* ⇔ *“Soffiando l’Ostro piu facilmente si lavorano le pietre, che soffiano Borea”* – A trabalhabilidade da pedra nada tem a ver directamente com o vento, ou com a estação em que o material é extraído. Pode ser feita teoricamente durante todo o ano⁶⁶⁷. Todavia, o período coincide com o Verão, época recomendada por Vitruvius e pela maioria dos autores consultados para a extracção das pedras.
19. *“La pietra che, quando è bagnata, acquista molto peso, sarà attaccabile dall’umido”* ⇔ *“Quella, che nell’acqua si fa piu greve, si disfà per l’humore”* –

⁶⁶⁵ Senhor Gianfranco Biglia, proprietário da Icesa, firma de extracção e comercialização de pedras ornamentais com sede em Salvador.

⁶⁶⁶ ALBERTI, Leon Battista, De re ædificatoria (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L’architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. IV, p. 112 – Vento Norte, conforme Paolo Portoghesi, comentarista do tratado de Alberti.

⁶⁶⁷ A depender do rigor do Inverno, entretanto, pode ser muito difícil a extracção.

Na realidade, este teste indica que as pedras muito porosas, e que, conseqüentemente, absorvem muita água, são atacadas pela humidade com mais facilidade. De facto, um material poroso é, em geral, menos durável do que um mais compacto.

20. *“Quella invece che a contatto con le fiamme si appolla, non avrà resistenza al calore solare”* ⇔ *“...quella che per lo fuoco si sgretola, et apre non dura al Sole”* – Isso consiste numa avaliação prática do que sucederia a uma rocha se submetida a altas temperaturas, e reflecte a questão da dilatação térmica, que existe realmente em certos casos. Vários foram os autores, ao longo dos séculos, que recomendaram a colocação de uma pedra ao fogo, exactamente para se poder avaliar sua resistência ao calor⁶⁶⁸.

Apenas uma frase de Barbaro, no que diz respeito às características das pedras, não consta do texto de Alberti – *“il sasso asperso come di arena, è, aspro”* –, e algumas das afirmativas de Alberti foram omitidas nos comentários de Barbaro. São elas:

1. *“Se una pietra è cosparsa di sabbia luccicante, sarà resistente; se a tratti vi si vedranno sprizzare come delle scintille d'oro, sarà dura da vincere”* – Se a pedra era o arenito, como poderia eventualmente ser, a informação é válida.
2. *“...e quanto più le gocce sono piccole, tanto più resistente sarà”* – Um material que apresenta grãos grandes é mais heterogéneo do que aquele que apresenta grãos de menores dimensões. Em especial, no caso de uma rocha policristalina, quanto mais fino for seu grão, mais resistente será⁶⁶⁹.
3. *“Quel tipo di pietra che all'imbocatura della cava battuto dalle intemperie rimane intato in blocchi più grossi, è reputato più solido degli altri”* – Ao que parece, Alberti, com esta frase, queria dizer que as rochas que permaneciam na superfície da pedreira consistiam em amostras testadas ao intemperismo. Deste modo, a depender do comportamento por elas apresentado, tinha-se uma noção da qualidade da jazida.
4. *“Quanto più umida è la cava donde una pietra è estratta, tanto più compatta risulterà quest'ultima quando seccherà”* – Esta informação, ao que parece, está equivocada: por que uma pedra, quanto mais húmida fosse na jazida, mais compacta seria após seca? Uma pedra compacta possivelmente não absorveria tanta humidade.

Do exposto, notou-se que, apesar de não se ter, em meados do século XVI, os conhecimentos da ciência contemporânea, a grande maioria das indicações feitas foi pertinente, o que demonstrou o bom conhecimento prático de Alberti com relação às características do material *rocha*. As indicações albertianas sobre as características das rochas, muito mais completas do que as que aparecem no texto vitruviano, foram, inclusive, repetidas ao longo dos

⁶⁶⁸ Este e outros testes práticos para a verificação, de maneira empírica, da qualidade das rochas encontram-se no item 3.6.2.

⁶⁶⁹ AIRES-BARROS, Luís, *Alteração e alterabilidade das rochas*, Lisboa, INIC, 1991. p. 262.

séculos, de maneira geral, nos diversos textos ora analisados, e não apenas nos comentários de Barbaro.

3.3.3 – Dos mármore

Na parte específica sobre os mármore do livro *Principii di architettura civile*, de 1785, notou-se que já havia uma maior profundidade científica na abordagem feita às pedras, apesar de ainda não se ter atingido o estágio actual. Segundo este texto, a definição dada para mármore era:

“Il marmo è una pietra calcaria, cioè una combinazione di calce; la quale calce non è che una risoluzione de animali, che si putrefanno (...) La varietà dei colori, e della durezza de'marmi non cangia niente la lor natura di pietra: tali differenze derivano dalle differenti sostanze minerali, e metalliche, che vi sono unite.

Il marmo há la proprietà di fare effervescenza cogli acidi, come coll'aceto, coll'acqua forte ec., e battuto coll'acciarino non getta fuoco. Questa proprietà lo fá distinguere da una infinità di pietre, che non sono, che ciottoli, o pietre cretose, e da' porfidi, da' graniti, da' diaspri, come anche dagli alabastri, che provengono dal gesso...⁶⁷⁰.

O mármore é, de facto, formado pela citada “combinazione di calce”, ou seja, por carbonato de cálcio e/ou magnésio. Só que o carbonato não é necessariamente formado da decomposição de animais, podendo, por exemplo, ser oriundo de outras rochas.

As variações de cor dos mármore devem-se aos diferentes minerais acessórios presentes, apesar da pedra permanecer como sendo um calcário metamorizado. No entanto, sua dureza pode ser levemente afectada por aqueles componentes espúrios à mistura básica. Inclusivamente, quando estes minerais se apresentam sob a forma de veios, consistem em zonas de fragilidade do material, principalmente se forem de coloração amarelada ou avermelhada (indícios da presença de argila e/ou ferro em sua composição)⁶⁷¹.

Interessante é, ainda, a indicação existente no mesmo texto *Principii di architettura civile*, de que se fazia tingimento de mármore através da utilização de extractos vegetais e animais:

“I colori estratti da' vegetabili, come dal zafferano, dal girasole, dalla cocciniglia⁶⁷², dal sangue di drago, dal legno del Brasile ec. tingono il marmo, e lo penetrano bem profondamente, purchè a queste materie coloranti si unisca un dissolvente convenevole, come spirito di vino⁶⁷³, orina

⁶⁷⁰ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. I, Parte I, Cap. II, p. 337/338 – Este autor diferenciou também mármore de brechas – Grafia original.

⁶⁷¹ Sobre este assunto verificar as observações de Alberti, no item 3.3.2.

⁶⁷² Curioso é que este autor indicou os pigmentos como sendo oriundos de vegetais, mas a cochinhilha, matéria-prima para a extracção do carmim, é um insecto.

⁶⁷³ BENSUAUDE-VINCENT, Bernadette, «Lavoisier: uma revolução científica», SERRES, Michel (dir.), *Elementos para uma história das ciências*, trad. de Rui Pacheco, Magda Figueiredo, Ana

mista com calci viva, oli ec. Per fare però prendere al marmo colori più forti, più durevoli, e più penetranti, convien adoperare dissoluzioni metalliche fatte negli acidi, come acqua forte, spirito di sale⁶⁷⁴ ec. Il P. Fonda degnissimo professore di fisica sperimentale nella Università di Roma há però sempre osservato, che questi marmi artificiosamenti colorati perdono molto della loro natural costanza⁶⁷⁵.

Esta consiste na única descrição de modos de tingimento de mármore encontradas nos textos analisados, e caso tenha sido realmente utilizada em alguma circunstância, pode ter vindo a causar a degradação do material, já que o processo empregava como dissolventes, por vezes, substâncias ácidas e alcalinas. Provavelmente foi decorrente da acção destes materiais o aspecto da degradação evocado pelo supracitado Prof. Fonda, quando mencionou que os mármores tingidos artificialmente perdiam muito da sua resistência natural.

Embora o autor do texto tenha descrito, no parágrafo seguinte, mármore como sendo uma pedra compacta que recebia e conservava um bonito lustro quando polida, já se notou uma definição menos genérica do que essa quando foi mencionado o ataque que a pedra sofria quando em contacto com ácido. O problema, com relação a esta última informação, é que não somente os mármores⁶⁷⁶, mas também os calcários e outras pedras de cimentação calcífera, são atacados pelos ácidos, pois a base carbonática (calcífera) é a mesma.

Principii di architettura civile foi o texto mencionado, no item 3.3.1, no qual havia sido indicado que o termo *mármore* viria do grego “*marmairein*”, que significava reluzir, lustrar. Possivelmente, esta também seria a origem da generalização do termo, e talvez venha daí a confusão que o autor fez entre os conceitos, pois no capítulo III, no qual indicou os mármores principais da Itália, em sua época, incluiu também os granitos, pórfiros, brechas e alabastros⁶⁷⁷. Talvez não se sentisse apto a dar uma classificação actual, taxativa, na época, para as pedras, e tenha optado por lançar a sua ideia, mas tenha continuado a adoptar a definição mais usada.

3.3.4 – Da pedra lioz

Em textos de época anterior aos estudos de mineralogia e cristalografia, ou em sua fase embrionária, foram notadas, ao longo desta investigação, algumas divergências com relação à definição de termos de geologia e, mais especificamente, petrografia. Em certos casos, a confusão feita foi tão grande,

Paula Costa e Ana Simões, Lisboa, Terramar, s.d. vol. II, p. 197-221. p. 210 – Conforme a autora deste texto, o chamado “*espírito de vinho*” era o álcool.

⁶⁷⁴ BENSUADE-VINCENT, Bernadette, «Lavoisier: uma revolução científica», SERRES, Michel (dir.), *Elementos para uma história das ciências*, trad. de Rui Pacheco, Magda Figueiredo, Ana Paula Costa e Ana Simões, Lisboa, Terramar, s.d. vol. II, p. 197-221. p. 210 – “*Ácido muriático oxigenado (futuro ácido clorídrico)*”.

⁶⁷⁵ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. I, Parte I, Cap. III, p. 349.

⁶⁷⁶ Rochas constituídas por carbonato de cálcio em sua forma cristalina.

⁶⁷⁷ Pode-se notar que, numa citação feita anteriormente desse mesmo texto (ver trecho correspondente à nota 670), o autor distinguiu mármores de pórfiros, granitos e alabastros.

que fica difícil, actualmente, chegar-se a alguma conclusão a respeito de um determinado conceito.

A título de exemplificação, toma-se o termo *lioz*, por referir-se a uma pedra bastante utilizada, pelo menos desde o período romano, em Portugal, e posteriormente, ter sido também transportada em grande escala pelos portugueses para o Brasil e outras colónias.

Para alguns autores, a palavra *lioz* (ou *liós*) teria origem no termo francês "*liois*", que posteriormente teria evoluído para "*liais*". Sendo assim, foram investigados em várias fontes⁶⁷⁸ estes termos, tendo-se encontrado as seguintes definições:

- No verbete *lioz* do seu *Dicionário etimológico*, José Pedro Machado (séc. XX) indicou a origem do termo no francês antigo "*liois*"⁶⁷⁹, actualmente "*liais*", "*provável derivado de lie, pois esta pedra tem aspecto pardacento*"⁶⁸⁰;
- Félibien definiu "*liais*" simplesmente como uma espécie de pedra, que podia ser de dois tipos: "*le franc liais, & le liais ferault, ou farault*". A informação sobre o "*liais farault*" foi complementada com a indicação que era um tipo de pedra que não queimava, de modo que era usada em fornos, chaminés e lareiras. No seu dicionário, Félibien definiu ainda: "*ferault. «liais ferault», c'est une espece de pierre dont le banc a un pied de haut, & qui se trouve sous le franc liais. Elle est un peu poreuse & rougeatre*"⁶⁸¹ – Como uma pedra supostamente calcária poderia ser resistente ao fogo, sendo colocada dentro dele? Os carbonatos de cálcio, sob a acção do calor, transformam-se em óxido de cálcio, libertando dióxido de carbono. Não se conseguiu descobrir qual a denominação actual dada ao "*liais farault*", mas seguramente esta rocha não seria um *lioz*, na acepção hoje aceite para o termo. Talvez fosse um calcário miocênico, como o usado em alguns trechos da Sé de Lisboa⁶⁸²;
- Raphael Bluteau, por sua vez, definiu *lioz* como uma "*pedra branca de cantaria, que se lavra para edificios nobres. Em Cetuval [sic] há abundancia della*"⁶⁸³ – Nota-se a simplificação da afirmativa, tendo em vista que só o autor citou o *lioz* de coloração branca⁶⁸⁴, e nem mencionou que Lisboa e seus arredores possuíam abundantes jazidas do material. Além disto, o *lioz* não era a única pedra clara utilizada em cantaria em Portugal, de modo que a definição não foi muito esclarecedora;

⁶⁷⁸ Não apenas nos textos ligados à arquitectura/engenharia, mas também em enciclopédias e dicionários dos idiomas português e francês, do século XVII ao século XX.

⁶⁷⁹ A referência mais antiga encontrada por José Pedro Machado data do século XVI.

⁶⁸⁰ MACHADO, José Pedro, *Dicionário etimológico da língua portuguesa*, 3ª ed., Lisboa, Livros Horizonte, 1977. vol. III, p. 426.

⁶⁸¹ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve et Jean Baptiste Coignard Fils, 1699. p. 421.

⁶⁸² As pedras das abóbadas, que sofreram incêndio, ficaram com aspecto estranho, mas não se calcinaram.

⁶⁸³ BLUTEAU, Raphael (Pe.), *Vocabulario portuguez & latino*, Lisboa, Paschoal da Sylva, 1716. t. V, p. 149.

⁶⁸⁴ No exemplo anterior, aconteceu de maneira diversa: só foi citada a pedra avermelhada.

- D'Aviler também fez referência ao "*liais*" francês. Segundo este autor, eram três os tipos desta pedra: a "*Pierre de liais*", o "*liais rose*" e o "*liais ferrault*", pedras duras compactas e brancas – D'Aviler não mencionou nem a presença de fósseis, nem de estilólitos, assim como não aventou a possibilidade da existência de uma pedra de cor diversa da branca, como o *encarnadão*, por exemplo (il. 35);
- A definição que consta do *Dictionnaire universel*, datada do primeiro quartel do século XVIII, indica que "*liais*" seria uma pedra muito dura, com grão muito pequeno – Foram citados os tipos desta rocha existentes em França, assim como seu uso, podendo-se constatar que os autores do texto também informaram que o "*liais faraut*" [sic] servia para fornos, por ser resistente ao fogo⁶⁸⁵;
- Charles-Antoine Jombert, no seu livro *Architecture moderne*, também concordou com o facto do "*liais*" resistir ao fogo⁶⁸⁶;
- No verbete *cal*, do *Diccionario do commercio* de Jacques Savary des Brûlons⁶⁸⁷ (1657-1713), traduzido para o português pelo suíço Alberto Jacqueri Salles⁶⁸⁸, encontrou-se a seguinte informação: "*A melhor espécie de cal se faz de marmore, ou de huma diversa casta de pedra parda, durissima, e pezadissima a que chamam de pedra de cal, ou pedra lioz*"⁶⁸⁹ – A impressão é que lioz era considerado como sinónimo de todo e qualquer calcário, ou que só se fazia cal desse material, o que não confere com o que os textos indicam, nem com a realidade do que hoje se conhece;
- J. F. Blondel, ao classificar algumas pedras como "*de textura uniforme*" – sem veios, fósseis ou "*bouzin*" –, exemplificou com o "*liais*"⁶⁹⁰. Logo, a pedra conhecida por tal autor como "*liais*" não era, nem ao menos, similar ao lioz português;
- No final do século XVIII, consta do *Dictionnaire Trevoux* a mesma definição do *Dictionnaire universel* de Furetiere, Beauval e La Riviere, porém foi a ela acrescentado, além de alguns exemplos de jazidas em França, a informação que o "*liais rose*" "*est plus doux, & reçoit un beau poli au gris...*"⁶⁹¹ – Contudo, não foram dadas informações que pudessem subsidiar uma caracterização efetiva do material, em termos geológicos;

⁶⁸⁵ FURETIERE, Antoine, BEAUVAL, Basnage, LA RIVIERE, Brutel de, *Dictionnaire universel*, Haia, P. Husson, T. Jonhson, J. Swart, C. le Vier, La Veuve van Dole, 1727. t. III, verbete "*liais*".

⁶⁸⁶ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Jombert, 1764. t. I, Cap. VII, Art. IV, p. 36.

⁶⁸⁷ Conhecido geralmente apenas por Savary, foi inspector geral das manufacturas. No seu dicionário, obra póstuma, teve a colaboração de seu irmão mais novo, Luiz Philemon Savary.

⁶⁸⁸ Transferiu-se para Portugal a pedido de Sebastião José de Carvalho e Mello (1699-1792), Conde de Oeiras e Marquês de Pombal, para ensinar Comércio, tendo sido director da fábrica das sedas.

⁶⁸⁹ SAVARY, *Diccionario de commercio e industria*, trad. de A. Jacqueri Salles, Lisboa, Cód. MEPAT, anterior a 1813. vol. I, p. 353.

⁶⁹⁰ Ver a alínea c da classificação de J. F. Blondel, à p. 123 desta tese.

⁶⁹¹ DICTIONNAIRE UNIVERSEL françois et latin: vulgairement appellé dictionnaire Trevoux, Paris, Delaune, Ganeu, Coignard, 1793. t. IV, verbete "*liais*".

- Domingos de Azevedo (séc. XIX) informou o seguinte: "*Lioz – adj. f. Pedra lioz, liais ou pierre de liais, variété de calcaire*"⁶⁹² – Para Azevedo, o lioz não era qualquer tipo de calcário, conforme a definição de Jacqueri, o que já demonstra ao menos um maior cuidado na identificação do material;
- De acordo com Simonet, o "*liais*" era um calcário de granulação fina, textura compacta e uniforme, e que não apresentava conchas. Interessante que ao citar o "*liais férault*" [sic], este autor o denominou de "*faux liais*", por apresentar grãos mais grossos que os demais, ser de pior qualidade e difícil de trabalhar⁶⁹³ – Mais uma vez verificou-se que as conchas fossilizadas não estavam presentes no material. Logo, o "*liais*" não devia realmente ser a pedra hoje conhecida como lioz, em Portugal. Destaca-se, entretanto, que o autor só mencionou, como os demais, pedras francesas;
- Em outro texto do século XIX, o *Grand dictionnaire universel du XIX^e*, da autoria de Pierre Larousse⁶⁹⁴ (1817-1875), o "*liais*" seria uma pedra de natureza carbonatada que se cortava com serra sem dentes (como o mármore), pertencia a uma formação moderna e não apresentava espécie alguma de conchas. Apresentava grão fino, textura compacta e uniforme, boa trabalhabilidade e ótima resistência às intempéries, características ideais a uma pedra de construção. O "*liais farault*" foi também considerado como falso "*liais*", pelas mesmas razões dadas por Simonet. Um esclarecimento dado por Pierre Larousse merece ainda destaque dentro destas considerações: "*en général, on donne le nom de liais à toutes les pierres dures de bas appareil dont on fait usage a Paris*"⁶⁹⁵;
- O português Francisco Luiz Pereira de Souza (1870-1931), definiu a rocha como sendo um "*calcareo subcrystalino, rijo, branco amarelado, do cretácico superior*". Ao cogitar acerca da origem do termo, entre o grego ("*leios*") e o francês ("*liais*"), aceitava mais a origem francesa, principalmente pelo grande contacto entre as duas culturas. Só que afirmou algo curioso: "*...nossos canteiros e cabouqueiros tem sido muito mais geólogos no emprego d'esta palavra do que os francezes. Enquanto para estes ha «liais» no Terciario de Paris, «liais» no Jurassico (...), em Portugal tenho reconhecido (...) que o termo «lio» só é empregado para designar os calcareos do Turoniano (Cretácico superior)*"⁶⁹⁶;
- Maximiano Lemos definiu o lioz como sendo uma "*pedra calcárea compacta, dura*", só citando como exemplo pedras francesas, ou seja, não fez referências ao lioz português, e mencionou que o *lio*z Ferrault era "*muito*

⁶⁹² AZEVEDO, Domingos de, *Grand dictionnaire contemporain portugais-français*, Lisboa, Antonio Maria Pereira, 1889. vol. II, p. 610 – Sublinhado do autor.

⁶⁹³ SIMONET, Eugène, *Maçonneries*, Paris, P. Vicq-Dunot et Cie, 1897. Cap. I, p. 27.

⁶⁹⁴ Gramático e lexicógrafo francês.

⁶⁹⁵ LAROUSSE, Pierre, *Grand dictionnaire universel du XIX^e*, Paris, Administration du grand dictionnaire universel, 1873. t. II, p. 460.

⁶⁹⁶ SOUZA, Francisco Luiz Pereira de, «Ideia geral dos calcáreos empregados nas construções de Lisboa», *Revista de Obras Públicas e Minas* (separata) n.º 412-414, Lisboa, Imprensa Nacional, 1904. p. 13.

*resistente ao calor*⁶⁹⁷ – O autor traduziu “*liais*” por *lioz*, sem fazer ressalva alguma quanto a diferenças semânticas entre os dois termos;

- Rodrigo Fontinha continuou com a série de definições singelas do termo *lioz*, admitindo que era uma “*certa qualidade de calcáreo, que se emprega na estatuária e na cantaria; espécie de mármore*”⁶⁹⁸ – Nota-se, pois, o velho hábito de considerar-se uma pedra como mármore apenas pelo facto de receber polimento;
- Segundo Carlos Teixeira e Francisco Gonçalves (séc. XX), *lioz* era um termo utilizado para definir algumas rochas do período cretácico: “*calcários cristalinos compactos, de rudistas, do Cenomaniano (...) amplamente utilizados em Lisboa. Este calcário, susceptível de polimento, constitui os «mármore de Pero Pinheiro» («almiscado», «barriga de freira», «encarnadão», etc., conforme as características)*”⁶⁹⁹;
- Pelo que consta da *Grande enciclopédia portuguesa e brasileira* (séc. XX), *lioz* seria uma “*pedra calcária branca e dura, que serve para estátuas e para várias obras de arquitectura (...) (Cp. fr. *liais*, de or. inc., que significa o mesmo)*”. Referindo-se à petrologia, encontrou-se referência ainda que era um material muito compacto, apresentava “*fragmentos de conchas de rudistas (...) e, quando polido, constitui belos «mármore»*”⁷⁰⁰ – Por esta citação é possível perceber-se que não foram aí incluídas as pedras *liozes* de coloração amarela e rosada, porém já consta da definição a presença de rudistas, o que é uma das características do *lioz* português;
- Na *Enciclopédia luso-brasileira de cultura* (séc. XX), o verbete *lioz* indica: “*o m. q. *liós*: variedade de calcário, branco, compacto e um tanto cristalino; pode conter fósseis (principalmente rudistas)...*”⁷⁰¹ – Nota-se a restrição do *lioz* à tonalidade branca, e que se aventa a possibilidade de existir alguma pedra *lioz* sem a presença de fósseis, o que não confere com a realidade portuguesa;
- Quanto à definição actual, o geólogo português Luís Aires-Barros nos ensina que o *lioz* é um “*calcário subcristalino do Turoniano médio (Cretácico) (...) com rudistas (calcário recifal), muito fossilífero, de cor clara, ceroso ou levemente amarelado, que ganha fácil polimento*”⁷⁰². Este conceituado investigador destacou, igualmente, as variedades existente: *lioz* rosado, de Montemor, azulino, *encarnadão*, *encarnadão de Lameira*, *Saint Florian* e *Rose*, além do *abancado*;

⁶⁹⁷ LEMOS, Maximiano, *Encyclopedia portuguesa ilustrada*, Porto, Lemos & C.ª, s.d. vol. VI, p. 508.

⁶⁹⁸ FONTINHA, Rodrigo, *Novo dicionário etimológico da língua portuguesa*, Porto, Domingos Barreira, s.d. p. 1087.

⁶⁹⁹ TEIXEIRA, Carlos, GONÇALVES, Francisco, *Introdução à geologia de Portugal*, Lisboa, INIC, 1980. p. 305.

⁷⁰⁰ GRANDE ENCICLOPÉDIA portuguesa e brasileira, Lisboa/RJ, Editorial Enciclopédia, s.d., vol. XV, p. 176.

⁷⁰¹ ENCICLOPÉDIA LUSO-BRASILEIRA de cultura, Lisboa, Verbo, 1971. vol. XII, Col. 228.

⁷⁰² AIRES-BARROS, Luís, *Alteração e alterabilidade das rochas*, Lisboa, INIC, 1991. p. 325.

- Ainda quanto à definição petrográfica actual para o termo "*liais*", encontrou-se, num texto redigido pelos investigadores franceses Annie Blanc e Claude Lorenz, o seguinte: pedra muito dura e resistente, de grão muito fino, muito homogénea, apresentando dificilmente traços visíveis de fósseis. Sua espessura raramente ultrapassa 50 cm, sendo subdividida em diversos leitos superpostos⁷⁰³ – A ausência de fósseis é a característica que mais se destaca nesta definição, caso se deseje considerar "*liais*" como *lioz*: os fósseis são típicos nas boas variedades de *lioz*.

Como pode ser depreendido do acima exposto, a polémica em torno do termo *lioz* é bastante antiga, de modo que se torna praticamente impossível chegar a uma conclusão a respeito da origem do termo, elucidando destarte os problemas decorrentes de alguma classificação errónea eventualmente feita. Entretanto, fica patente que, apesar de ter sido encontrado em algumas referências que o termo *lioz* seria proveniente de "*liois*" ou "*liais*", de origem francesa, se é que a origem foi realmente esta, houve uma corruptela do termo, e a palavra portuguesa resultante refere-se a uma pedra diversa da francesa⁷⁰⁴. Ou então, como sugeriu Francisco Luiz Pereira de Souza, assume-se que os franceses foram muito genéricos quando da utilização do termo, enquanto que os portugueses foram mais específicos.

3.4 – EXTRACÇÃO

Com relação à extracção das rochas, Vitruvius recomendou que fosse feita no Verão, e que o material só fosse utilizado após dois anos de permanência a céu aberto. Só então se poderia, na sua opinião, constatar sua durabilidade. Alberti e outros autores também concordaram com o grande mestre, quanto à época adequada à extracção e à necessidade de aguardar um período antes de utilizar-se o material.

Sabe-se que a água, sob todas as suas formas, assim como as variações térmicas e outros factores, são agentes de degradação dos materiais. Além disto, em países de clima frio, o aumento do volume da água na porosidade das rochas, por acção do congelamento, pode levar à ruptura do material. Vitruvius provavelmente havia constatado isto, por experiência, na sua época, e a falta de conhecimentos científicos levou-o a pensar em simular experimentalmente a situação real à qual estaria sujeito o material após empregar na construção, de modo a ter, por antecipação, uma ideia do seu comportamento.

Na realidade, a durabilidade das rochas não pode ser avaliada, nem quantificada com precisão. Deduz-se através da observação do comportamento de pedras em edifícios dos quais se conhece o período de construção. Mas as análises laboratoriais de certas características técnicas⁷⁰⁵ podem indicar, *a priori*,

⁷⁰³ BLANC, Annie, LORENZ, Claude, «Etude géologique des anciennes carrières de Paris», *Géologie de l'ingénieur appliqué aux travaux anciens*, Roterdão, Marinus & Koukis, 1988, p. 639-647. p. 642.

⁷⁰⁴ Vide as duas últimas definições.

⁷⁰⁵ Porosidade, permeabilidade, resistência mecânica, condutibilidade térmica, por exemplo.

aproximadamente a sua durabilidade⁷⁰⁶. Entre estas técnicas destacam-se os ensaios de envelhecimento acelerado com câmaras especiais programáveis.

Contudo, como os ensaios de laboratório eram ainda inexistentes, Vitruvius só podia valer-se da observação directa. Este autor talvez não tivesse sentido a necessidade de dar uma recomendação para se deixar a pedra ao relento por algum tempo se morasse numa região tropical, como a Bahia, por exemplo, já que a degradação do material lapídeo não seria tão facilmente sentida, por inexistência do processo do congelamento.

Nem o ataque por parte do aerossol salino, que é muito acentuado numa faixa costeira de até trinta quilómetros de largura, nas imediações da cidade do Salvador, poderia ser sentido em tão pouco tempo numa pedra simplesmente deixada ao relento, a não ser que ela fosse colocada dentro de um recipiente com água misturada propositadamente com sais, e passasse por secagens cíclicas.

De maneira geral, a degradação do material lapídeo, nas regiões tropicais, é um processo muito lento, e assim, mesmo após dois anos de exposição às intempéries, dificilmente seria verificada.

De qualquer modo, para a região em que trabalhava, julga-se que era válida a observação do comportamento do material da maneira empírica proposta, embora tenha-se o conhecimento que a rocha, após escavada e colocada em contacto com o meio ambiente, inicia o seu processo de decaimento em base a características intrínsecas, como sua composição mineralógica e textura⁷⁰⁷.

A opinião expressa por Philibert de l'Orme, no primeiro tomo do seu texto *L'architecture*, também é de concordância com Vitruvius quanto à extracção de rochas no Verão e à necessidade de um período de secagem das mesmas. Com relação ao corte, este francês foi mais específico, e recomendou que fosse feito de acordo com o leito das pedras⁷⁰⁸. Philibert de l'Orme também indicou cuidados especiais com a camada superficial das rochas (*"bousin"* ou *"bouzin"*):

*"Telle matiere de bousin ne vault rie', car elle est tendre & molle comme craye, & se detrempe & dissoult quand elle demeure en l'eauë, & est humectée"*⁷⁰⁹.

Por ocasião do corte da pedra, o material denominado *"bousin"* deveria, então, ser eliminado.

No que diz respeito à época de extracção, o padre Federico Sanvitali ratificou as premissas vitruvianas, ou seja, que deveria ser feita no Verão, e que a pedra

⁷⁰⁶ LAZZARINI, Lorenzo, LAURENZI-TABASSO, Marisa, *Il restauro della pietra*, Pádua, CEDAM, 1986. Cap. I, p. 13.

⁷⁰⁷ CALVINO, F., *Lezioni di litologia applicata*, Pádua, CEDAM, 1963. Apud MONTAGNI, Claudio, *Costruire in Liguria*, Genova, Sagep, 1990. p. 186.

⁷⁰⁸ MONTAGNI, Claudio, *Costruire in Liguria*, Genova, Sagep, 1990. p. 244 – Este autor constatou que na região da Ligúria (Itália), por exemplo, no caso de construções feitas com o mesmo tipo de pedra e expostas ao mesmo ambiente, as mais antigas apresentavam-se em condições muito melhores. Suspeita-se que a razão disto seja exactamente a posição do corte da pedra, observada pelos antigos, porém por vezes negligenciada mais recentemente.

⁷⁰⁹ DE L'ORME, Philibert, *Le premier tome de l'architecture* (Paris, Frederic Morel, 1567), fac-símile, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XIII, fls. 25v.

deveria permanecer de dois a três anos ao relento, antes de sua utilização, de modo a secar⁷¹⁰.

Ainda com respeito à extracção, Sanvitali comentou a discordância de opiniões entre Gio. Cristoforo Sturm⁷¹¹, na *Matematica giovanile*⁷¹² e Bernard Forest de Belidor⁷¹³, pois o primeiro considerou que as pedras retiradas de uma profundidade maior, nas jazidas, eram melhores, enquanto que o último indicou o oposto:

*“Forse l’uno e l’altro averá la sua ragione, secondo le circostanze diverse. Se si tratti del marmo si sigua l’opinione di Sturmio, se poi delle altre pietre si sigua Belidoro”*⁷¹⁴.

No texto *Principii di architettura civile*, atribuível a Francesco Milizia, notou-se que o autor concordava igualmente com Sturm. Pelo menos, sua opinião ao discorrer sobre os mármores é similar⁷¹⁵. Algumas considerações já foram tecidas ao longo deste capítulo sobre o assunto, concluindo-se que as rochas mais superficiais, em condições normais, são sempre as piores. Belidor possivelmente fez esta ressalva para determinado tipo de rocha com a qual trabalhou.

3.5 – ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE

Com relação ao tipo de acabamento de superfície das pedras, Giorgio Vasari indicou o uso de esmeril (para polir), e de couro (para dar lustro)⁷¹⁶. Caso o esmeril fosse sob a forma de pó, era uma metodologia indicada, testando-se, entretanto, em uma parte da pedra para ver se deixava marcas, ou não, do seu uso. No entanto, o esmeril sob a forma de pedra não seria aconselhável.

Actualmente, ainda é usada a pedra e o pó de esmeril para dar o acabamento em rochas, logo após a sua extracção. Lembra-se apenas que este procedimento não deve ser seguido no caso de obras de conservação e restauro, pelo facto de propiciar a destruição da superfície original do elemento arquitectónico, por abrasão, apesar de, infelizmente, algumas vezes ainda ser hoje utilizado (il. 36).

⁷¹⁰ SANVITALI, Federico (Pe.), *Elementi di architettura civile*, 1745. Parte I, Cap. I, Prop. VI, p. 16 e 17.

⁷¹¹ Professor de filosofia natural e de matemática na academia de Altorf.

⁷¹² STURM, Gio. Cristoforo, *Mathesis juvenilis*, Nurembergue, 1699/1701 – Dentro do seu tratado de arquitectura civil.

⁷¹³ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. I, p. 3.

⁷¹⁴ SANVITALI, Federico (Pe.), *Elementi di architettura civile*, 1745. Parte I, Cap. I, Prop. V, p. 17.

⁷¹⁵ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. I, Parte I, Cap. II, p. 339 – “*Il marmo si trova a strati, ed in grandi masse. Quelle masse, che son [sic] più vicine alla superficie della terra, sono comunemente le men [sic] buone, essendo ripiene di fessure, di scaglie, e di vene terree*”.

⁷¹⁶ VASARI, Giorgio, *Le vite de’ piu eccellenti pittori, scultori, e architettori*, 3ª ed. (rev. e ampliada pelo próprio autor), Florença, i Giunti, 1568. Parte I, p. 12.

Outras formas de acabamento de superfície indicadas por Vasari, só que especificamente para esculturas em mármore, consistiam em polimentos com pedra pomes⁷¹⁷, “gesso de trípoli” ou palha de trigo⁷¹⁸.

Segundo a *Enciclopédia italiana*, a definição de trípoli é:

*“Roccia silicea di origine organogena costituita essenzialmente di radiolari e di diatomee, finemente stratificata e spesso con avanzi macroscopici di pesci. Leggera e porosa, há colore bianco o gialliccio. Proveniva un tempo da Tripoli (...) Come la farina fossile, si usa, per la sua durezza, per pulire i metalli...”*⁷¹⁹.

Assim sendo, julga-se que o emprego do trípoli⁷²⁰ poderia servir para polir rochas, dependendo do seu grau de dureza, o mesmo aconteceria com a pedra-pomes, material que apresenta dureza aproximada do vidro. Em ambos os casos, entretanto, o polimento deveria ser feito cuidadosamente, de modo a não provocar arranhões no material⁷²¹.

Benvenuto Cellini concordou com a utilização da pedra-pomes – que fosse branca, sem porosidade muito grande e macia – após o uso de cinzéis, limas e brocas⁷²². Acredita-se que o material servisse exactamente para retirar as eventuais marcas deixadas no elemento lítico. A obra escultórica de Cellini, de facto, caracteriza-se pela finura de acabamento da superfície.

Ao tecer considerações sobre como se trabalhavam as pedras, Gioseffe Viola Zanini recomendou, além das ferramentas a serem empregues e de como deveriam ser fabricadas, a utilização da água por ocasião da execução do serviço e a maneira adequada para dar o acabamento. No caso de pedras duras, sugeriu que fossem desbastadas com cinzéis de ponta diamantada e com martelos especiais⁷²³. Depois, polidas com pedra de amolar⁷²⁴, valendo-se de água, até que os sinais

⁷¹⁷ VASARI, Giorgio, *Le vite de' piu eccelenti pittori, scultori, e architettori*, 3ª ed. (rev. e ampliada pelo próprio autor), Florença, i Giunti, 1568. Parte I, p. 16.

⁷¹⁸ VASARI, Giorgio, *Le vite de' piu eccelenti pittori, scultori, e architettori*, 3ª ed. (rev. e ampliada pelo próprio autor), Florença, i Giunti, 1568. Parte I, p. 35.

⁷¹⁹ ENCICLOPEDIA ITALIANA di scienze, lettere ed arti, Roma, Istituto G. Treccani, 1932-41. vol. XXXIV, p. 369/370.

⁷²⁰ Supõe-se que a expressão “gesso de trípoli” significasse uma mistura destes dois materiais, talvez até com a função de ter-se um pó mais macio para não arranhar a superfície a ser polida.

⁷²¹ Tem-se notado, actualmente, que por vezes o acto de arranhar superfícies lapídicas, ou mesmo metálicas, ocorre por inexperiência dos responsáveis pela limpeza de determinada obra, ao utilizar materiais muito duros ou ao empregar força maior do que a necessária para atingir o seu intento. Pode-se, inclusive, verificar isto através da constatação, na superfície do material, da presença de arranhões circulares, decorrentes da movimentação da mão do homem por ocasião do processo de limpeza. Às vezes, quando usados equipamentos mecânicos nesta actividade, as marcas na superfície também são visíveis, mas podem apresentar características diversas.

⁷²² CELLINI, Benvenuto, *Due trattati, uno intorno alle otto principi (Florença, 1568), I trattati dell'oreficeria e della scultura di Benvenuto Cellini*, Florença, Felice le Monier, 1857. p. 199.

⁷²³ Com uma ponta de diamante e com a outra a apresentar dentes para raspar, assim como com uma bocharda.

⁷²⁴ Normalmente as pedras de amolar se constituem em quartzitos ou arenitos de cimentação silicosa, duros, ou outra pedra similar.

desaparecessem, e então, com pedra-pomes. O lustro seria dado com “*spultia*”⁷²⁵ banhada em urina, que seria passada na superfície da pedra. Após verificar-se que a mesma estava bem lisa, passaria-se trípoli em pó quase húmido, com o auxílio de um pano, o que serviria também para clarear a superfície. No intuito de clarear a pedra ainda mais, Zanini sugeriu usar estanho calcinado⁷²⁶, indicando que a pedra ficaria lustrosíssima⁷²⁷.

Notou-se que o autor supracitado, em substituição ao uso do esmeril, recomendou um tipo de acabamento mais suave, feito com pedra-pomes, urina, trípoli e estanho. Já foram tecidos comentários acerca do uso de trípoli e de pedra-pomes no acabamento superficial de pedras. Por outro lado, será que, com a utilização de óxido de estanho no polimento de uma rocha, poderia haver ocasionalmente a penetração do material na sua porosidade, formação de eflorescências pela acumulação eventual de iões Cl^- , SO_4^{2-} e NO_3^- , e o aparecimento de manchas? Esta, entretanto, é uma hipótese a ser testada.

Quanto à urina, poderia causar danos posteriores às rochas através da migração e cristalização dos nitratos presentes em sua composição.

Em outros textos também foram encontradas referências similares a formas de polir pedra⁷²⁸, dentre as quais informações específicas para o caso de estátuas de mármore, conforme exemplificado na citação a seguir, da autoria de Félibien:

“...comme il y a certains endroits, & des ouvrages particuliers qui demandent à estre [sic] polis, il se sert pour cela de pierre ponce & de potée pour rendre toutes les parties lisses & unis. Ensuite il y passe le tripoli, y lorsqu’il veut leur donner plus de lustre ils les frote avec de la peau & de la paille bruslée [sic]”⁷²⁹.

3.6 – PROBLEMAS LIGADOS À CONSERVAÇÃO E AO RESTAURO

3.6.1 – Durabilidade e degradação

Ao discorrer sobre pedras de construção, Plínio praticamente ratificou o que foi dito por Vitruvius, tendo sido notados alguns breves complementos no que diz respeito à localização das jazidas citadas pelo arquitecto romano. Contudo, verificou-se uma discordância quanto ao pensamento de ambos com relação aos travertinos: Vitruvius informou que resistiam bem à humidade – o que pode ser comprovado ainda hoje através da simples observação de remanescentes de

⁷²⁵ Não se conseguiu concluir, com segurança, qual seria o significado da palavra “*spultia*”, porém acredita-se que seja equivalente a “*spoltiglia*” (pó de esmeril), termo empregue em contexto similar pelo monge seiscentista dominicano Agostino del Riccio em seu texto *Istoria delle pietre* (DEL RICCIO, Agostino, *Istoria delle pietre*, a/c Raniero Gnoli e Attilia Sironi, Roma, Umberto Allemandi, 1991. p. 126 [fs. 37 do Cód. 230 da Biblioteca Riccardiana] e p. 202, nota 3 – Material n.º XCVII.

⁷²⁶ Óxido de estanho.

⁷²⁷ ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, 2ª impr., Pádua, Giacomo Cadorino, 1677. L. I, Cap. XII, p. 62/63.

⁷²⁸ No caso, uso de pedra-pomes, pó abrasivo, trípoli, couro e palha queimada.

⁷²⁹ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l’architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve et Jean Baptiste Coignard Fils, 1699. Cap. IV, p. 227.

construções do Império Romano —, mas Plínio disse exactamente o contrário⁷³⁰. Possivelmente as referências dizem respeito a dois tipos diferentes de rocha, e não ao mesmo tipo, ou a informação do livro de Plínio está truncada.

A *História natural* de Plínio teve, entre outras funções, a de divulgação do tratado de Vitrúvio⁷³¹, alertando, por exemplo, para o problema da escolha adequada dos materiais e chamando a atenção para os agentes responsáveis pela sua degradação. Nesse texto, assim como no de Vitrúvio, notou-se que o autor já tinha alguma consciência do processo de degradação do material por acção da humidade, dos efeitos do congelamento da água nos poros, da acção do calor e da cristalização de sais nas rochas⁷³².

No tratado de Alberti, os conhecimentos empíricos acerca da durabilidade das rochas foram notados nas instruções dadas para que os interessados se valessem de observações directas, como forma de descobrir se uma pedra teria suas características alteradas em decorrência das intempéries, a depender da sua própria natureza e local de origem⁷³³. Alberti ensinou, ainda, que a avaliação prévia do desempenho do material através da observação do seu comportamento, em obras construídas há algum tempo, era importante, de modo a não se incorrer nos mesmos erros a quando da sua utilização. Sobre este assunto, Leonardo de'Vegni, comentarista de uma das edições do texto de Giovanni Branca⁷³⁴, afirmou, seguindo o bom princípio cartesiano da busca da verdade:

*“En qualquiera pais donde vaya el arquitecto, hallará nuevas especies de piedra para él desconocidas. Para saber su qualidad no se fie de la relacion de los meramente prácticos: observe á lo ménos como se mantienen en los edificios ya hechos, si no pudiere ó supiere examinar la naturaleza com las reglas de la química y de la física”*⁷³⁵.

Esta é uma indicação válida, como já mencionado, e, se fosse seguida pela maioria dos arquitectos, actualmente, com certeza muitos dos problemas decorrentes de uma inadequação do material a determinada situação não ocorreriam. Isto não se aplica somente às rochas, mas a todos os materiais de construção, de maneira geral.

⁷³⁰ PLINIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, G. Ferrari, 1561/1568. L. XXXVI, Cap. XXII, p. 1148-1149.

⁷³¹ Não foi apenas ao falar de rochas que Plínio repetiu o pensamento vitruviano, o que pode ser constatado nos outros capítulos deste texto.

⁷³² PLINIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, G. Ferrari, 1561/1568. L. XXXVI, Cap. XVIII, p. 1144 e Cap. XXII, p. 1149.

⁷³³ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. VIII, p. 136 – Com relação específica às alterações das rochas pela acção do meio ambiente, Alberti disse ainda, por exemplo, que umas endureciam em contacto com o ar, outras, com a geada, ficavam enferrujadas e se partiam, o que realmente pode ocorrer.

⁷³⁴ Leonardo de'Vegni foi o comentarista da quarta edição do texto de Branca, porém na sexta, ora utilizada, foram destacados pelo tradutor e comentarista espanhol, D. Manuel Hijosa, os trechos correspondentes às intervenções de de'Vegni.

⁷³⁵ BRANCA, Juan, *Manual de arquitectura*, trad., comentários e acrescentos de D. Manuel Hijosa, [6ª ed.], Madrid, Viuda de D. Joachín Ibarra, 1790, L. I, Cap. I, p. 3.

No tratado de Filarete, escrito entre 1461 e 1464, ou seja, após o texto manuscrito de Alberti, porém antes da sua publicação⁷³⁶, também foram encontradas referências sobre pedras. Este autor, curiosamente, denominou os tijolos como "*pietre cotte*", e as pedras propriamente ditas como "*pietre vive*"⁷³⁷. Filarete citou vários tipos de pedra então conhecidos, referindo-se ao local onde "*nasciam*", suas qualidades⁷³⁸ e a forma de trabalhá-las. Não há, no seu texto, informações sobre a época conveniente à extracção das pedras, cuidados com a secagem ou com o assentamento⁷³⁹. A única restrição feita por Filarete com relação ao uso de rochas consistiu no facto de não recomendar pedras calcárias, caso outras pudessem ser utilizadas. Isto simplesmente como forma de preservação das edificações, já que em Roma, na sua opinião, vários monumentos haviam sido destruídos apenas para se obter matéria-prima para se fazer cal⁷⁴⁰.

É muito conhecida a prática que vigorou durante muitos séculos da depedração de monumentos apenas para a reutilização de seus materiais, como por exemplo a destruição de parte da alvenaria do Coliseu e dos fóruns romanos para aproveitamento das pedras, e da estrutura de bronze do pórtico do Panteon, para fazer os canhões do Castelo de Sant'Angelo, em Roma; a destruição da Casa da Torre de Garcia d'Ávila e de fortalezas, na Bahia, de modo a reaproveitar-se, nomeadamente, as pedras e a terra de que eram feitas. Em alguns sítios, podem ser notadas, nas paredes das construções, pedaços de lápides reutilizadas (il. 37) ou, até mesmo, partes de tambores de colunas. Ou seja, as pedras calcárias citadas por Filarete podiam, inclusive, ser removidas dos monumentos para reutilização nas alvenarias e no revestimento de edificações mas, mesmo assim, havia uma certa lógica na sugestão de Filarete considerando-se apenas sua eventual remoção para uso como matéria-prima na produção da cal.

Num trecho retirado do tratado de Diogo da Sylveyra Vellozo, verificou-se que, de maneira similar àquela encontrada nos textos de Filarete e de J. F. Blondel, o autor português, classificou as pedras como "*vivas*", mas curiosamente também indicou que havia pedras "*mortas*":

"...as pedras vivas mais duras e mayores se meterão nos alicerces, e lugares mais humidos; as pedras mortas, e que tem especie de saybro⁷⁴¹, ou barro se não porão a face, mas servirão so para enchimento do groço [sic] da parede, já fora do alicerce, e donde não houver humidade, porque metendose de sorte que olhão [sic] para a marinha, ou lagos, ou para a

⁷³⁶ O tratado de Alberti foi escrito possivelmente entre 1443 e 1452, porém foi impresso pela primeira vez, postumamente, em 1485.

⁷³⁷ Observe-se que anteriormente a denominação "*pedra viva*" foi usada – no caso, por J. F. Blondel – com outro sentido. Ver a alínea a da classificação de J. F. Blondel, à p. 123 desta tese.

⁷³⁸ Basicamente, dureza, coloração e presença de manchas ou veios coloridos.

⁷³⁹ AVERLINO, Antonio (o Filarete), *Trattado di architettura*, Milão, Il Polifilo, 1972. vol. II, L. III, p. 69 a 77.

⁷⁴⁰ AVERLINO, Antonio (o Filarete), *Trattado di architettura*, Milão, Il Polifilo, 1972. vol. II, L. III, p. 70.

⁷⁴¹ Sobre as diferentes definições de *saibro*, consultar o item 6.2.

*parte do sul se consomem, e desfazem pouco e pouco; e são offendidas das giadas e nevas [sic], com que nesta parte da face da parede se porão as pedras de melhor temperamento quais são as que se achão [sic] logo no principio das pedreyras, que ao quebrar são mais brandas, e com o tempo se endurecem, e rezistem [sic] a todas as injurias do tempo*⁷⁴².

Aparentemente, as pedras “vivas” citadas por Vellozo, seriam aquelas que Mathias Ayres e Negreiros afirmaram que “eram realmente pedras”: as que estavam em seu estado final de consolidação e, por conseguinte, resistiriam ao carregamento e aos rigores do clima. Seriam, pois, pedras duras, com pouca porosidade⁷⁴³, e que não apresentassem em sua constituição elementos susceptíveis à degradação, como o barro e o saibro supramencionados. As pedras mortas possuiriam, então, características opostas.

Com relação à degradação das pedras, Philibert de l’Orme informou:

*“Aucunes sont gastées par le vent marin qui les mange, ou par la lumiere de la Lune: les autres s’y fortifient, tout au contraire: aucunes resistant contre le feu, d’autres y bruslent [sic], & sont calcinées ainsi que la chaux à la fournaise*⁷⁴⁴.

Mais adiante, será feita menção especial ao facto de alguns autores antigos considerarem os raios da Lua como capazes de degradar as pedras. Quanto ao aerossol marinho, realmente poderia ser-lhe atribuída, metaforicamente, a capacidade de “comer” as pedras, o que seria, nada mais, nada menos, uma explicação para a destruição das mesmas por acção da cristalização sucessiva dos sais presentes (basicamente o cloreto de sódio) na sua porosidade. Algumas rochas resistem ao fogo, daí serem usadas em lareiras, e outras são realmente transformadas pela queima. Quanto ao facto de algumas rochas se fortalecerem quando sujeitas às intempéries, a única alteração que se imagina pudesse ocorrer, seria o endurecimento da sua camada superficial, o que ocorreria em determinados tipos de rocha.

No já citado texto de Mattheus do Couto, assim como em outros textos antigos, verificou-se a constante preocupação com a durabilidade dos materiais. As informações que este autor forneceu sobre rochas, fruto possivelmente das observações efectuadas em estaleiros nos quais trabalhou, foram sintetizadas e comentadas a seguir:

*“Tenho pela melhor pedra [para alvenaria] que ha p^a lavrar paredes a q’ cria caramujos e outras castas de cascas de mariscos, e desta casta a mais rija, e crespa hé a melhor*⁷⁴⁵.

⁷⁴² VELLOZO, Diogo da Sylveyra, *Architectura militar*, Pernambuco, Cód. 49-III-3 (BA), 1743. Parte II, Cap. XXV, fls. 219v/220 – Sublinhado não existente no texto original.

⁷⁴³ Podiam ser porosas, contanto que apresentassem tamanhos de poros fora da faixa problemática, analisando-se sob o aspecto da absorção de água.

⁷⁴⁴ DE L’ORME, Philibert, *Le premier tome de l’architecture* (Paris, Frederic Morel, 1567), fac-símile, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XIII, fls. 26 – Sublinhado não existente no texto original.

⁷⁴⁵ COUTO, Mattheus do (o Velho), *Tractado de architectura*, [Lisboa], Cód. F. 7752 (BNL), 1631. L. II, Cap. IX, p. 36/37.

Esta informação é dúbia, como por vezes acontecia em textos antigos: os caramujos e as cascas de mariscos mencionados estariam aderidos à superfície da pedra, ou embutidos na sua constituição? São lançadas, pois, essas duas hipóteses.

No primeiro caso, rochas duras seriam de facto mais propícias à fixação dos citados animais, já que sua superfície não estaria sujeita à lixiviação (o que ocorreria nos calcários, por exemplo). Quanto a serem crespas, também seriam mais propícias à fixação de moluscos.

Caso a segunda hipótese fosse a verdadeira, e Mattheus do Couto estivesse a se referir à presença de elementos fossilíferos na constituição das rochas, fica a questão: quais seriam os tipos existentes em Portugal que apresentavam estes elementos e não eram calcináveis? Segundo o próprio Mattheus do Couto, o material era resistente às intempéries e ao fogo. O lioz não poderia estar enquadrado nesta categoria, o que, inicialmente, se poderia pensar, pois é calcinável, e assim usada para fabricar a cal, além do seu emprego nas alvenarias. De qualquer modo, é estranha a citação, visto que elementos fossilíferos quase sempre são carbonáticos e, conseqüentemente, não resistem ao fogo. Logo, provavelmente a referência foi feita observando-se o comportamento dos animais vivos aderidos à superfície de rochas usadas em determinados monumentos.

Este tratadista referiu-se também a pedras moles, que continham “barro” (argila) e apodreciam com o tempo, e teceu comentários acerca da durabilidade e beleza do lioz⁷⁴⁶, dizendo que, na sua opinião, esta pedra era insuperável em qualidade.

É notório, hoje em dia, o facto de que as rochas de cimentação argilifera, ou aquelas que contêm argila na sua composição, apresentam menor durabilidade do que as que não apresentam este componente. Quanto ao lioz, além de ser um belo material, é bastante resistente, por se constituir em calcário subcristalino, de alta densidade (em torno de 2,7) e baixa porosidade (entre 0,24 e 0,44%)⁷⁴⁷.

Todavia, apesar das indicações dadas por Mattheus do Couto, as pedras liozes não podem ser consideradas como eternas, pois apresentam com frequência, tanto os conhecidos fósseis, quanto estilolitos, que são zonas de descontinuidade que facilitam o processo de degradação. Além do mais, estas pedras podem sofrer processo de dissolução do carbonato por lixiviação, assim como problemas decorrentes de ciclos alternados gelo-degelo e formação de crostas negras, por causa da poluição atmosférica e/ou acções liquénicas, e cristalização de sais solúveis.

⁷⁴⁶ O facto de mencionar textualmente a pedra lioz corrobora a hipótese anteriormente mencionada que este autor não fez referência a este tipo de rocha ao indicar as que continham caramujo, pois se fosse o caso, a teria identificado pelo nome.

⁷⁴⁷ AIRES-BARROS, Luís, *Alteração e alterabilidade das rochas*, Lisboa, INIC, 1991. p. 325 – Estes são os valores indicados pelo autor para “o calcário recifal do cretácico superior (liós) da região de Lisboa usado no Mosteiro dos Jerónimos”.

Com relação à durabilidade das pedras, d'Aviler, ao referir-se à construção de paredes, afirmou:

“Les pierres dures dans les ouvrages propres sont layées, traversées & polies au grais, & les pierres tendres bien ragrées au fer, & les unes & les autres en les taillant doivent estres [sic] ébousinées jusques au vif, en sorte qu'il n'y reste ni bouzin ni tendre, & qu'il n'y ait fil, ny moye, ni veine jaunes...”⁷⁴⁸.

Notou-se no texto em epígrafe a preocupação com relação à retirada do “bousin” nas pedras a serem usadas nas construções, o que já havia sido mencionado por Philibert de l'Orme. O autor também chamou atenção para o facto de que a presença de veios, de maneira geral, e argila nas pedras seria condicionante da sua durabilidade, o que reflecte a realidade.

Para Belidor, todas as pedras duras, pelo facto de apresentarem seus poros mais condensados, deveriam ser capazes de resistir melhor às intempéries, ou à lixiviação pela água, nas construções aquáticas. No entanto, este engenheiro militar não inviabilizou a hipótese de uma pedra branda resistir mais do que uma dura ao gelo, só que não explicou porque isto poderia acontecer.

“...celle qui est dure est sans difficulté la meilleure, ils s'en rencontre pourtant quelquefois de tendre qui résiste mieux à la gelée que l'autre; mais comme cela n'est pas ordinaire, on ne doit pas y compter, car comme les parties de la pierre dure ont leur pores plus condensés que celle de la tendre, elles doivent être capables d'une plus grande résistance, soit aux injures du tems [sic] ou au courant des eaux dans les edifices aquatiques: mais pour bien connoître la nature de la pierre, il est à propos de rendre raison pourquoi celle qui est dure aussi-bien que la tendre est sujette à la gelée qui la fend & la fait tomber pour éclat”⁷⁴⁹.

Pode-se notar, através da leitura da passagem acima, que Belidor era partidário da opinião, também dada por outros autores, de que as pedras poderiam ser classificadas em duras e moles, e que as duras resistiriam mais do que as moles, salvo excepções.

Eventualmente, a rocha mole pode ser mais resistente ao congelamento da água no seu interior precisamente por causa da presença de poros maiores do que os da rocha dura, geralmente mais condensados, como afirmou Belidor. O que não invalida que algumas pedras duras apresentem poros relativamente pequenos, porém com diâmetro tal que dificulte o seu rompimento pelo congelamento.

Não se tinha, evidentemente, na época, condições de estudar a distribuição da porosidade dos materiais, de modo a constatar qual a dimensão

⁷⁴⁸ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, 3ª ed., Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, Parte I, p. 235.

⁷⁴⁹ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. I, p. 2.

de poros que era problemática, no que diz respeito à absorção de água, daí recomendar-se, de maneira geral, que todas as pedras fossem submetidas ao teste prático de verificação da sua durabilidade.

Belidor não mencionou a possibilidade da água penetrar pela porosidade do material, no caso de uma fachada sujeita a receber água das chuvas, por exemplo. Sugeriu, no entanto, caso fosse necessário empregar-se diversos tipos de rochas numa construção, que as mais duras fossem usadas no exterior, por serem mais resistentes às intempéries, enquanto que as de pior qualidade fossem empregues nas fundações e no interior da obra⁷⁵⁰.

Tal posicionamento pode ser considerado como correcto, no caso do uso das pedras em zonas cobertas, pois deste modo aquelas mais fracas não estariam sujeitas ao intemperismo. Contudo, a informação para o uso das pedras nas fundações não deveria ser generalizada: por exemplo, as pedras de pior qualidade são mais difíceis de serem trabalhadas, de modo que às vezes é melhor usá-las na forma bruta, e escondê-las nas fundações. Mas não é recomendável, por outro lado, usar pedras que se degradem facilmente com o contacto com a água em fundações, para não se correr riscos de recalques futuros.

J. F. Blondel, no seu *Cours d'architecture*, também classificou as pedras em duras e moles, indicando que pedras duras, por causa da sua densidade, resistiam mais ao peso do que as pedras moles, assim como geralmente resistiam mais à humidade e às injúrias do tempo. O mesmo autor afirmou que seria de grande utilidade saber quantificar a carga que cada pedra aguentava, pois, na sua opinião, se este dado fosse conhecido, as construções poderiam ser mais delgadas, usando-se nas paredes pedras com espessura suficiente para suportar as cargas existentes em cada caso. Ou seja, desde quando se conhecesse a capacidade de carga de cada tipo de rocha, não haveria o superdimensionamento dos elementos estruturais⁷⁵¹.

Hoje, realmente, conhece-se esse dado, que é utilizado no cálculo dos elementos líticos que se deseja submeter a determinados esforços, numa obra. O mesmo acontece no caso de muros de arrimos e de estruturas em betão.

Belidor, também, já havia observado que os veios marrons ou vermelhos das pedras eram pontos mais sensíveis à degradação, o que é verdade. Entretanto, não informou que, se fossem de outras tonalidades, constituir-se-iam igualmente em zonas mais susceptíveis à degradação do que o restante da pedra, pois os veios são compostos por minerais diferentes, às vezes mais fracos do que os que compõem a grande massa da rocha. Pelo menos o seu comportamento é diversificado. Segundo este autor, as pedras com veios vermelhos ou marrons não resistiriam à percussão por meio de uma haste, tendo

⁷⁵⁰ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. I, p. 4.

⁷⁵¹ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. Vol. VI, Cap. I, Art. VIII, p. 36.

em vista não se apresentarem completamente fechadas naqueles pontos. Por esta razão, não recomendou a sua utilização⁷⁵².

Belidor não foi o primeiro a constatar a debilidade destas zonas, conforme já foi anteriormente comentado, porém optou-se por repetir o que foi dito para demonstrar que realmente os ensinamentos dos seus antepassados haviam sido colocados em prática.

De maneira curiosa, num texto de finais do século XVIII, da autoria de François Cointeraux, encontrou-se a seguinte informação:

“Dans plusieurs cantons des pays froids, les habitans prétendent que leurs pierres blanches craignent la gelée; cependant ils avouent que quand on a eu soin de tirer d’avance ces pierres tendres des carrières, elles se trouvent hors de ce danger: cette précaution facile à tout le monde, suffit pour extraire l’humidité de ces pierres en las exposant à l’air; & après qu’elles on acquis la sécheresse nécessaire, je ne vois pas comment les hivers les plus rigoureux pourvient [sic] altérer cette pierre...

Si cette nature de pierres, lorsqu’elle est employée dans un mur, pompoit l’humidité de l’atmosphère quand il est pluvieux; alors le remède est sûr: il consiste à appliquer un enduit sur la face extérieure des maisons; ce moyen, que la conservation des murs exige, est tout simple & s’exécute dans toutes les provinces du midi, pourquoi les habitans du Nord, plus exposés aux intempéries, ne l’emploieroient-ils pas ?”⁷⁵³

Verificou-se neste texto de Cointeraux que já existia uma preocupação com o problema da absorção d’água pelas paredes, e que o uso de um revestimento com a função de proteger a construção da penetração da humidade era uma realidade. Pelo menos em determinados sítios da Europa. Isto não consistia numa novidade, na época: é notório que os babilónios revestiam suas paredes, feitas de adobes, com ladrilhos cerâmicos, de modo a evitar a degradação do material (il. 26a).

Para aumentar a durabilidade da construção, J. F. Blondel, no mesmo texto já citado, sugeriu evitar usar pedras:

- Que apresentassem vestígios de conchas no seu interior, pois o corte inevitavelmente lhes propiciaria um mau aspecto. – No que diz respeito a este assunto, é interessante o facto do autor só ter levado em consideração a estética do material: o que pode ser desagradável e feio para uns, pode ser bonito para outros. Exemplo bastante comum disto é o uso de rochas fossilíferas como o “rosso di Verona” (il. 33) e os diversos tipos de pedra lioz portuguesa, que conferem às obras um aspecto singular. Em alguns monumentos, em Salvador, pode-se igualmente notar também conchas de mariscos participantes da estrutura do arenito local (il. 38) que, em hipótese

⁷⁵² BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L III, Cap. I, p. 3.

⁷⁵³ COINTERAUX, François, *Traité sur la construction des manufactures et des maisons de campagne*, Paris, Cointeraux et Niodot, Agosto/1791. 3º cademo, p. 95.

alguma, colaboram para prejudicar, por assim dizer, a imagem do monumento. Pelo contrário, constituem-se em pontos que eventualmente chamam a atenção dos transeuntes, pela sua peculiaridade, rompendo a monotonia da textura;

- Ainda húmidas, para que não ocorressem problemas devido ao congelamento da água nos seus poros, ou que elas viessem a se descamar
- O assunto já foi comentado anteriormente, ocasião em que se corroborou esta informação;
- Cujas superfícies não pudessem ser cortadas de maneira regular sem arrancar lascas.

É interessante notar que a preocupação com a qualidade dos materiais era uma constante nos textos antigos, enquanto actualmente é relegada a um plano secundário, em face a razões estéticas, por mera especulação comercial ou, pior ainda, para os responsáveis pelo projecto ou obra auferirem comissões mais elevadas com a especificação. Ou então a qualidade dos materiais é menosprezada simplesmente pelo pouco preparo científico decorrente da falta de leitura. Já no século XVII, o padre Juan Caramuel chamou a atenção para este último aspecto, o que foi constatado através da menção à necessidade de um bom preparo por parte do profissional de arquitectura⁷⁵⁴.

Com relação à especificação errada de material e à comercialização de pedras já em processo de degradação, lembra-se que é comum, ao menos entre os arquitectos brasileiros, recomendar o uso de pedras apicoadas ou flameadas, normalmente para áreas externas. Não foram encontradas informações específicas em textos anteriores ao século XIX sobre o uso destas técnicas com a finalidade de dar-se um acabamento de superfície. Apenas foram encontradas informações acerca do uso do choque térmico⁷⁵⁵ na extracção de rochas: segundo o texto *Archives des découvertes et inventions nouvelles*, Mac-Culloch havia descoberto como extrair pedras pela acção do fogo, mantido por cinco a seis horas na superfície do rochedo, com turfa ou com urze, até que a rocha se dilatasse de maneira diversa em várias partes, ocasião em que deveria ser subitamente resfriada por meio de contacto com água ou pela simples exposição ao ar, o que deixaria fissuras no maciço, facilitando a sua extracção⁷⁵⁶.

Se, em princípios do século XIX, já se sabia que o choque térmico causava a fissuração das rochas, a ponto de arrancá-las na jazida, qual a razão para, actualmente, venderem-se pedras flameadas? Tais pedras são comercializadas com a superfície a ser exposta já degradada, o que contribui para o seu decaimento quando na obra. Muitos arquitectos contemporâneos recomendam

⁷⁵⁴ CARAMUEL, Juan, *Architectura civil recta, y obliqua*, Vegeven, Emprenta Obispal, 1678. t. II, p. 1 – “Hay muchas vezes libros sin doctor que los lea; hay tambien otras [sic] doctores que carecen de libros: lo uno y lo outro es prejudicial en la Republica, y assi en la architectura (...) carecera de ayuda necessaria un architecto, aunque tenga felicissimo ingenio, sino tuviere buenos autores, en que lea como discurren otros”.

⁷⁵⁵ Mesmo princípio usado na obtenção das pedras flameadas.

⁷⁵⁶ ARCHIVES DES DÉCOUVERTES et inventions nouvelles, Paris, Treuttel et Würtz, 1826. p. 383.

este tipo de material, não somente por razões estéticas, mas por pensarem, absurdamente, que são mais resistentes que os demais, cuja superfície é polida, ou simplesmente lavrada. Mesmo assim, tanto o metro quadrado de pedras flameadas, quanto o de pedras apicoadas, custa mais caro do que o de pedras polidas⁷⁵⁷.

Esses mesmos profissionais, por falta de conhecimento científico, especificam em seus projectos determinados tipos de rochas, como a ardósia “envelhecida”, por exemplo. Este material é proveniente de camadas superficiais das jazidas e, por esta razão, sofreu intemperismo, de modo que a sua coloração foi parcialmente alterada, daí a cor ferruginosa.

Aqueles que conhecem as rochas sabem que as camadas superficiais das jazidas são, de maneira geral, as de menor durabilidade, pois já houve início do processo de degradação. Por conseguinte, se uma pedra desta camada for usada na construção, durará seguramente menos do que uma ainda não intemperizada, já que terá passado por uma fase do processo de degradação, mesmo antes de ter sido extraída.

Como a procura pela citada ardósia é elevada, e a oferta pequena, visto ser um material que só existe nas camadas superficiais das jazidas, o material semi-degradado custa mais do que o material são. Ocorre, pois, um facto similar ao das rochas flameadas e apicoadas. Alguns comerciantes sabem da pior qualidade do material, mas os arquitectos o recomendam, e seus clientes, por julgarem-no de aspecto agradável, desejam-no mesmo assim⁷⁵⁸. Logo, tais comerciantes vendem-no.

No texto atribuído ao engenheiro militar francês Cormontaigne⁷⁵⁹ (1695-1752), ao serem tecidas considerações acerca da qualidade dos materiais, foi recomendado que, nas especificações das construções, fossem indicadas as jazidas de onde deveriam ser retiradas as pedras, para que se utilizassem materiais reconhecidamente bons⁷⁶⁰. Esta é uma sugestão interessante, pois, apesar de saber-se que há diferenças entre as rochas, mesmo se provenientes do mesmo sítio, conhecendo-se, em linhas gerais, as características das pedras de uma determinada jazida, pode-se ter uma ideia do comportamento do material a ser dali extraído.

⁷⁵⁷ Curiosamente, em 1999, a Praça da Sé, no Centro Histórico de Salvador, foi reurbanizada, e o arquitecto responsável pelo projecto utilizou, em uma enorme área de piso, granito apicoado, sendo que o apicoamento foi feito após a pedra receber polimento, a pedido seu, por argumentar que ficava mais bonita. Só que isto também encareceu sobremodo a obra, feita com o dinheiro público, e o resultado foi muito semelhante àquele que se obteria com o simples apicoamento.

⁷⁵⁸ Informação dada pelo Sr. André Luiz Q. de Assis, gerente comercial de uma loja de pedras ornamentais, a Casa das Pedras, situada em Salvador (Bahia), por ocasião de uma palestra proferida aos estudantes da disciplina *Materiais de Construção III*, na Escola Politécnica da UFBA, em 1995.

⁷⁵⁹ Director das fortificações, inspector de fronteiras e marechal de campo.

⁷⁶⁰ [CORMONTAIGNE], *Architecture militaire*, Haia, Jean Neaulme et Adrien Moetjens, 1741. Parte I, Cap. XI, item XXI, p. 93.

Charles Etienne Briseux, outro autor setecentista, também mencionou as diferenças existentes entre os diversos tipos de rochas, e entre pedras retiradas da mesma jazida. Além disto, indicou que as pedras duras e compactas eram, geralmente, as melhores, mas que podiam existir pedras brandas superiores a elas em desempenho, daí recomendar a verificação empírica da qualidade de todo e qualquer tipo de pedra. Por fim, mencionou que a presença de argila fazia com que a pedra tivesse uma menor durabilidade⁷⁶¹. Pode-se, verificar, pois, que Briseux não fez mais do que concordar com o que outros tratadistas já haviam dito.

Diogo Vellozo enunciou as características que julgava convenientes às pedras e cuidados que se devia ter com elas, textualmente segundo Vitruvius. Ao tratar das construções de muralhas, por exemplo, mencionou a adequação de algumas pedras a determinados sítios, por resistirem melhor à humidade, e recomendou cuidado ao utilizar-se pedras com certa porção de saibro: além de entrarem em processo de degradação ao contacto com a água, também sofreriam com as geadas e neves⁷⁶².

Como o texto de Vellozo foi escrito em Pernambuco, o autor, ao fazer menção às características das pedras, conforme Vitruvius, o que era uma demonstração da sua cultura com respeito ao assunto, poderia ter feito uma ressalva a quando da referência às geadas e neves, dois agentes climáticos ausentes naquela região tropical. Principalmente quando informou que Vitruvius sugeria a colocação das pedras ao relento por dois anos, de modo a averiguar-se sua resistência às intempéries, através do congelamento.

A impressão que ficou foi que autor, apesar de ter feito ao longo do texto várias considerações interessantes, de carácter pessoal, limitou-se por vezes a reproduzir o que os livros antigos diziam, sem se preocupar com a sua aplicabilidade, ou não, ao sítio onde trabalhava. Ao menos, percebendo que tais recomendações não podiam ser generalizadas, poderia ter feito uma leitura crítica do texto vitruviano.

Por outro lado, Diogo Vellozo comentou que julgava desnecessário entrar em tantos pormenores acerca das rochas quanto fez Vitruvius, pois o importante era saber distinguir, no país, e mais especificamente no sítio em que se ia construir, quais os tipos de rochas disponíveis mais adequados⁷⁶³. De facto, de nada adianta conhecer especificamente muitos tipos de rochas e suas características se tais materiais não existem no país onde se vai construir. Porém o tratado de Vitruvius não pode ser recriminado por isto: no seu texto foram mencionadas as rochas conhecidas na região em que vivia, a actual Itália, dentro do Império Romano.

⁷⁶¹ BRISEUX, Charles Etienne, *L'art de bâtir des maisons de campagne*, Paris, Prault Pere, 1743. Cap. I, p. 35/36.

⁷⁶² VELLOZO, Diogo da Sylveyra, *Architectura militar*, Pernambuco, Cód. 49-III-3 (BA), 1743. Parte II, Cap. XXV, fls. 219v/220.

⁷⁶³ VELLOZO, Diogo da Sylveyra, *Architectura militar*, Pernambuco, Cód. 49-III-3 (BA), 1743. Parte II, Cap. XXV, fls. 219v.

O Conde de Espie, outro autor setecentista, ao dar indicações sobre a construção de abóbadas, informou que podiam ser feitas de pedra, caso não houvesse tijolos:

*"...mais comme il se trouve dans les pores de la pierre une certaine humidité qui la fait souvent fendre dans le tems [sic] des fortes gelées, ce qui seroit contraire à la voute, on évitera cet accident en faisant sécher toutes les petites pierres sciées à l'ardeau du Soleil ou dans les fours; cependant il ne paroît pas naturel que la gelée puisse causer aucun effet à cette petite pierre..."*⁷⁶⁴.

Ao que parece, o autor considerou que a água que congelava nos poros das pedras era proveniente apenas da humidade que a pedra naturalmente apresentava, e nunca da exposição à água das chuvas, infiltrações, vazamentos, nem de condensação. Com a solução proposta, apenas os eventuais problemas de base seriam resolvidos. Restava proteger o material contra a água oriunda destas outras fontes.

Ainda com relação à presença de água, constatou-se que Christiano Rieger informou existirem alguns tipos de pedras que libertavam água no Inverno, causando danos às construções⁷⁶⁵. Possivelmente, a libertação de água mencionada seria o resultado do processo da condensação, que na época não se sabia explicar, e que é danoso aos materiais de construção⁷⁶⁶. Logo, a água não seria proveniente da rocha em si, mas depositava-se na superfície, de modo que a impressão era que a rocha exsudava.

A informação acima foi a única novidade acrescentada por Rieger ao que os outros autores consultados tinham escrito sobre as rochas até então. Assim sendo, o texto funcionou basicamente como um agente difusor das ideias defendidas pelos peritos, como era prática corrente.

Outra forma de degradação das rochas abordada em vários textos antigos, mesmo que de maneira não muito correcta, foi o ataque pelo aerossol salino e/ou poluentes atmosféricos capazes de causar a degradação química. Mathias Ayres, por exemplo, disse o seguinte sobre o assunto, o que foi reafirmado por Negreiros, que também transcreveu a passagem:

"...no ar há hum acido verdadeiro; ou seja de qualidade nitroza, vitriolica⁷⁶⁷, ou de outra qualquer, sempre he certo que esse mesmo acido corróe, dissolve, penetra, e altera todas as pedras que não tem dureza capaz de lhe resistir. Os edificios, que estão nas vizinhanças do mar, ou de outras agoas correntes, ou paludosas, são os mais expostos; por isso se há de ver, que as pedras menos duras, de que os seus muros se compoem, facilmente contraem concavidades, perdendo primeiramente a

⁷⁶⁴ ESPIE, Comte d', *Maniere de rendre toutes sortes d'édifices incombustibles*, Paris, du Chesne, 1754. p. 37.

⁷⁶⁵ RIEGER, Christiano (Pe.), *Elementos de toda la architectura civil*, Madrid, Joachîn Ibarra, 1763. Parte IV, Cap. IV, p. 221.

⁷⁶⁶ Na realidade, a água, sob qualquer forma, o é.

⁷⁶⁷ Sulfúrica.

*união exterior das suas partes, ficando estas divisíveis, e como pulverulentas, e assim vão continuando até pela sucessão do tempo vem a ficar desfeitas todas as daquela qualidade. A vizinhança das agoas, enchem a atmosphaera vizinha da humidade dellas, e então o acido do ar tem um vehiculo continuo, e proprio que o conduz, e o faz como subsistente nos corpos em que tem acção*⁷⁶⁸.

No extracto acima, notam-se referências a processos conhecidos de ataque das rochas (ataque químico e ataque físico), porém de uma forma um pouco truncada: em condições normais, não existem ácidos na atmosfera, mas sim anidridos (sulfuroso, carbónico, nítrico). Tais anidridos, em contacto com a água⁷⁶⁹, transformam-se, então, em ácidos (sulfúrico, carbónico e nítrico, nomeadamente), que são os responsáveis pelo ataque químico da pedra⁷⁷⁰, principalmente as rochas carbonáticas. Por outro lado, o subproduto da degradação causada por estes agentes nocivos leva à formação de sais solúveis⁷⁷¹ que, através de cristalizações sucessivas dentro da porosidade do material, podem conduzir à escamação, além de manchas na superfície⁷⁷².

Caso a superfície que contém sais (sulfates, nitratos e cloretos⁷⁷³) esteja num sitio sujeito à acção dos ventos, o processo de cristalização é acelerado, de modo que esta superfície vai sendo corroída de maneira concoidal. A corrente de ar, deparando-se com estas zonas carcomidas, cria uma espécie de pequeno turbilhonamento. Este aumenta a evaporação/cristalização, como ensina Giorgio Torraca⁷⁷⁴ (séc. XX), o que propicia a formação de alvéolos cada vez maiores. O processo é conhecido como erosão alveolar, diferente do que acontece na oxidação dos metais ("*pit corrosion*") (il. 39 e 40).

Como forma de evitar que a rocha se degradasse devido ao "*ácido do ar*", Mathias Ayres aconselhou que a pedra fosse lavrada, no que foi repetido por Negreiros:

*"...porque este*⁷⁷⁵ *faz mais preza em huma superficie tosca, escamosa, e irregular, do que naquella cuja superficie tem regularidade, ou esta seja*

⁷⁶⁸ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. VII, p. 135/136 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 139.

⁷⁶⁹ Daí ter sido mencionado que os edificios em zonas próximas ao mar, rios ou pântanos eram os mais problemáticos.

⁷⁷⁰ OLIVEIRA, Mário Mendonça de, *Tecnologia da conservação e da restauração*, Salvador: MAU/PNUD-UNESCO, 1995. Parte I, Cap. III, p. 24.

⁷⁷¹ Outros iões presentes na atmosfera também combinam-se, formando sais, que igualmente auxiliam no processo de degradação das rochas.

⁷⁷² As eflorescências salinas apresentam-se na cor branca. Além disto, os sais, pelo seu carácter higroscópico, atraem água, causando manchas escuras temporárias.

⁷⁷³ Este último, proveniente do aerossol marinho.

⁷⁷⁴ TORRACA, Giorgio, *Porous building materials*, 2ª ed., Roma, ICCROM, 1982. Cap. II, p. 34/35.

⁷⁷⁵ O "*ácido do ar*".

*plana, convexa, ou concava: por isso na pedra polida nenhuma acção tem aquella acido, e passa pelo polimento sem fazer impressão nele*⁷⁷⁶.

Este processo é corroborado pelos actuais estudiosos da degradação dos materiais. Os italianos Lorenzo Lazzarini (geólogo, químico industrial e historiador da arte) e Marisa Laurenzi-Tabasso (química), por exemplo, ao analisarem os efeitos do acabamento dado a algumas pedras, concluíram que, ao menos no caso dos mármore e outras rochas compactas, o polimento consegue eliminar parcial, ou totalmente, as microfissuras eventualmente causadas na superfície por qualquer das etapas de produção do material⁷⁷⁷. Logo, ajuda a prevenir o material do ataque dos agentes nocivos da atmosfera.

Além do polimento, foram recomendados, em vários dos textos analisados, outros detalhes arquitectónicos capazes de auxiliar na conservação dos materiais, ou melhor, capazes de evitar a aceleração do seu processo de degradação. Como exemplo disso, cita-se uma informação obtida no texto de Tomaz Vicente Tosca, autor que, ao se referir à elaboração de uma coluna dórica, indicou como proceder-se para evitar o problema da degradação do material pela acção da água da seguinte forma:

*“...o mais importante hé que se a obra há de estar exposta a chuva tenha a coroa hu canal cavado e muito plano, para q' a agoa não passe dali ao friso, nem architrave, e se concerve [sic] a fabrica com mayor integridade [sic], e limpeza...”*⁷⁷⁸.

Em pleno ano 2000, infelizmente, muitos arquitectos deixaram de lado algumas indicações simples, e básicas, outrora vigentes. A parte correspondente ao detalhamento dos projectos é uma delas e, por conta disto, é frequente o número de esquadrias, peitoris, alvenarias e coberturas precocemente degradadas, por exemplo.

Outros comentários acerca da degradação das rochas foram observados nos textos investigados. Belidor, apesar de ser um profissional bastante conceituado na matemática e engenharia, no seu tempo, referiu-se às consequências negativas dos raios da Lua⁷⁷⁹, o que já havia sido mencionado por Plínio e Philibert de l'Orme. Conforme Belidor, os raios da Lua, sendo húmidos, levavam à degradação das rochas. No entanto, Belidor acreditava que a Terra, em sendo uma grande lua, deveria estar causando uma degradação enorme nas pedras lá em cima, o que em sua opinião era um consolo:

⁷⁷⁶ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. II, p. 24 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 138v.

⁷⁷⁷ LAZZARINI, Lorenzo, TABASSO, Marisa, *Il restauro della pietra*, Pádua, CEDAM, 1986. Cap. II, p. 32.

⁷⁷⁸ TOSCA, Tomaz Vicente, «De la architectura civil», *Compendio mathematico*, Madrid, Antonio Marin, 1727. t. V, Trat. XIV, L. I, Cap. III, Prop. IX, p. 59.

⁷⁷⁹ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. I, p. 2 – Nos parágrafos que antecederam as informações acerca da Lua ser responsável pela degradação das pedras, Belidor descreveu com grande exactidão o processo da “gelividade” (tensão da água congelada nos poros do material).

"Ce n'est seulement la gelée qui détruit la pierre, on croit que la Lune l'altere, ces qui peut arriver pour les pierres d'une certaine espece, dont les rayons de lune peuvent dissoudre les parties moins compactes: en ces cas on pourroit croire que ses rayons sont humides & que venant à s'introduire dans les pores de la pierre, ils sont cause de la séparation de ces parties, qui tombant insensiblement en parcelles, la fait paroître moulinée; il en sera au reste tout c'est que l'on voudra; mais ce qui me réjouit, c'est que si la Lune mange ou mouline les pierres, la Terre qui doit être une bien plus grande Lune, a bien sa revanche, & les pierres de la haut sans doute n'ont pas beau jeu"⁷⁸⁰.

Possivelmente, o pensamento de que as rochas se degradavam pela acção dos raios da Lua deve ter sido oriundo dos problemas por elas apresentados por causa das grandes oscilações de temperatura entre os dias e as noites, e até mesmo por causa do orvalho, obviamente não por causa de raios húmidos. A justificação dada por Belidor consiste apenas em mais uma prova de que o desconhecimento da realidade, tal qual como a consideramos hoje, devia-se à falta de meios científicos, naquela época, para se ratificar, ou eventualmente rectificar, os conceitos então correntes. Contudo, apesar de Belidor achar que a Lua "comia" as pedras, alguns anos antes da sua afirmação, já havia quem, acertadamente, considerasse o facto como absurdo, comentando jocosamente:

"Votre Lettre m'a fait rire; je crois que vous l'avez écrite dans ce dessein car vous avez trop bon esprit pour penser que la Lune mange les pierres. J'irois voir ce repas de la Lune, si je sçavois [sic] où elle le fait, & je voudrois biens avoir quelq'un des ses dents, car je ne doute pas qu'à force de manger des pierres, elle ne s'en soit cassé depuis le temps qu'elle mange des bâtimens. En verité il y a bien de l'idiotrie dans les Maçons qui debitent ces sottises"⁷⁸¹.

A justificação dada pelo autor do supracitado texto⁷⁸² para a degradação das rochas, atribuída por alguns à acção dos raios lunares, era esta:

"...la pluye, les humiditez & les broüillards s'étant attachez à ce bouzin, en ont dissous petit à petit les sels, qui l'avoient en quelque façon assimilé au corps de la pierre, & ces sels étant dissous, la partie de la terre à laquelle ils étoient inherens n'ayant plus de soutien est tombée peu à peu, & à mesure que ces sels se sont dissous; c'est pourquoy vous ne voyez pas perir tout à coup une pierre, sondez cette pierre jusques à son vif, c'est-à-dire jusques où la chaleur du Soleil a formé un corps stable, dur & inalterable à la pluye, vous ne pourrez plus en tirer cette espece de terre que vous tirez de cette partie que la Lune mange.

⁷⁸⁰ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L III, Cap. I, p. 2/3.

⁷⁸¹ [FREMIN], *Memoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702. p. 350/351.

⁷⁸² Atribuído a Michel de Fremin, este texto, originalmente, era anónimo.

*Si les tailleurs de pierre de concert avec les entrepreneurs ne lassoient point de ce bouzin & s'ils abbatoient de la pierre tout ce qui n'en est point digéré, la Lune par respect pour eux ne mangeroit pas leur ouvrage...*⁷⁸³.

Sobre a passagem acima pode-se, então, afirmar que:

- a) O contacto da pedra com a água obviamente dissolveria os sais solúveis eventualmente presentes na rocha. No entanto, o chamado “bouzin” poderia até conter sais, porém não obrigatoriamente seria composto unicamente por sais, e nem seriam tais sais os responsáveis pela sustentação da camada superficial da rocha, conforme indicado;
- b) Caso a pedra apresentasse o “bouzin”, a camada de material imediatamente sob o mesmo não seria estável, dura e resistente às águas das chuvas simplesmente por causa do calor do Sol. Entretanto, já foi comentado anteriormente que vários dos autores consultados no decorrer desta investigação acreditavam que a retirada da camada superficial das pedras (“bouzin”) aumentaria a sua durabilidade.

Em *Principii di architettura civile*, encontrou-se, com relação à degradação das pedras por acção da Lua, a seguinte informação:

*“I tagliatori delle cave dicono, che i raggi della Luna offendono le pietre più compatte. Per coprir l'ignoranza, o la malignità, si ricorre spesso alla Luna, che há da far tanto colle pietre e co'legni, quanto colle rape”*⁷⁸⁴.

Ou seja, o seu autor também não acreditava no ataque da Lua às pedras, e igualmente alegava que esta tinha sido a forma encontrada pelos operários para esconder o seu desconhecimento do que se passava com elas. Ou mesmo que, deliberadamente, assim procediam para ocultar os erros que haviam cometido, por ocasião da execução da obra.

Erros diversos, cometidos quando da escolha dos materiais, ou mesmo quando da execução da edificação, podem ainda ter contribuído para que certos autores pensassem que a Lua era a responsável pela sua degradação.

Aparentemente, a crença de que os raios da Lua eram nocivos às pedras teria perdurado até ao século XVIII. No entanto, de maneira curiosa, numa publicação do século XX, que não se refere especificamente a materiais de construção, ao mencionar a influência do satélite natural da Terra no movimento das marés e no corpo humano, encontrou-se também a seguinte afirmação:

*“Por outro lado, experiências feitas com muito rigor demonstraram o impacto direto de nosso satélite sobre a composição química de certos corpos, cuja estrutura molecular pode ser modificada segundo sejam eles expostos ou não à luz lunar”*⁷⁸⁵.

⁷⁸³ [FREMINE], *Memoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702. p. 351.

⁷⁸⁴ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Cap. I, p.17.

⁷⁸⁵ AUBIER, Catherine, *Tigre*, trad. de Eliani Fitipaldi Pereira, São Paulo, Pensamento, s.d. p. 8.

Apesar das afirmações que fez, Catherine Aubier (séc. XX), autora do texto, não detalhou as tais experiências rigorosas que teriam sido realizadas, não informou como seria a alteração sofrida na estrutura molecular dos corpos, nem quais os corpos que a sofreriam. Não indicou tampouco a referência bibliográfica de onde teria sido retirada a informação. Se, no corrente século, ainda há quem pense numa alteração química dos corpos por acção da Lua, o que efectivamente não ocorre, no século XVIII, quando as ciências ainda não estavam desenvolvidas, este pensamento deveria ser ainda mais frequente.

Entretanto, a Lua tem alguma influência na quantidade de seiva presente nas árvores e é responsável por certas alterações de comportamento nos seres vivos, de maneira geral, de modo que a afirmação constante do texto atribuível a Milizia não estava de todo correcta.

3.6.2 – Testes práticos para a verificação da durabilidade das rochas

Vários foram os testes práticos recomendados ao longo dos séculos para comprovar se um determinado tipo de rocha era durável e, por conseguinte, adequado à utilização como material de construção. Como já se viu, Vitruvius foi o primeiro a sugerir, por exemplo, a colocação da pedra ao ar livre por um determinado período, de modo a observar-se o seu comportamento às intempéries, ensinamento que foi bem aceite, e amplamente divulgado.

Para a constatação da durabilidade, ou não, de uma determinada rocha, Cataneo também seguiu os preceitos vitruvianos. No entanto, acrescentou que a rocha deveria ser colocada em terreno húmido⁷⁸⁶, recomendação seguida também com frequência até ao século XVIII. A colocação em terreno húmido possivelmente propiciava uma avaliação mais rápida do comportamento do material, em locais de clima rigoroso. Funcionaria à semelhança dos ensaios de envelhecimento acelerado com soluções de sal, de gelo-degelo ou de câmara de envelhecimento acelerado, feitos actualmente em laboratório, que servem para simular condições reais.

Quanto ao fenómeno que ocorreria nas pedras por ocasião do congelamento da água nos seus poros, Belidor deu uma explicação perfeitamente correcta: o aumento de volume da água dentro da porosidade da pedra, decorrente da sua solidificação, causaria a ruptura da mesma, caso ela não fosse resistente⁷⁸⁷.

Como solução alternativa, caso fosse necessário o uso de alguma pedra sem que houvesse a possibilidade de aguardar pelo Inverno, Belidor

⁷⁸⁶ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. III, fls. 28v.

⁷⁸⁷ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. I, p. 2 – “Dans l'assemblage des parties qui composent la pierre, il y a des pores imperceptibles remplis d'eau & d'humidité, qui venant a s'enfler dans le tems [sic] de gelées, fait effort dans ces pores pour occuper en plus grand espace que celui où elle est referée, & la pierre ne pouvant résister à cet effort, se fend & tombe en destruction; ainsi plus la pierre est composée de parties argilleuses & grasses, & plus elle doit participer de l'humidité, & par consequent être sujette à la gelée”.

recomendou que, pelo menos, se esperasse até ao final da Primavera: desta forma, o período inteiro do Verão teria sido suficiente para a secagem da água remanescente no interior dos poros da pedra, o que seguramente, na sua opinião, iria propiciar-lhe condições mais adequadas para que ela resistisse às intempéries.

A realização do teste prático para a verificação da durabilidade das rochas às intempéries foi também corroborada por muitos outros autores. Dentre os mesmos citam-se, como exemplo, Rieger⁷⁸⁸, Sanvitali⁷⁸⁹ e Briseux⁷⁹⁰.

Sanvitali ensinou, ainda, uma outra maneira simples de verificar a durabilidade da rocha, que consistia na imersão de um fragmento em água, observando-se o acontecido com o material:

*"...versata l'acqua si troverà la pietra di maggior peso, allora facilmente verrà offesa dall'umido, il che dimostra avere i pori rilasciati, e penetrabili dall'umore"*⁷⁹¹.

Com relação ao último aspecto, este autor concordou com o que foi dito por Alberti, repetido por Barbaro e por Mattheus do Couto, o que é perfeitamente válido para determinado tamanho de poro⁷⁹². Estes quatro autores, assim como Rieger, recomendaram ainda testes práticos para verificação da resistência das pedras às cargas, assim como para constatação da sua dureza⁷⁹³.

No texto atribuível a Milizia, foi encontrada ainda a descrição de outros testes práticos⁷⁹⁴, praticamente todos já sugeridos por Alberti⁷⁹⁵, tendo sido repetidos inclusive por outros autores. A título de ilustração, cita-se Mattheus do Couto⁷⁹⁶ e Sanvitali⁷⁹⁷.

Com relação específica às ardósias empregues em coberturas, foi indicado ainda no livro *Principii di architettura civile*, para a verificação da sua qualidade, o teste prático da percussão, a verificação ao tacto (se duras e ásperas), a

⁷⁸⁸ RIEGER, Christiano (Pe.), *Elementos de toda la architectura civil*, Madrid, Joachin Ibarra, 1763. Parte IV, Cap. I, p. 221.

⁷⁸⁹ SANVITALI, Federico (Pe.), *Elementi di architettura civile*, Brescia, Giammaria Rizzardi, 1745. Parte I, Cap. I, Prop. V, p. 16/17 – No caso, este autor indicou dois ou três anos.

⁷⁹⁰ BRISEUX, Charles Etienne, *L'art de bâtir des maisons de campagne*, Paris, Prault Pere, 1743. Cap. I, p. 36.

⁷⁹¹ SANVITALI, Federico (Pe.), *Elementi di architettura civile*, Brescia, Giammaria Rizzardi, 1745. Parte I, Cap. I, Prop. V, p. 15/16.

⁷⁹² O travertino, por exemplo, rocha muito utilizada ao menos desde o Império Romano, na Itália, apresenta porosidade aberta visível a olho nu, e mesmo assim é um material resistente, pois o tamanho dos seus poros é superior àqueles da faixa problemática.

⁷⁹³ RIEGER, Christiano (Pe.), *Elementos de toda la architectura civil*, Madrid, Joachin Ibarra, 1763. Parte IV, Cap. I, p. 221.

⁷⁹⁴ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Cap. I, p. 16.

⁷⁹⁵ Ver item 3.3.2.

⁷⁹⁶ COUTO, Mattheus do (o Velho), *Tractado de architectura*, [Lisboa], Cód. F. 7752 (BNL), 1631. L. IV, Cap. I, p. 72 – "...toda a pedra que lansada [sic] na agoa, e depois tirada, e se achar mais pezada [sic] q' d'antes q' a lansasem [sic], durará menos. E aquella q' no fogo se fizer em pedacinhos pequenos a gastará e [sofrerá a]o sol mais depressa que as outras".

⁷⁹⁷ SANVITALI, F. (Pe.), *Elementi di architettura civile*, 1745. Parte I, Cap. I, Prop. V, p. 15/16.

observação do tipo de ruptura ao corte (deviam romper em pequenos pedaços) e a capacidade de absorção de água⁷⁹⁸.

O conhecimento de todas estas características dos materiais é realmente de grande valia na execução de uma obra de boa qualidade, e os testes práticos foram, e ainda são, em linhas gerais, úteis neste sentido.

Outra opinião directamente ligada à durabilidade da edificação, igualmente defendida em *Principii di architettura civile*, mas que também consistiu na repetição de uma informação dada por outros autores, foi que as pedras, se assentadas conforme seu leito, resistiriam mais às cargas⁷⁹⁹.

A observação da posição do material no momento do assentamento de facto colabora com a durabilidade da construção. Se este ponto não é levado em consideração, as pedras são submetidas a tensões que podem conduzir ao seu rompimento, comprometendo a obra.

Até os engenheiros militares analisavam sob o aspecto prático os materiais de construção, por ocasião da escolha daqueles a serem empregues na obra⁸⁰⁰. Belidor, por exemplo, na primeira metade do século XVIII, concluiu que uma pedra boa era bem compacta, de coloração uniforme, sem veios, com grãos finos e unidos, que se partisse em estilhaços de uma só vez, e produzisse qualquer som⁸⁰¹. Constatações simples, feitas com base na observação ou através de pequenos testes, mas em linhas gerais também correctas.

Ainda com relação à durabilidade do material, Belidor informou que não fossem empregues nas construções pedras gordas que parecessem carcomidas e se escamassem muito facilmente, reduzindo-se a lâmina quando submetidas a marteladas⁸⁰². Mais uma vez, através de um teste prático, um autor demonstrou como os materiais podiam ser empiricamente classificados como inadequados à boa construção. Avaliações similares podem, inclusive, ser feitas num estaleiro, actualmente, pelos próprios operários.

Estas foram as maneiras corriqueiras de avaliação da qualidade das rochas encontradas nos textos anteriores ao século XIX analisados, que devem ter sido bastante úteis para auxiliar na classificação do material, numa época em que não existiam ainda ensaios laboratoriais nem equipamentos sofisticados para aquilatá-las.

⁷⁹⁸ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Cap. I, p. 15 a 17.

⁷⁹⁹ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Cap. I, p. 18.

⁸⁰⁰ Não apenas as pedras, mas a grande maioria dos materiais.

⁸⁰¹ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. I, p. 3.

⁸⁰² BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. I, p. 3.

3.6.3 – Selecção

Como exemplos dos tipos de cuidados recomendados, nos textos consultados, para direccionar a escolha adequada das pedras de construção, foram destacadas algumas indicações, ora comentadas.

Philibert de l'Orme chamou a atenção para o facto da existência de tipos diferentes de rochas, conforme o sítio onde as mesmas se localizavam, e para a necessidade do conhecimento da correcta forma do seu uso por parte dos operários e arquitectos⁸⁰³, o que outros tratadistas, ao longo de todo o período estudado, também fizeram. Entretanto, isto é por vezes, ainda hoje, ignorado.

D'Aviler, assim como Mattheus do Couto, não recomendou o uso de rochas com muitas conchas – o que sabidamente lhes conferiria menor resistência. Esse autor também concordou com a opinião de que as pedras mais compactas eram as mais duras⁸⁰⁴, o que, via de regra, também é correcto⁸⁰⁵. Logo, deveriam ser as escolhidas.

Com relação a cuidados específicos com o pórfiro, Vasari opinou deste modo:

“...bisogna a chi lo lavora avvertire se ha havuto il fuoco: perchioche quando l'há havuto, se bene non perde in tutto il color' ne si disfa, manca non di meno pure assai di quella vivezza, che è a sua propria, & non piglia mai cosi bene il pulimento, come quando non l'há avuto, & che è peggio, quello che há havuto il fuoco si schianta facilmente quando si lavora”⁸⁰⁶.

O calor é responsável pela dilatação das rochas, e pode causar, além do aparecimento de fissuras e microfissuras⁸⁰⁷, a ruptura do material. Causa, também, a perda do brilho. A presença das fissuras e microfissuras dificulta o polimento, o que implica na exactidão da informação dada, que é verdadeira, inclusive, para outros tipos de rocha, e não apenas o pórfiro, como indicou Vasari.

Zanini sugeriu o uso das pedras moles, tendo recomendado que fossem empregues em áreas cobertas, como sugerido por Vitruvius⁸⁰⁸:

“...che oltra [sic] il mantenimento della pietra, sarà ancora quel del colore, che sarà più bella alla vista, percioche quanto più le pietre sono tenere, tanto più diventano nere, e brutte da vedere, essendo al scoperto;

⁸⁰³ DE L'ORME, Philibert, *Le premier tome de l'architecture* (Paris, Frederic Morel, 1567), fac-símile, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XIII, fls. 26.

⁸⁰⁴ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, 3ª ed., Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, p. 202/203.

⁸⁰⁵ O travertino, por exemplo, pode ser considerado sob este aspecto como uma excepção: é uma rocha menos compacta do que um arenito de cimentação calcífera, e é mais resistente do que ele.

⁸⁰⁶ VASARI, Giorgio, *Le vite de'piu eccelenti pittori, scultori, e architettori*, 3ª ed. (rev. e ampliada pelo próprio autor), Florença, i Giunti, 1568. Parte I, p. 12.

⁸⁰⁷ O que é pior, pois estas podem passar despercebidas quando da escolha da pedra, só se tomando visíveis após o seu uso na construção.

⁸⁰⁸ ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, 2ª impr., Pádua, Giacomo Cadorino, 1677. L. I, Cap. VII, p. 39-41.

*& quanto più sono dure, mantengono il colore, & nelle opere d'Architettura,
& statue sono di bella veduta*⁸⁰⁹.

É, realmente, indicado que as pedras moles sejam utilizadas em interiores, pelo facto de sofrerem, na maioria dos casos, processo de degradação geralmente mais acentuado do que as duras, caso usadas externamente. Até mesmo pedras duras, quando expostas a ambientes poluídos – o que ocorre em inúmeras áreas do globo, hoje em dia – podem sofrer processos muito rápidos de degradação, de modo que, por exemplo, uma pedra mole utilizada externamente, em ambiente são, pode eventualmente ter maior durabilidade do que uma pedra dura, usada num sítio sujeito à poluição.

Negreiros, ao abordar a questão da selecção de material, propôs que se devia ter cuidado com a escolha das pedras a serem usadas em determinadas circunstâncias. Na confecção de uma parede ao redor de fornos de cal, por exemplo, recriminou o uso de lioz e de barro branco. Isto porque a pedra seria calcinada por ocasião da queima, e o barro se pulverizaria, misturando-se com a cal, o que, na sua opinião, propiciaria um material de menor qualidade, que terminaria por causar danos às construções⁸¹⁰.

O uso de pedra calcária em fornos é, de facto, totalmente condenável. Quanto à mistura de barro com cal, a depender da quantidade, poderia até ser interessante, pois poderia conferir ao material certa hidráulidade. Contudo, como não se teria condições de controlar o volume de barro acrescentado à matéria-prima, assim como não se teria uma mistura homogénea, a afirmativa de Negreiros também tinha cabimento.

Praticamente todos os escritores de arquitectura anteriores ao século XIX mencionaram a existência de pedras de tipos diferentes, de região para região, e de pedras que apresentavam comportamento diversos a depender do sítio onde eram utilizadas. Ambas as considerações são correctas, porém, infelizmente, são ignoradas por muitos dos profissionais de hoje. Na realidade, é muito importante que se tenha o cuidado de, ao empregar determinado tipo de rocha, conhecer *a priori* as suas características e o seu comportamento, de modo a poder fazer uma selecção adequada do sítio a usá-las, para que a sua durabilidade não seja comprometida desde o início da obra.

No texto de d'Aviler pode-se, também, verificar a preocupação do autor com o sítio onde se devia empregar uma determinada rocha, na medida em que, como indicou, o material poderia apresentar comportamentos diversos de acordo com a situação em que era utilizado⁸¹¹.

As pedras, actualmente, são muitas vezes empregues de maneira indiscriminada em todas as partes das construções, o que termina por causar

⁸⁰⁹ ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, 2ª impr., Pádua, Giacomo Cadorino, 1677. L. I, Cap. IX, p. 49.

⁸¹⁰ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 143v.

⁸¹¹ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, 3ª ed., Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, p. 207/208.

prejuízos à obra, ou um aspecto desolador, depois de algum tempo. A título de ilustração, cita-se o uso do *Blue Bahia*⁸¹², rocha de grande beleza e raridade⁸¹³, e por esta razão de alto preço, que se presta muito bem para uso em interiores, se não sujeita a agentes agressivos⁸¹⁴, porém é muito alterável quando aplicada em exteriores.

Em São Paulo e no Rio de Janeiro (Brasil), tal rocha foi utilizada erroneamente no revestimento de fachadas de uma determinada rede de agências bancárias, degradando-se muito rapidamente. Em Salvador, foi recentemente empregue no pedestal do busto do Almirante Tamandaré, patrono da Marinha brasileira, numa área pública descoberta (il. 1). Caso não tenha sido dado um tratamento adequado ao material, de modo a protegê-lo das intempéries, sua durabilidade será pequena, principalmente pelo facto do busto estar implantado em frente ao mar.

No texto de Nicolas-François Blondel, que não trata especificamente de materiais, mas de proporção e desenho, encontrou-se, juntamente com as informações dadas para direccionar a construção de pontes, a seguinte passagem acerca das pedras:

“...les pierres des piles, & particulièrement celles qui sont vers la surface de l'eau, doivent estre [sic] les plus longues, les plus dures & les plus fortes que l'on puisse trouver, de hauteur & de grosseur proportionnée; & sur tout [sic] bien assemblées, enclavées & cramponées ensemble avec des liens & harpons de fer ou de bronze, pour rendre l'ouvrage de longue durée”⁸¹⁵.

Foi recomendado, no texto de François Blondel, que se tivesse cuidado com a escolha das pedras a serem utilizadas nos pilares das pontes, porém constatou-se que este autor não fez menção à questão da porosidade das pedras, e indicou, de maneira equivocada, o uso de grampos de ferro para a travacção das mesmas.

Hoje, praticamente não são mais utilizados grampos metálicos na fixação de blocos de pedra. Porém ainda são eventualmente usados elementos metálicos com a função de fixar pedras de revestimento em fachadas. O uso de ferro com esta finalidade, no entanto, não é indicado, porque esse material sofre muito facilmente um processo de oxidação, que ocorre especialmente quando os elementos construtivos estão sujeitos a contacto constante com a água,

⁸¹²AZEVEDO, Hélio C. A. de, COSTA, Paulo Henrique de O. (coord.), *Catálogo de rochas ornamentais da Bahia-Brasil*, Salvador, Gov. do Estado da Bahia/SIC/SGM, 1994 – Classificado petrograficamente como sodalite-sienito, o granitóide comercializado sob o nome de *Blue Bahia* apresenta a seguinte composição mineralógica: microclina (50%), sodalite (30%), cancrinite (10%), plagioclase (5%), aegirina (2%), opacos (2%), biotite tr.

⁸¹³As únicas jazidas exploradas comercialmente até hoje, mundialmente, acham-se no sul do estado da Bahia e, além disto, sabe-se da existência de outras apenas na África do Sul.

⁸¹⁴Esta rocha, se aplicada numa casa de banho, por exemplo, quando limpa com produtos agressivos, ou então se, ainda na fase da obra, for colocada em contacto com algum material nocivo para a remoção de resíduos de argamassa, perde por completo o brilho, o que lhe reduz em parte a beleza.

⁸¹⁵BLONDEL, François, *Cours d'architecture enseigné dans l'Academie Royale d'Architecture*, Paris, F. Blondel, 1698. Parte V, L. I, Cap. V, p. 642.

como acontece numa fachada. Isto porque a água pode penetrar através das juntas, normalmente preenchidas com material poroso, ou pela própria porosidade das pedras, gerando o problema.

A oxidação do ferro no interior de um material poroso, além de levar ao aparecimento de manchas na superfície pela migração de sais ferrosos através da porosidade da rocha, pode ocasionar a sua fissuração e até mesmo ruptura. Isto ocorre por causa do aumento do volume original da peça metálica utilizada (il. 41).

Para evitar estes tipos de problemas, pode-se utilizar o ferro estanhado⁸¹⁶, o bronze, o latão⁸¹⁷ ou até mesmo o aço inoxidável, solução esta mais cara, daí ser frequentemente rejeitada. No restauro das estátuas da ilha de Páscoa, no entanto, algumas das cabeças dos moais foram presas aos respectivos corpos com grampos de aço e resina epóxi⁸¹⁸. O custo da intervenção seguramente foi elevado, porém é directamente proporcional à durabilidade da obra e à preservação de bem cultural de enorme valor.

3.6.4 – Assentamento

É frequente verificar-se, nos textos a partir do século XVII, dados interessantes acerca do assentamento das pedras, para o que, inclusive, já se chamou atenção. Por exemplo, isto é notado no mais antigo tratado de arquitectura escrito no Brasil até hoje descoberto⁸¹⁹.

Seu autor, o frei beneditino português Bernardo de São Bento (1624-1693), responsável pela construção do mosteiro de São Bento do Rio de Janeiro. Escreveu, dezasseis anos após a conclusão das obras daquele monastério, as suas *Declaraçoens de obras*, texto que, apesar de ter visado apenas registar como foram realizados os trabalhos, fornece uma ideia dos materiais e procedimentos construtivos adoptados no Brasil de então.

Em nota existente no supracitado texto, observou-se que ainda não eram conhecidas rochas de boa qualidade no Rio de Janeiro, facto que foi ratificado pelo Conselho Ultramarino, em meados do século seguinte⁸²⁰. Porém também foi verificado que já se tinha ideia, conforme esperado, tanto dos cuidados que

⁸¹⁶ MENICALI, Umberto, *I materiali dell'edilizia storica*, vol. III, Roma, La Nuova Italia Scientifica, 1992. Cap. I, p. 42.

⁸¹⁷ O latão e o bronze, por serem ligas de cobre, também levam ao aparecimento de manchas se exposto às intempéries, porém numa velocidade muito inferior ao ferro. No caso do seu uso na fixação de pedras em fachadas, como são protegidos, praticamente inexistente esse problema, daí a sua recomendação.

⁸¹⁸ SAWADA, M. et al, *Re-construction of moai stone statues in the Easter island*, texto apresentado no Congresso de Berlim, 1996 (policopiado) – Este texto não consta das actas. Foi distribuído aos presentes durante o congresso.

⁸¹⁹ SÃO BENTO, Bernardo de (Frei), *Declaraçoens de obras*, Rio de Janeiro, 1684.

⁸²⁰ AHU, CA, Rio de Janeiro, Doc. n.º 18039, 20/Mar/1752, p. 8. *Consulta ao Conselho Ultramarino, sobre a informação que enviara o Gov. do R.J. ácerca da insuficiencia da alfandega d'aquella cidade e a necessidade de construir um novo edificio para a sua installação* – Foi informado que as pedras deveriam ir de Portugal para o Brasil, "não so porque a pedra do Rio de Janeiro não he capás de obra de lancil, mas porque lavrada naquella cidade custaria por preço mais que dobrado".

deviam ser tomados quanto ao assentamento das pedras, quanto dos efeitos das intempéries na durabilidade dos materiais:

“Os mestres pedreiros, (nesta terra, onde a pedraria naó he taó boa como a do reino, por ser mais quebradiça e entrelaçada, com veias superficiais, e mal unidas) devem fazer toda a diligencia posivel para que a cantaria seja lavrada de sorte, que as tais veyas, e fios de seus entrecascos, naó fiquem para a parte, onde a pedra aja de fazer mais força, ou resistencia. E pondo se a parte que aja de ficar descuberta, naó fiquem para a parte de cima; porq a chuva, e sol bastam para a penetrar, abrir, e desfazer. Como aqui tem sucedido a muitas soleiras, e ombreiras de portas, e janelas. E asi se devem lavar da sorte, que depois de asentadas, lhe fiquem as tais veyas, e entrecascos, deitados, e naó ao alto: e se forem peças de arcos fiquem correndo com os seos leitos, e naó pela sua cabeça, porq correndo com os seos leitos apertam-se e seguram-se com o pezo, e força do arco, e sendo pela sua cabeça, estalaó, e saltaó fora; como aqui estaó alguns”⁸²¹.

Muito provavelmente a pedra à qual esse autor se referiu foi o gnaisse típico do Rio de Janeiro, que costuma sofrer escamação quando é usado no exterior das edificações (il. 42). Apesar do gnaisse ser, de maneira geral, um material duro, os veios escuros nas suas bandagens, originários de uma grande concentração de mica, têm demonstrado constituir-se num elo fraco na resistência ao intemperismo local.

Quanto à posição do leito da pedra por ocasião do assentamento, pode-se verificar que, no caso, foram seguidas as recomendações de Philibert de l’Orme, ratificadas no texto atribuível a Milizia.

No verbete *“Lit d’une pierre”*, do dicionário de Félibien, por exemplo, encontrou-se a seguinte definição sobre *leito*, assim como a indicação da posição que o autor julgava adequada para o assentamento:

“...ont dit qu’elles⁸²² ont deux lits, celuy de dessus & celuy de dessous. Les lits de dessous sont plus dures que ceux de dessus; c’est pourquoy il faut renverser les pierres, & mettre le lit le plus dur dessus, lorsqu’on les employ à découvert, comme pour couvrir des terrasses, & pour faire des dalles”⁸²³.

Nesta citação, notou-se que Félibien, ao invés de recomendar, como era comum, que a pedra fosse assentada conforme o seu leito, indicou seu assentamento com a parte superior voltada para baixo. Isto porque este autor defendia que quanto mais profunda se encontrasse a rocha, na jazida, mais resistente seria. No entanto, em contradição com o que disse Félibien, outros

⁸²¹ SILVA-NIGRA, Clemente da (D.), *Fr. Bernardo de São Bento*, Salvador, Tipografia Beneditina, 1950 – Esta nota está nas páginas 79 e 80, que correspondem às folhas 21 e 22, da versão original do tratado, e refere-se ao item 67.

⁸²² As pedras.

⁸²³ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l’architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve et Jean Baptiste Coignard Fils, 1699. p. 448.

autores, como Belidor e J. F. Blondel, indicaram o assentamento das pedras segundo a mesma posição em que se encontravam nas pedreiras.

Belidor, inclusive, frisou que a boa durabilidade da obra dependia não apenas do saber escolher bem o material, mas também do seu uso correcto, que deveria ser feito conforme o leito. Somente desta maneira a pedra seria capaz de suportar o maior peso possível. Neste sentido é que indicou o controle do trabalho dos operários, pois apesar de saberem reconhecer o leito das rochas, geralmente não se preocupavam com a posição do material na hora da construção⁸²⁴.

J. F. Blondel também concordou com a necessidade do controle do trabalho operário e com o uso das pedras conforme o sentido do seu leito:

“...car selon cette situation elles sont capables de résister à de plus grand fardeaux, au-lieu que posées sur un autre sens, elles sont très sujettes à s’éclater & n’ont pas à beaucoup près tant de force. Les bons ouvriers connoissent d’un coup d’œil le lit d’une pierre, mais si l’on n’y prend gard, ils ne s’assujettissent pas toujours à la poser dans son sens nature”⁸²⁵.

A necessidade do controle da execução da obra, de maneira geral, é bastante frequente ainda hoje na construção actual, e mais especificamente nas intervenções de conservação e restauro, porque é comum, mesmo conhecendo a forma correcta de agir, que os operários optem pela maneira mais fácil e menos fatigante de finalizar o serviço. Facto similar ocorre quando a obra possui carácter político, por exemplo, e segue prazos normalmente curtos: nestas circunstâncias, é muito frequente a não observação das mínimas condições para a execução dos trabalhos, assim como o uso de materiais e técnicas de construção inadequados. Todos estes factores concorrem, pois, para uma menor durabilidade da construção.

Realmente, a parte superior de uma rocha, mais susceptível à acção das intempéries, normalmente apresenta-se mais degradada do que aquela que se encontra em camadas mais profundas. Porém, após extraída a pedra, é impossível saber qual seria, originalmente, o lado de cima, e qual o de baixo, na jazida. Além do mais, devido ao tamanho, de certo modo reduzido, das pedras usadas na construção, este factor não tem importância. Há, sim, diferenças caso a pedra seja assentada no mesmo sentido do leito (quer de face voltada para cima ou para baixo) ou perpendicular a este. Tanto, que actualmente, ao se submeter as rochas a ensaios laboratoriais, visando verificar a sua resistência à compressão, os provetes são ensaiados nestes dois sentidos.

⁸²⁴ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. I, p. 3.

⁸²⁵ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d’architecture*, Paris, Desaint, 1771. vol. VII, t. V, L. III, Parte I, Cap. I, Art. VIII, p. 140.

3.6.5 – Obturação (ou reintegração de lacunas)

A única referência encontrada sobre obturação de pedras consta do texto de André Félibien. Este autor reportou-se à obturação de eventuais orifícios existentes em estátuas de pedras com gesso misturado ao pó da mesma pedra da qual a estátua era feita, e informou que com este material os pequenos orifícios e defeitos existentes na superfície seriam reparados. Esta metodologia só deveria ser adoptada, obviamente, quando a pedra utilizada apresentasse irregularidades na superfície, o que não ocorria, por exemplo, na pedra de Tonnerre, conforme especificou⁸²⁶.

Actualmente, as obturações por estucagem são utilizadas, tanto em obras de conservação e restauro (quando as lacunas não são de grandes dimensões), quanto no caso de construções actuais (quando a superfície da pedra apresenta muitos orifícios). No caso do restauro e da conservação, o material aglutinante empregue é uma resina, em geral de base acrílica, polímero que se presta bem à acção da radiação ultravioleta sem alteração de propriedades ou de cor, que pode variar no tipo (il. 43), a depender do facto da pedra obturada estar exposta, ou não, à radiação solar⁸²⁷. No entanto, há situações em que, ainda hoje, infelizmente, pode ser constatado o uso de material espúrio⁸²⁸ nas obturações, mesmo quando a obra conservada/ restaurada é um importante monumento (il. 44 e 45).

Por vezes, em construções actuais, ocorre que rochas que necessitam de obturações⁸²⁹ são utilizadas em determinados locais inadequados, e começam a apresentar problemas com relativa rapidez. Tal é o caso, por exemplo, do "travertino" baiano⁸³⁰. Empregue em casas de banho, facto relativamente costumeiro, na Bahia, a alcalinidade dos sabonetes, e/ou acidez (ou alcalinidade) dos produtos normalmente utilizados em sua limpeza, conduzem à destruição ou escurecimento do material usado nas inúmeras obturações (il. 46).

⁸²⁶ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve et Jean Baptiste Coignard Fils, 1699. Cap. IV, p. 228.

⁸²⁷ A resina deve conter um filtro ultravioleta, no caso de ser empregue em obras sujeitas à radiação solar, ou ser a ela resistente, como as acrílicas. No Brasil, por exemplo, usa-se com a finalidade de proteger o material lapídeo da acção dos raios ultravioletas um produto denominado Tinuvin.

⁸²⁸ Cimento, por exemplo.

⁸²⁹ Tendo em vista a porosidade aberta que apresentam.

⁸³⁰ AZEVEDO, Hélio C. A. de, COSTA, Paulo Henrique de O. (coord.), *Catálogo de rochas ornamentais da Bahia-Brasil*, Salvador, Gov. do Estado da Bahia/SIC/SGM, 1994 – *Bege Bahia* ou *Marta Rocha*. Na realidade, este material não é verdadeiramente um travertino, mas sim um calcário brechado.

4 – ARGAMASSAS

4.1 – GENERALIDADES

Ao tratar do tema das argamassas⁸³¹, em uma tentativa de analisar o ponto de vista de antigos tratadistas e demais autores que escreveram sobre o assunto, a definição ora adoptada não é a que, em dias actuais, é mais correntemente utilizada nos livros específicos sobre materiais de construção, ou nas obras. Isto porque tal definição é restritiva, incompleta, desde quando afirma que argamassa consiste em uma mistura de agregado miúdo, aglomerante e água. Alerta-se, entretanto, para o facto de que definições com estas características não são recentes.

No texto de Mathias Ayres, autor setecentista, era recriminado o uso de qualquer material diferente de areia e cal nas argamassas⁸³². Nem é necessário mencionar a radicalidade desta afirmação, que entra em contradição com muitas das opiniões da época, haja visto que nem sempre as argamassas eram assim constituídas: pelo contrário, segundo consta da bibliografia consultada, era bastante frequente o emprego de outros ingredientes, como, por exemplo, pozolana, material cerâmico pulverizado, limalha de ferro, óleo, cinzas de Tournai⁸³³. Em estudos realizados no século passado, J. da P. Castanheira das Neves indicou que, além de argamassas simplesmente feitas com cal e areia, entravam outros ingredientes nas misturas, tais como borra de ferro, pó de tijolo, *massapez*⁸³⁴, cinza de carvão⁸³⁵.

Verificou-se, por exemplo, que Belidor, no seu *Dictionnaire portatif de l'ingénieur*, concordou com Félibien, pois a definição de argamassa dada por ambos foi a mesma:

"Mortier. C'est un composé de chaux & de sable, ou de chaux & de ciment"⁸³⁶, pour liasonner les pierres. On dit que le mortier est gras, lorsqu'il y a beaucoup de chaux"⁸³⁷.

Tal definição é, como já dito, restritiva, pois através dela percebe-se que apenas o material composto por areia, cal ou pó de material cerâmico, e unicamente com a função de unir pedras, era considerado como argamassa. Entretanto, é a mesma definição encontrada no texto de André Félibien⁸³⁸. É mais completa, no entanto, do que a de Mathias Ayres.

Já que Félibien e Belidor especificaram que as argamassas serviam apenas para ligar pedras, que denominação receberia, então, o material usado para ligar tijolos e

⁸³¹ Termo originário do latim "arenatum".

⁸³² EÇA, Mathias A. R. da Silva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte II, Cap. X, p. 148/149.

⁸³³ Informações específicas sobre este componente serão dadas no capítulo 7.

⁸³⁴ Ver no item 7.1 algumas considerações acerca do significado do termo em Portugal, que é diferente daquele no Brasil.

⁸³⁵ CASTANHEIRA DAS NEVES, J. da P., «Memoria sobre as investigações experimentaes e ensaios de resistencia dos materiaes de construcção», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Nov./Dez. 1893, t. XXIV, p. 497-522. p. 501.

⁸³⁶ Pó de material cerâmico.

⁸³⁷ BELIDOR, Bernard Forest de, *Dictionnaire portatif de l'ingenieur*, Paris, Charles-Antoine Jombert, 1755. p. 193.

⁸³⁸ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve & Jean Baptiste Coignard fils, 1699. p. 466.

adobes? E que dizer da inclusão de pozolana ou gesso, ao invés de cal, citados com frequência por outros autores? E do uso de terraços fluviais do Baixo Reno, sugerido pelo próprio Belidor, no mesmo livro⁸³⁹?

Encontrou-se, ainda, em um dicionário técnico de finais do século XIX, a seguinte informação acerca das argamassas:

“...quando são ordinárias, preparam-se com a cal grossa, misturando-lhe mais ou menos areia. Chama-se «argamassa» gorda quando a cal é em muito mais quantidade do que a areia, e «argamassa» magra quando a cal não é suficiente para bem ligar”⁸⁴⁰.

Notou-se que, para Francisco de Assis Rodrigues, autor do referido dicionário, as argamassas mais comuns eram misturas unicamente de cal e areia. Porém pelo menos foi deixada uma possibilidade de inclusão de outros tipos de argamassas, apesar de não dar nem uma ideia de qual poderia ser a sua composição.

Embora os autores supramencionados tenham indicado apenas argamassas simples, compostas com uma base de cal e areia, em proporções variáveis, sabe-se que:

- Os babilônios usavam argamassas feitas da mistura de betume e barro⁸⁴¹;
- Paredes de adobes requerem argamassas feitas do mesmo material que os originou, em geral solo e água (às vezes, com adição de outros ingredientes, como palha ou cinzas)⁸⁴²;
- Hoje, são frequentes as argamassas poliméricas (resina e pó de pedra, por exemplo), para a obturação de lacunas e fixação de camadas de reboco⁸⁴³.

Curiosamente, Antoine de Ville mencionou até mesmo o uso da própria água, sozinha, com a função de argamassa, no caso específico de uma cidade árabe:

“Les murailles de Charra, ville d’Arabie, estoient encore plus merueilleuses, care elles estoient toutes massives de pierre de sel, & n’avoient autre mortier que de l’eau pure pour les assembler”⁸⁴⁴.

Por esta razão, ao longo deste capítulo, serão tecidos comentários acerca de argamassas que apresentam composições diversas, e que não poderiam ser ignoradas somente pelo facto de não se encaixarem na definição padrão corrente.

Com relação a algumas informações sobre a não utilização de argamassa na junção de pedras, como às vezes se dizia ocorrer, Belidor afirmou que as alvenarias antigas pareciam ser feitas sem argamassa, mas, de facto, apresentavam camadas bem finas do material. Obviamente, existiam, como até hoje, as alvenarias de pedra seca,

⁸³⁹ Maiores informações sobre o assunto no capítulo 7.

⁸⁴⁰ RODRIGUES, Francisco de Assis, *Diccionario tecnico e historico de pintura, esculptura, architectura e gravura*, Lisboa, Imprensa Nacional, 1875. p. 56.

⁸⁴¹ DAVEY, Norman, *A history of building materials*, Londres, Phoenix, 1961. Cap. XIV, p. 120.

⁸⁴² SANTIAGO, Cybèle Celestino, *O solo como material de construção*, Salvador, EDUFBA, 1996. Parte II, p. 73.

⁸⁴³ OLIVEIRA, Mário Mendonça de, «Uso de resinas na conservação», *Rudimentos para oficiais de conservação e restauração*, Rio de Janeiro, ABRACOR, 1996, p. 97-116. p. 98.

⁸⁴⁴ DE VILLE, Antoine, *Les fortifications*, Lyon, Phillipe Borde, 1641. Parte I, L. I, p. 89.

porém era mais frequente o emprego de argamassa. E o mais comum, ao menos em alguns países, era o uso de camadas espessas desse material.

Actualmente recomenda-se que a camada de argamassa, de maneira geral, não seja muito espessa, pois isto pode levar ao seu esmagamento, especialmente quando a parede for alta, ou formada de elementos de grandes dimensões. Havendo o esmagamento, as diversas unidades que formam a parede acabam por se soltar umas das outras, o que ocasiona a sua ruína. Entretanto, as argamassas de assentamento utilizadas em paredes de tijolos, na Bahia, em construções antigas, podem ser datadas, a grosso modo e de maneira comparativa, unicamente através de verificação da sua espessura: as mais antigas eram equivalentes a duas vezes a espessura do tijolo; posteriormente, argamassa e tijolos passaram a ser de igual espessura; em época posterior, a espessura da argamassa passou a ser menor do que a do tijolo⁸⁴⁵.

Mesmo sendo bastante espessas, e encontrando-se em paredes desprovidas de revestimento⁸⁴⁶, pode ser facilmente verificado, com frequência, que as argamassas de assentamento outrora utilizadas apresentam-se ainda em melhor estado de conservação do que os tijolos, visto que estes nem sempre eram bem cozidos, ou feitos com materiais adequados (il. 47).

Na actualidade, a argamassa é genericamente considerada como uma pedra artificial, pelo facto de, após endurecer, apresentar características de certo modo similares às rochas, assim como desempenhar algumas das suas funções. Entretanto, este é um conceito recente, visto que, pelo que se pôde notar nos textos analisados, somente os materiais cerâmicos eram considerados como pedras artificiais.

No texto atribuído a Fremin, ao ser mencionada a execução de paredes em pedra, foram dadas informações interessantes a respeito das argamassas de cal (ou gesso) e areia:

“Les pierres & les moëlons fraîchement tirez de la carriere occasionnent aussi une tromperie dans les bâtimens; la chaux ou le plâtre qui sert à les attacher les uns aux autres, n’ayant leur action que par l’effet de leur chaleur, dès qu’elle se trouve combattuë par l’humidité ou par la froideur qu’il y a dans ces pierres, il est évident que ce sont deux ennemis qui empêchent l’accrochement du sable & des sels qui sont dans le sable e dans le plâtre & que par cet empêchement la chaux perd tout l’effet de son action”⁸⁴⁷.

Ficou visível, através desta leitura, que se desconhecia, na época, a constituição do gesso, da cal e da areia, assim como as reacções de endurecimento da cal e do gesso, que são diferentes entre si. Pensava-se, ainda, que a cal era formada por sais “doces” e “untuosos”. As provas disto, segundo dizia-se, eram o tempo requerido para a sua extinção, o barulho que a cal fazia enquanto este processo ocorria e a sua

⁸⁴⁵ As dimensões dos tijolos também sofreram alterações com o passar dos anos, e se constituem em elemento auxiliar na datação das paredes.

⁸⁴⁶ Em Salvador, Bahia, cidade costeira e com índices de humidade relativa do ar a oscilar em torno dos 85-95%, a degradação das argamassas por acção da humidade ascensional e do ataque salino faz-se notar com acentuada frequência, daí o descolamento e queda do reboco em muitas das construções antigas.

⁸⁴⁷ [FREMIN], *Memoires critiques d’architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702. p. 83/84.

aderência ao instrumento utilizado para mexê-la. Destaca-se, também, que não se tinha percebido, até então, que a carbonatação de uma argamassa de cal só ocorre em presença de humidade e gás carbónico, e que a razão para a perda da capacidade de aderência, por parte do aglomerante, não é a humidade intrínseca de uma pedra nem sua frieza. O que deveria ocorrer, no caso de argamassas cujo aglomerante era o gesso, era a sua lixiviação, eventualmente, ao ser utilizada em exteriores ou em locais sujeitos à capilaridade ascendente. A humidade, de maneira geral⁸⁴⁸, poderia, eventualmente, reduzir a velocidade de endurecimento da argamassa, ou causar seu decaimento, caso agisse conjuntamente com sais solúveis.

Sabe-se hoje que a areia, de maneira geral, é um material formado por sílica (SiO₂). Logo, não é, nem contém obrigatoriamente sal. A presença deste último composto só é naturalmente constatada em areias de origem marinha, pois se estas não forem lavadas, ficam impregnadas por diversos sais, principalmente o cloreto de sódio⁸⁴⁹. O gesso, que consiste em sulfato de cálcio, nas suas diversas versões⁸⁵⁰, é que é um sal. A cal, a depender da forma sob a qual seja usada, é um óxido (cal virgem, ou cal viva) ou um hidróxido (cal extinta).

A primeira referência que se encontrou, ao longo desta investigação, acerca do emprego de argamassas, consta do tratado de agricultura intitulado *Rerum rusticarum*, escrito por Marco Terencio Varrão. A informação que tal autor nos legou diz respeito a argamassas hidrófugas, que eram utilizadas para a protecção do trigo contra a acção da humidade e contra roedores, como pode ser verificado através da transcrição da citação:

*“Las paredes y el suelo deben revestirse com una capa de masa formada com mármol machacado, o al menos de arcilla mezclada com paja de trigo y orujo de olivas”*⁸⁵¹.

Possivelmente, a massa de mármore pulverizado à qual Varrão fez referência deveria conter ainda cal e água, o que não está explicitado no texto. Já a segunda mistura proposta – argila, palha de trigo e bagaço de azeitonas prensadas – consistia em uma argamassa à base de solo, sem cal, nem areia, e que deveria ter características hidrófugas por causa da presença dos ácidos graxos existentes nas azeitonas. O problema que este material provavelmente apresentava era a susceptibilidade ao ataque biológico pela presença de componentes orgânicos, tanto por causa da palha, quanto pelo bagaço das azeitonas. A palha, inclusivamente, tinha que ser bem envolvida pela pasta formada com o solo, para que não ficasse em contacto com a superfície externa das paredes ou dos pisos, após aplicada, o que fatalmente iria acelerar o seu processo de degradação e, conseqüentemente, a degradação do revestimento em si.

Outra referência do século I a.C. consta do tratado de Vitruvius. Apesar deste escritor ter dedicado o Livro II de seu tratado aos vários materiais de construção comumente utilizados na sua época, as informações acerca das argamassas não

⁸⁴⁸ Humidade ascensional, decorrente de infiltrações, proveniente de águas de chuvas, etc.

⁸⁴⁹ Evidentemente, a areia pode não ser de origem marinha e conter sais, por contaminação.

⁸⁵⁰ Hidratado, semi-hidratado, di-hidratado.

⁸⁵¹ VARRON, Marco Terencio, *De las cosas del campo*, trad. de Domingo Tirado Benedí, México, UNAM, 1945. Cap. LVII, p. 55.

foram agrupadas de modo a constituir-se em capítulo especial deste livro⁸⁵². Podem ser encontradas nos capítulos sobre areia, cal e pozolana⁸⁵³, e também dispersas pelo restante dos *livros* que compõem o texto, como poderá ser verificado mais adiante.

Muitas das informações dadas foram baseadas nos conhecimentos práticos da época, e como a ciência ainda não tinha se desenvolvido, algumas das explicações encontradas para determinados factos apoiavam-se em considerações filosófico-alquimísticas, como já visto para as rochas. No caso específico das argamassas, para explicar sua capacidade de endurecer e adquirir resistência, por exemplo, Vitruvius teceu considerações acerca dos quatro elementos – água, terra, fogo e ar – presentes, em sua opinião, nas pedras calcárias usadas na fabricação da cal. Deles resultaria a capacidade da cal aderir à areia, secar-se em seguida, e adquirir resistência⁸⁵⁴.

Sintetizam-se agora as indicações dadas por Vitruvius, no que diz respeito à constituição, finalidade e proporção entre os diversos ingredientes das argamassas:

- Usar mistura de cal, areia, pó de tijolo e britas, ao invés de lajes de pedra, para revestir pisos de cisternas, piscinas e outros depósitos de água⁸⁵⁵;
- Adoptar os traços 1:3 (cal, areia de jazida) e 1:2 (cal, areia de rio ou mar)⁸⁵⁶ – Chama-se a atenção para o facto que na tradução de Blánquez tem-se “*ladrillos*”, ou seja, tijolos, enquanto que, na de Barbaro, “*spezzature di testi*”⁸⁵⁷, o que nos induz a pensar em material cerâmico não proveniente unicamente de tijolos, conforme informação encontrada no texto de Martini⁸⁵⁸. Helena Rua, ao traduzir a versão de Perrault, falou de telhas moídas e peneiradas⁸⁵⁹. Estas pequenas diferenças existentes nos diversos idiomas para os quais foi traduzido o texto são fontes de equívocos na sua interpretação. Em outros escritos isto também foi notado, e mais adiante serão tecidas novas considerações a respeito;

⁸⁵² Lembra-se que a divisão do texto não foi feita por Vitruvius, e sim pelos vários copistas de seu manuscrito.

⁸⁵³ VITRUVIO, *De architectura*, L. II, Cap. IV, V e VI, nomeadamente (na versão traduzida por Blánquez).

⁸⁵⁴ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. V, p. 44.

⁸⁵⁵ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IV, p. 43 – Deduz-se, pois, que a argamassa recomendada deveria apresentar inflamabilidade superior à das rochas citadas.

⁸⁵⁶ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. V, p. 44 – Foi feita a ressalva que a argamassa seria mais firme e sólida, no caso do uso de areia de rio ou de mar, se a ela fosse adicionada uma terceira parte de pó de tijolos peneirado, de modo que o traço recomendado passava a ser 1:2:1 (cal, areia, pó de tijolos).

⁸⁵⁷ VITRUVIO POLLIO, Marco, *I dieci libri dell'architettura*, tradução e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556.

⁸⁵⁸ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. vol. III, t. II, tratado I, p. 317, nota 6 – “«testi»: latinismo da «testa» per indicare ogni oggetto o frammento di oggetto in terracotta”.

⁸⁵⁹ VITRUVIO, *Os dez livros de arquitectura de Vitruvius*, trad. de Helena Rua, 1ª ed., Lisboa, IST, 1998. L. II, Cap. V, p. 37.

- Usar argamassa de tijolo moído para revestir as paredes, até uma altura de cerca de um metro, ao invés do emprego, unicamente, de uma mistura cal e areia, no intuito de impedir a penetração da água⁸⁶⁰.

Ao mencionar a qualidade da areia a ser utilizada na confecção de argamassas, Vitruvius recriminou a presença de qualquer porção de material argiloso, e sugeriu, inclusivamente, que se fizesse o teste de colocação da areia em um lenço branco para verificar se, após a retirada do material, o tecido permanecia branco – indício de que a areia era boa –, ou ficava sujo, o que implicaria na sua rejeição automática⁸⁶¹. Esta informação, assim como os traços indicados por Vitruvius, permaneceram como referências básicas sobre argamassas de cal até ao século XIX, conforme mencionado por Rondelet no seu texto *L'Art de bâtir*, o que foi informado pelo investigador suíço Vinicio Furlan (séc. XX)⁸⁶².

Encontrou-se, também, no texto de Catão, uma referência ao uso do solo nas argamassas, mas sem detalhes sobre traços ou forma de preparo:

*“...ce sera l'entrepreneur qui fournira la pierre, la chaux, le sable, l'eau, la paille, & la terre pour faire le mortier”*⁸⁶³.

Da maneira como foram enunciados os diversos componentes, a primeira impressão que se tem é que seriam todos, à excepção da pedra, misturados juntos. Seria muito interessante esta indicação, pois o normal era reprovar-se a adição de terra nas argamassas. Contudo, o mais provável é que o autor estivesse a se referir a dois tipos de argamassa: um, feito com cal, areia e água, e o outro, só com palha, terra e água. Paira a dúvida.

4.2 – CARACTERIZAÇÃO

A argamassa é um material muito importante em qualquer construção feita com pedras, tijolos ou blocos cerâmicos, pois tem a função de juntar as diversas unidades desses materiais entre si. A outra função básica das argamassas é o revestimento, de modo a propiciar uma maior protecção aos vários elementos construtivos. Consequentemente, uma boa argamassa tem grande parcela de colaboração na durabilidade das edificações.

As condições que devem ser atendidas pela boa argamassa, segundo os critérios actuais⁸⁶⁴, são:

⁸⁶⁰ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. VII, Cap. IV, p. 180.

⁸⁶¹ VITRÚVIO, *Os dez livros de arquitectura de Vitruvius*, trad. de Helena Rua, 1ª ed., Lisboa, IST, 1998. L. II, Cap. IV, p. 42.

⁸⁶² FURLAN, Vinicio, «Experiences pratiques avec des crepis a base de chaux», *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings*, Roma, ICCROM, 1981, p. 9-18. p. 13.

⁸⁶³ CATON, M. Porcius, «L'économie rurale», SABOREUX DE LA BONNETRIE, M., *Traduction d'anciens ouvrages latins relatifs a l'agriculture et a la médecine vétérinaire, avec des notes*, Paris, P. Fr. Didot, le Jeune, 1771. t. I, Cap. XIV, p. 37.

⁸⁶⁴ PETRUCCI, Eládio G. R., *Materiais de construção*, 8ª ed., Porto Alegre, Globo, 1987. Cap. VII, p. 352.

1. **Compacidade** – Quanto mais compacta, mais densa e, em geral, mais resistente a argamassa;
2. **Impermeabilidade** – Característica fundamental, pois uma argamassa impermeável impede a penetração da água, um dos mais danosos agentes de deterioração, nos edifícios⁸⁶⁵;
3. **Aderência** – Caso isto não ocorra, não haverá boa união entre as diversas unidades por ela colados. No caso de um revestimento, poderá haver um descolamento, que favorecerá a degradação;
4. **Constância de volume** – Para que não existam problemas neste sentido, é necessário que o calcário⁸⁶⁶ seja submetido a um processo de queima total, e que o óxido sofra extinção completa, o que, sabe-se, nem sempre ocorria antigamente. A extinção incompleta do material pode levar a inchamentos e esfoliação da superfície da argamassa, após aplicação, caso ocorra absorção de água. No caso da argamassa com barro, contudo, tem-se também a retracção e o inchamento dos argilominerais.

Dessas propriedades decorrem as seguintes qualidades:

- a) **Resistência mecânica adequada;**
- b) **Durabilidade** – As funções básicas das argamassas são, como já foi afirmado, a união entre os diversos elementos da alvenaria e a protecção da parede, através do revestimento. Se o material não tiver características adequadas, ou em certos casos, não for protegido da acção das intempéries por detalhes de projecto específicos (beirais, passeios, impermeabilização), terminará por se degradar e, em consequência disto, haverá desunião entre os elementos por ele ligados e destruição do próprio substrato sobre o qual está aplicado.

As características supracitadas dependem basicamente do tipo, da quantidade e da qualidade dos materiais utilizados. Os materiais devem ser isentos de impurezas e apresentar os requisitos mínimos para atingir, satisfatoriamente, os fins aos quais se destinam. A dosagem deve ser adequada, de modo que os grãos do agregado fiquem completamente envolvidos pela pasta (requisito básico para se obter uma boa resistência).

Actualmente, no caso do emprego de cimento tipo Portland, a argamassa não deve conter muitos finos, pois isto dificulta tanto o envolvimento dos grãos pela pasta, quanto a dispersão regular e homogénea dos mesmos. Se isto ocorre, ela apresenta pouca resistência à gelividade, maior permeabilidade, escassa resistência mecânica e durabilidade. No caso do uso da cal, ao invés do cimento, ao proceder-se a combinação desse aglomerante com a argila, há provavelmente a formação de neossilicatos, que melhoram as características da argamassa.

A retracção da argamassa é directamente proporcional ao percentual de água e cal presentes na mistura e dos argilominerais do solo porventura utilizado. Além da

⁸⁶⁵ A argamassa deve ser impermeável à água, porém permeável ao vapor, de modo que a parede possa "respirar", ou seja, eliminar os resíduos de humidade por ventura presentes no seu interior.

⁸⁶⁶ No caso do ligante ser a cal.

quantidade de água influenciar na velocidade de carbonatação da argamassa, é com base neste factor que as mesmas são classificadas quanto à consistência. Desta maneira, podem-se ter argamassas secas, plásticas ou fluidas, o que está directamente ligado à necessidade da obra.

Como não se encontra, na literatura antiga, informação alguma a respeito da quantidade de água usada nas misturas, supõe-se que o material fosse preparado à base do sentimento, da experiência. Na realidade, a quantidade de água usada nas argamassas de cal só interfere na consistência do produto final, não sendo um ponto crucial na dosagem, como é no caso das argamassas de cimento.

As características das argamassas dependem da utilização para a qual as mesmas são preparadas: se para assentamento ou para revestimento, com suas variantes⁸⁶⁷. O que acontece é que, nos textos antigos, nem sempre esta distinção foi claramente feita.

D'Aviler, por exemplo, mencionou a importância da escolha de uma boa argamassa e indicou traços e composições recomendados, porém deu uma definição simplificada do material, e nem citou o uso da argamassa em revestimento⁸⁶⁸.

Neste trabalho pretende-se focar com maior ênfase, na medida do possível, as argamassas de assentamento, mas alguns materiais e características de argamassas de revestimento também foram eventualmente indicados.

Optou-se por subdividir o presente capítulo em determinados itens, mas alerta-se para o facto de que, como há interfaces, alguns tópicos foram encaixados em mais de um deles. O mesmo ocorre entre alguns capítulos, especificamente naqueles nos quais são tratadas especificidades da cal (aglomerante praticamente por excelência das argamassas antigas), das areias e de pozolanas, pois estes assuntos estão igualmente interligados.

4.2.1 – Argamassas com solo

O padre Vasconcellos repetiu a opinião de Vitruvius a respeito da areia, inclusive que esta não devia conter elementos terrosos, porém logo a seguir informou o seguinte:

“Tambem se usa, novamente, nesta cidade de Lisboa, acharem os pedreiros huma terra vermelha, que chamão saibro, a qual alguma area tem misturada, (ainda que muito pouca) e se vê pela experiencia, que faz boa liga com a cal; e levando deste saibro meya parte, e outra meya de area de mina, tambem faz bom misto, e congolotina bem, levando a sua conta da cal...”⁸⁶⁹

⁸⁶⁷ Por exemplo, assentamento de pedras em fundações, em paredes, em locais secos, em locais húmidos; revestimento interno, revestimento externo, de parede, de piso.

⁸⁶⁸ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, 3ª ed., Amsterdão, George Gallet, 1699. vol. I, p. 213 – “...mortier ou matiere qu'on employe humide, autant pour remplir les joints & le vuide [sic] que se rencontre entr'elles, que pour les lier les unes avec les autres”.

⁸⁶⁹ VASCONCELLOS, Ignacio da Piedade (Pe.), *Artefactos symmetriacos, e geometricos*, Lisboa Occidental, Joseph Antonio da Sylva, 1733. L. IV, Cap. XVI, p. 377/378.

Ou seja, o autor admitia, por experiência, o uso de material a conter ao menos uma determinada porção de elementos terrosos, o que é raro na literatura, porém mais condizente com a realidade, do ponto de vista arqueológico. O interessante é que os autores que eram efectivamente arquitectos ou engenheiros sempre foram taxativos, como Vitrúvio, quanto à isenção de terra em mistura com a areia, conforme exemplificado no capítulo referente a areias.

A dúvida quanto à inclusão, ou não, de solo nas argamassas persiste até hoje, em certos países. Uma argamassa de cuja composição participa o solo é chamada, na Bahia, de argamassa “*bastarda*”. Em Portugal, assim como no Sul do Brasil, a terminologia argamassa “*bastarda*” indica, por sua vez, uma argamassa em que o cimento tipo Portland vem adicionado à cal⁸⁷⁰.

No livro *La science des ingenieurs*, Belidor citou como argamassa “*bastarda*” aquela composta por cal proveniente de pedras boas misturadas com outras de má qualidade. Além deste tipo de argamassa tinha-se, segundo o autor, a *argamassa boa*, feita com pedras boas e duras – que deveria ser utilizada em obras “*de responsabilidade*” –, e a argamassa branca, feita com pedras comuns – para uso em fundações e grandes maciços de alvenaria⁸⁷¹.

Ao longo deste texto foi adoptada, para argamassa “*bastarda*”, a primeira das definições acima: argamassa com solo. A terminologia auxilia na distinção entre argamassas com e sem solo. Além disto, como não foram contempladas nesta investigação as argamassas com cimento tipo Portland, tal denominação não dá margem a dúvidas.

No texto atribuído a Fremin, assim como naquele da autoria de J. F. Blondel, o uso do solo na mistura foi condenado. Isto porque, segundo o primeiro deles, com a presença de tal material as argamassas ficariam untuosas, e as pedras que se tencionasse unir com elas deslizariam umas nas outras, o que não ocorreria, na sua opinião, caso fosse utilizada uma areia, por sua maior aspereza⁸⁷². Já o último autor, apesar de não mencionar que as diversas unidades que compunham a alvenaria iriam deslizar, afirmou que a inclusão de terra na mistura não propiciaria a união entre elas⁸⁷³. Antoni concordou com J. F. Blondel, pois também era contra a inclusão de solo nas argamassas, alegando que o material perderia sua capacidade de aderência⁸⁷⁴.

A argila é realmente um material untuoso, tanto que esta característica é utilizada, ainda hoje, na sua identificação táctil, de maneira prática. No entanto, quando se mistura argila com areia, consegue-se uma certa estabilização do material,

⁸⁷⁰ OLIVEIRA, Mário M. de, SANTIAGO, Cybèle C., JESUS, José Augusto Brito de, OLIVEIRA, Teresa Cristina M. de, «Argamassas bastardas: origens e propriedades», *Actas da 2ª Semana Pensando em Argamassas*, Salvador, DCTM/EPUFBA, Março/96, p. 24-34. p. 24.

⁸⁷¹ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. V, p. 18.

⁸⁷² [FREMIN], *Memoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702. p. 118.

⁸⁷³ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, de la maçonnerie, Cap. V, Art. II, p. 186.

⁸⁷⁴ PAPACINO, Alessandro Vittorio d'Antoni, *Institutions physico-mechaniques*, Strasbourg, Bauer & Treuttel, 1777. t. I, Cap. IV, p. 63.

de modo que seria muito difícil que as pedras com ele assentadas viessem a deslizar. Lembra-se, inclusive, que por vezes o solo misturado apenas com água, foi usado para unir pedras, de modo que muito provavelmente a afirmativa acima não reflectiria a realidade.

Alessandro Capra, arquitecto civil e militar italiano⁸⁷⁵, indicou que, para se fazer uma boa argamassa, era necessário, segundo Vitruvius e Andrea Paládio⁸⁷⁶, que tanto a cal, quanto a areia, não contivessem argila⁸⁷⁷. Pela leitura destes dois últimos textos, assim como dos outros muitos utilizados ao longo desta investigação, o que se notou foi a recomendação para que a areia fosse isenta de material terroso, porém nada explícito a respeito da cal também o ser. Talvez Capra tivesse assim deduzido pelo facto de ser sempre recomendada na sua confecção a pedra calcária a mais branca possível, já que aqueles calcários de coloração amarelada ou avermelhada normalmente contém elementos argilosos. Porém isto não ficou claro no seu texto. Por outro lado, sabe-se que a argamassa cuja cal é feita com uma pedra que apresenta argila na sua constituição possui certa hidraulicidade, o que é interessante, em determinadas circunstâncias. Muitos foram os autores consultados que, mesmo sem ter esse conhecimento teórico, sugeriram a utilização de pedras como a pedra lioz⁸⁷⁸, como por exemplo pode ser notado no texto de Negreiros, e diziam que com ele poderia ser feita "a melhor cal do mundo"⁸⁷⁹.

Nos estudos de caracterização de argamassas de revestimento utilizadas tradicionalmente em Lisboa, efectuados recentemente pelos investigadores portugueses José Manuel Nero e Júlio António Appleton, e pelo brasileiro Abdias Gomes⁸⁸⁰, constatou-se que os componentes principais das argamassas encontradas em edificações com alvenaria de pedra de período anterior ao terramoto de 1755 e em construções que apresentam estrutura em gaiola tipo Pombalina (1755-1870) foram:

- a) Material de época pré-terramoto – Revestimento executado em duas camadas, a primeira, com espessura entre 10 e 40 mm, traço 1:3 (cal, areia amarela), e a apresentar grânulos brancos, indícios da má dispersão do ligante⁸⁸¹; a segunda, em torno de 5 mm, mais rica em ligante, feita com cal hidratada e areia branca fina;
- b) Material de época pós-terramoto – Revestimento também elaborado em duas camadas, a diferença residiu no facto de que a espessura da primeira variou

⁸⁷⁵ Serviu na Itália no exército de Felipe IV, rei de Espanha.

⁸⁷⁶ Conforme Capra, VITRÚVIO, L. II, Cap. V e VI. PALÁDIO, L. I, Cap. IV.

⁸⁷⁷ CAPRA, Alessandro, *La nuova architettura civile e militare* (Cremona, Pietro Ricchini, 1717), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1987. t. I, L. II, Cap. IV, p. 95.

⁸⁷⁸ A depender do tipo considerado, a pedra lioz pode conter elementos argilosos.

⁸⁷⁹ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 143.

⁸⁸⁰ NERO, Jozé Manuel G., APPLETON, Júlio António, GOMES, Abdias M., «As argamassas tradicionais no parque edificado de Lisboa: uma colaboração para o seu conhecimento», *Actas do 2º ENCORE*, Lisboa, LNEC, 1994. vol. I, p. 221-232.

⁸⁸¹ A presença destes grânulos, em certos casos, pode ter sido oriunda de uma cal que, ao ser usada na fabricação da argamassa, já havia começado a se carbonatar, ou também ter sido causada pela extinção inadequada do material.

entre 15 e 50 mm, e que a areia da segunda camada, embora igualmente branca, não era fina.

Não foi individualizada, nesta investigação, a presença de elementos argilosos nas argamassas anteriores ao período Pombalino, o que só ocorreu naquelas datadas do final do século XIX e início do século XX, cujas análises indicaram um inerte avermelhado (saibro).

Será que as argamassas “*bastardas*”, ou seja, com solo, no Brasil, são assim feitas porque a areia de Portugal é, com frequência, cor castanha e parece conter solo, e como as pessoas no Brasil não arranjavam material semelhante passaram a acrescentar barro à mistura para ver se os resultados obtidos eram parecidos?

Essa hipótese eventualmente poderia até ser válida no caso das construções brasileiras, mas acredita-se que a utilização do solo em argamassas tenha sido passada pelos mouros para a península Ibérica, por ocasião de sua permanência naquela região, e dali para as colónias portuguesas e espanholas. O certo é que esta tradição não é comum em muitos países da Europa. Na Alemanha, por exemplo, essa prática é recriminada. Com relação a este aspecto, a equipe do NTPR, por ocasião do acompanhamento da visita de um arquitecto alemão ao Centro Histórico de Salvador, como parte de um projecto de cooperação internacional voltado para o estudo das argamassas antigas, recebeu a informação para não preparar provetes de argamassas “*bastardas*”, pois o citado arquitecto dizia que seu uso era recriminado pelo facto de ser um material que não propiciava aderência suficiente ao substrato, e descolaria ou cairia ao ser usado como revestimento de paredes. Na sua opinião, esta justificativa era reforçada pelos vários exemplos de paredes degradadas observadas naquela visita e, além do mais, o uso de solo em argamassas era condenado no seu país.

A equipa do NTPR teve que discordar do que o colega alemão dizia, por duas razões básicas:

- A tradição brasileira indica o uso de solo em argamassas de cal. Até mesmo nas argamassas contemporâneas que contém cimento tipo Portland, o solo é adicionado, sob a forma de arenoso (saibro) ou então caulim;
- As argamassas de revestimento observadas pelo próprio arquitecto alemão, que estavam praticamente íntegras, também eram feitas com o mesmo tipo de argamassa, ou seja, continham solo, e não haviam sido julgadas pelo mesmo como impróprias. As partes degradadas, normalmente, ficavam próximas das coberturas, e sua degradação decorria, principalmente, das infiltrações provenientes dos telhados, que carreavam o abundante aerossol salino ali depositado.

A argumentação que o material não servia por descolar e eventualmente cair é também utilizada por aqueles que dizem que as construções em terra não servem simplesmente porque muitas vezes podemos verificar que são realmente de terra, pois se tornam visíveis quando eventualmente há queda do revestimento. Só que, se este for bem elaborado, não deixará à mostra o material constituinte das paredes, de modo que não haverá queixas quanto à sua constituição. O solo como material de construção tem sido amplamente estudado e até mesmo difundido como tecnologia

alternativa e de futuro em países do dito primeiro mundo por instituições como, por exemplo, o CRATerre (França). Maiores detalhes sobre o assunto foram apresentados no primeiro capítulo deste trabalho, correspondente a esse material.

Em outra investigação, efectuada também recentemente, em Portugal, pelos químicos portugueses Maria Olinda Reis e António Silva, concluiu-se, entretanto, que a argila foi realmente usada, ao longo dos séculos, como ingrediente eventual de algumas argamassas, de modo que o padre Vasconcellos, mencionado no início deste item, realmente tinha razão⁸⁸².

No congresso sobre rochas e argamassas acontecido em Berlim, em 1996, Domasowski defendeu o uso de metacaolinite em argamassas de cal e cimento, para aumentar sua resistência mecânica e hidrorrepelência⁸⁸³. No Brasil, vários investigadores têm publicado textos sobre a adição de arenoso e caulim às argamassas que contém cimento, como pode ser comprovado nas actas dos dois simpósios que ali já foram realizados, por exemplo⁸⁸⁴. Pelo menos actualmente já é possível encontrar-se alguns textos nos quais o emprego de material argiloso é formalmente aceite, embora isto não ocorra com frequência, especialmente quando se trata de uma argamassa cujo ligante é a cal.

Recentemente foi, também, publicado um texto a mostrar que no norte da Itália foram descobertas várias construções executadas com argamassa "bastarda"⁸⁸⁵, o que é raro naquele país.

Na Bahia, foi desenvolvido no NTPR um estudo à base da experimentação de diversas argamassas retiradas de monumentos antigos e de argamassas preparadas em laboratório, sendo constatado, no caso das argamassas de construção dos séculos XVII a XIX, misturas que continham, como componente básico, a ilite ou a caulinite⁸⁸⁶. Uma das conclusões desta investigação foi que, a depender do traço adoptado, a adição de argila poderia aumentar a resistência à compressão das argamassas.

⁸⁸² REIS, Maria Olinda Braga, SILVA, António Santos, «Caracterização química e microestrutural de argamassas antigas», *Actas do 2º ENCORE*, Lisboa, LNEC, 1994, vol. I, p. 319-330. p. 330 – "...com base nos conhecimentos actuais existentes sobre a composição de argamassas antigas, [sabe-se] que era frequente a utilização de misturas de cal aérea e adições activas, ricas em sílica e óxidos de alumínio e ferro, tais como: argilas, produtos cerâmicos moldos, terras vulcânicas, terras de diatomáceas. Durante o processo de endurecimento dessas argamassas, parte da cal combinava-se com os componentes activos de carácter pozolânico dessas adições, com formação de silicatos e aluminosilicatos de cálcio hidratados não cristalinos, sendo a sua composição dependente, naturalmente, da natureza da adição e do modo de preparação das argamassas" (sublinhado não existente no texto original).

⁸⁸³ DOMASLOWSKI, W., «The properties of lime and cement mortars modified by metakaolinite», *Actas do 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Berlim, Josef Riederer, 1996. vol. III, p. 1529-1534. p. 1529.

⁸⁸⁴ Simpósios Brasileiros de Tecnologia das Argamassas, realizados em Goiânia (GO), em 1995, e em Salvador (BA), em 1997.

⁸⁸⁵ BONAZZI, Achile, FIENI, Laura, «Uso e fortuna delle malte d'argilla nell'Italia settentrionale: prime ricerche su Cremona», *Revista Trimestral di Restauro*, Milão, Franco Angeli, 1995, n.º 1, p. 44-52.

⁸⁸⁶ OLIVEIRA, Teresa Cristina M. de, «Argamassas bastardas» e suas características físicas, químicas e tecnológicas, Salvador, Universidade Federal da Bahia, 1995. Dissertação de mestrado (policopiada). p. 85.

De acordo com Maria Isabel Luna e outros investigadores actuais, os seguintes tipos de argamassas foram tradicionalmente utilizados para revestimento de paredes feitas em terra: argamassa de argila, de cal, de gesso, de argila e cal, de gesso e cal, ou seja, por vezes o solo foi usado, apesar de seu uso ser recriminado por vários autores de séculos⁸⁸⁷.

Sendo isto verdade, pode-se concluir que, possivelmente, a prática era, por vezes, diferente da teoria, ou que alguns autores simplesmente repetiam o que outros haviam dito, sem verificar se a informação era correcta ou não. Inclusive, nas duas amostras de argamassas romanas analisadas em laboratório (anexo 3), uma proveniente das ruínas da *villa* romana de São Cucufate⁸⁸⁸ (Alentejo) e a outra dos remanescentes da Barragem de Olisipo (Belas), foi constatada a presença de material argiloso, apesar do uso deste ingrediente ter sido recriminado pela grande maioria dos autores consultados.

Teriam tais monumentos sofrido, em épocas passadas, intervenção nos pontos dos quais foram retiradas as amostras? Não é possível afirmar com segurança, porém à primeira vista, não. De todo modo, os traços encontrados, em massa, foram:

- a) São Cucufate – 1:0,34:1,30 (cal, argila, areia);
- b) Olisipo – 1:0,77:4,32 (cal, argila, areia).

Os traços seriam, pois, considerando-se apenas a proporção entre o aglomerante e os agregados, aproximadamente, 1:1,5 (São Cucufate), e 1:5 (Olisipo), em massa. No caso da amostra da barragem, notou-se inclusive que a proporção entre a cal e a argila foi quase que a mesma. O que pode ser considerado como um valor muito alto, tendo em vista que a inclusão de argila nas misturas era tida como indesejável na grande maioria dos textos consultados.

Uma hipótese que se levanta para explicar o facto é que, na época de Vitruvius, o solo tivesse sido condenado nas misturas, mas que, posteriormente, tivesse sido uma prática romana o seu emprego, porém sem que tenha sobrevivido nenhum documento comprovatório do facto, de modo que os autores mais novos teriam repetido em seus textos, realmente, a indicação vitruviana, sem ao menos se preocupar em verificar se o que era dito condizia com a realidade de então. Ressalta-se, entretanto, que foram feitas apenas análises de amostras provenientes de dois sítios, de modo que os resultados não podem ser considerados como padrão para todo o Império Romano. Mas, por outro lado, Michel Frizot (séc. XX), um investigador do assunto das argamassas, afirmou que a argila, introduzida como impureza ou como constituinte⁸⁸⁹, está realmente presente na maioria das argamassas antigas utilizadas, apesar de ser um material frequentemente subestimado pelos autores⁸⁹⁰.

⁸⁸⁷ LUNA, Maria Isabel, «Consolidation of traditional plasters: a laboratory research», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 410-416. p. 410.

⁸⁸⁸ Mais especificamente, de um dos arcos que ruiu há pouco tempo.

⁸⁸⁹ No caso da argamassa proveniente da barragem de Olisipo, por exemplo, a argila possivelmente teria sido adicionada intencionalmente à mistura.

⁸⁹⁰ FRIZOT, Michel, «L'analyse des mortiers antiques: problemes et resultats», *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings*, Roma, ICCROM, 1982, p. 331-339. p. 334.

4.2.2 – Argamassas refractárias

Praticamente não se encontrou, nos textos do período estudado, informações acerca de argamassas refractárias, ou seja, daquelas que resistiriam a altas temperaturas. Conhece-se, entretanto, tradicionalmente, no Brasil, a utilização do açúcar com esta finalidade, embora não se possa afirmar desde quando esta prática passou a vigorar.

Ao realizar-se, no NTPR, ensaios de resistência ao calor⁸⁹¹ em diversos tipos de argamassas com e sem solo, obtiveram-se os seguintes resultados: os provetes elaborados com argamassa de cal e areia, e com argamassa de cal, areia e açúcar, foram decompostos; os de cal, areia e solo apresentaram rachaduras, e os de cal, areia, solo e açúcar nada sofreram⁸⁹².

Actualmente, é comum, no Brasil, o uso de açúcar e solo em argamassas a serem usadas em churrasqueiras. O verdadeiro mecanismo não se conhece. Possivelmente o açúcar se decompõe, ficando em seu lugar porosidade que dá melhor estabilidade ao material, evitando problemas.

Apesar de referências ao solo como ingrediente presente nas argamassas, juntamente com a cal e a areia, serem raras, este material, no entanto, aparece ao longo da história com a função de unir pedras ou tijolos, tal qual uma argamassa, e por vezes com a função de resistir ao calor.

Belidor, por exemplo, recomendou, para abóbadas de fornos de padaria, executadas em tijolos, o emprego da argamassa composta apenas por terra argilosa, fazendo uma ressalva para que não se usasse, com esta finalidade, a argamassa de cal e areia porque ela poderia se decompor, com o calor, e cair em pouco tempo⁸⁹³. Este autor acreditava, pois, que a argamassa feita somente com solo (e água, obviamente) resistiria mais ao calor do que a que fosse feita apenas com cal e areia, o que realmente ocorre.

Na realidade, o hidróxido de cálcio⁸⁹⁴ presente na argamassa composta só por cal e areia, em meio aquoso e em presença de gás carbônico, sofre processo de carbonatação, e transforma-se em carbonato de cálcio.

Citação curiosa, que fez referência exactamente a este facto, foi encontrada no tratado de Mattheus do Couto:

“Havemos de saber que todas as couzas tornão a seu principio, bom exemplo temos em nós q'tomamos a ser terra de que fomos principiados. Assi

⁸⁹¹ Temperatura superior a 900°C.

⁸⁹² SANTIAGO, Cybèle Celestino, *Aditivos orgânicos em argamassas antigas*, Salvador, UFBA, 1992. Dissertação de mestrado (policopiada). Cap. V, p. 42.

⁸⁹³ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. IV, Cap. XI, p. 81.

⁸⁹⁴ Para facilitar a exemplificação, está-se considerando, de maneira geral, que o hidróxido existente nas argamassas é apenas o de cálcio, mesmo tendo-se consciência que, por vezes, o magnésio também está presente na composição da mistura. O mesmo princípio foi adoptado ao mencionar a cal viva como sendo formada apenas de óxido de cálcio, já que, com frequência, o óxido de magnésio está presente na sua constituição. A cal viva pode até mesmo ser composta integralmente por óxido de magnésio, o que levaria à formação somente de hidróxido de magnésio, quando da sua calcinação.

*havemos de considerar, que a cal se faz de pedra, e tanto está nas paredes, que se ella hé bem caldeada torna a ser pedra*⁸⁹⁵.

O carbonato de cálcio resultante do endurecimento da argamassa é o mesmo composto presente no calcário, a matéria-prima que, após calcinação e extinção, dá lugar à formação do óxido e do hidróxido de cálcio (a cal viva e a cal extinta, nomeadamente), aglomerantes utilizados na fabricação da argamassa. Logo, pode-se afirmar que o círculo se fecha, quando há nova queima, seguida de hidratação.

No caso da utilização de terra argilosa, como sugeriu Belidor, quando o material era submetido às altas temperaturas do forno, não corria o risco de se decompor, visto que havia uma queima deste material, e o mesmo tomar-se-ia resistente ao calor, já que se ceramisaria.

4.2.3 – Argamassas hidrófugas

Apesar de, actualmente, ter-se perdido o hábito da utilização de betumes naturais para impermeabilização de juntas de cantaria, em um texto publicado no início do século XX ainda era possível encontrar algumas receitas com este tipo de indicação, ao exemplo das citadas pelo engenheiro mecânico Carlos Ferreira:

“«Betume para cantaria» – pó de pedra 1 parte, cal virgem 1 parte, ou pó de pedra 1,725 litros, cal virgem 1,725 litros, azeite, 1,5 litros...”

*“«Betume para pedra e para marmore» cal viva pulverisada [sic] amassada com clara de ovo”*⁸⁹⁶.

Na realidade, diversas argamassas hidrófugas com composições tão peculiares quanto as acima citadas foram encontradas em alguns dos documentos pesquisados no âmbito deste trabalho.

Vitrúvio, por exemplo, sugeriu usar cal viva com azeite para proteger o piso da humidade⁸⁹⁷. Este mesmo autor recomendou, igualmente, o uso cal viva com óleo para vedar as juntas da tubulação dos aquedutos⁸⁹⁸, o que foi igualmente mencionado por Faventinus⁸⁹⁹. Ainda no texto vitruviano, foram encontradas

⁸⁹⁵ COUTO, Matheus do (o Velho), *Tractado de architectura*, [Lisboa], Cód. F.7752 (BNL), 1631. L. II, Cap. II, p. 28.

⁸⁹⁶ FERREIRA, Carlos Augusto Pinto, *Engenheiro de algibeira*, 5ª ed., Lisboa, A. M. Pereira/Livraria Editora, 1903. p. 75.

⁸⁹⁷ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. VII, Cap. I, p. 171 a 174.

⁸⁹⁸ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. VIII, Cap. VII, p. 218 // VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. L. VIII, Cap. VI, p. 186/187 – Blánquez não disse que era cal viva, mas Granger, sim (“quicklime”), e na versão latina apresentada no seu texto isto está bem claro (“calce viva”).

⁸⁹⁹ PLOMMER, Hugh, *Vitruvius and later Roman building manuals*, Cambridge, The University Press, 1973. p. 28.

referências ao uso de pasta de cal e pó de mármore⁹⁰⁰, pó de material cerâmico, e de uma argamassa hidráulica com traço 1:2 (cal, pozolana)⁹⁰¹.

Na *História natural* de Plínio, também foi indicado o uso do óleo misturado com cal viva, de modo que o produto resultante tivesse características hidrófugas:

*"Utilissima cosa è condurre l'acqua dalle fonti per dozzioni grossi due dita, che si commettano l'un con l'altro in forma di bossolo, in modo, che'l superiore entre, intonacati di calcina viva con olio"*⁹⁰².

Como pode-se perceber, o autor não especificou qual o óleo utilizado na mistura. Por outro lado, sabe-se que, no Brasil Colonial, o óleo mais abundante, usado na época em iluminação pública – o óleo de baleia –, deve ter sido eventualmente empregue no preparo de argamassas hidrófugas⁹⁰³. Desta maneira, procurou-se descobrir qual seria o material adoptado na Roma Imperial em iluminação, e que talvez tivesse inspirado Vitruvius e Plínio a dar esta indicação, para daí tentar-se misturá-lo com o óxido de cálcio (CaO) e ver se realmente a mistura funcionava.

Infelizmente, na única referência encontrada com relação ao assunto, um texto de Leon Homo (séc. XX), ao ser mencionada a deficiência que a cidade tinha no aspecto da iluminação pública, consta apenas que eram usadas tochas, cera e mechas⁹⁰⁴, e nada sobre óleo ou azeite de oliva⁹⁰⁵. Deste modo, optou-se por tentar a mistura da cal viva com azeite de oliveira, pois a cultura de azeitona é bastante antiga na Itália, e o produto, conseqüentemente, abundante. Isto sem falar que, ao menos actualmente, o azeite de oliveira, em italiano, é chamado simplesmente de "*olio*".

Na realidade, a maioria dos óleos se comportaria de maneira semelhante ao ser misturado com a cal viva, pois todos eles são formados por uma mistura de ácidos graxos. Alguns ensaios foram executados em laboratório, com o intuito de verificar o comportamento de uma argamassa a conter óleo, o que será comentado oportunamente.

⁹⁰⁰ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. VII, Cap. III, p. 176.

⁹⁰¹ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. V, Cap. XIII, p. 134/135 // VITRUVIUS, *Les dix livres d'architecture de Vitruve*, correcção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-símile, Bruxelas/Liège, Pierre Mardaga, 1979. L. V, Cap. XII, p. 196 // VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. L. V, Cap. XII, p. 312/313 – Informa-se que Blánquez, ao invés de usar o termo *pozolana*, disse simplesmente "*terra da região de Cumas/promontório de Minerva*"; Perrault indicou que tal terra era pozolana, o que foi ratificado por Granger, que esclareceu ainda que o local ao qual Vitruvius se referiu correspondia à região da cidade italiana de Sorrento, na costa Amalfitana.

⁹⁰² PLÍNIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, G. Ferrari, 1561/1568. L. XXXI, Cap. VI, p. 985 – Sublinhado não existente no texto original.

⁹⁰³ Não se constatou, entretanto, recomendação alguma de seu uso em mistura específica com cal viva.

⁹⁰⁴ HOMO, Leon, *Rome impériale et l'urbanisme dans l'Antiquité*, Paris, Albin Michel, 1951. p. 657.

⁹⁰⁵ Conhecem-se lâmpadas romanas domésticas cujo combustível era o azeite.

Alberti também fez referências a argamassas hidrófugas: falou em cal misturada com azeite (na fixação de telhas)⁹⁰⁶. Além disto, para a vedação de pequenas fissuras em pavimento a céu aberto, sugeriu cinzas bem peneiradas misturadas com óleo (melhor se de linhaça), ou argila bem misturada com cal viva, cozida ao forno e logo a seguir igualmente misturada com óleo, depois da remoção do pó da fissura⁹⁰⁷.

Nos ensaios feitos em laboratório, no intuito de testar a capacidade da mistura da cal viva com azeite repelir a água, o óxido de cálcio (CaO) foi retirado do forno mufla, colocado no dessecador (para resfriar sem absorver a humidade do ar) e posteriormente imerso em azeite, ao qual foi misturado com o auxílio de uma espátula. Não houve aquecimento no recipiente que denotasse a ocorrência de reacção exotérmica, nem qualquer alteração imediata que pudesse ser notada a olho nu. Consultado um especialista em química orgânica do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia, o Prof. Miguel Fascio, foi confirmada a suspeita que os dois materiais deveriam apenas formar uma espécie de pasta, que com o tempo iria secar e conferir certo grau de impermeabilização ao sítio onde fosse aplicada: no máximo, haveria a formação de um sal de cálcio, mas esse produto não teria propriedades dignas de menção. Optou-se, então, por deixar o material à temperatura ambiente por algum tempo, verificando-se que, com o passar dos dias, a mistura, que estava fluida, foi ficando mais pastosa.

No capítulo referente à cal, pode ser verificado que se conseguiu, através da realização de ensaios de laboratório, registar a mudança da temperatura da extinção da cal viva ao longo do tempo (anexo 4). Como não se poderia adaptar o mesmo dispositivo utilizado nesta série de ensaios, onde a cal viva foi misturada com água⁹⁰⁸, para o caso da mistura do óxido com os diversos óleos, pensou-se em adaptar sensores a termómetros, coligando-os ao computador, de modo a avaliar-se, ao longo dos dias, como se processava o aumento de temperatura, e qual valor atingia. Deixa-se a sugestão para uma verificação futura.

Resolveu-se, também, tentar empastar a cal viva com óleo de baleia, de modo a verificar se haveria diferenças de comportamento entre os produtos. Os componentes dos óleos, em geral, são os mesmos: o que varia, basicamente, é o percentual presente dos diversos compostos orgânicos. Só que o óleo de linhaça é secativo, e o azeite de oliveira e o óleo de baleia não o são. A primeira diferença de comportamento notada foi o aquecimento da mistura e a formação de pelotas, quando do uso do óleo de baleia.

Após realizado este teste prático, encontrou-se, no texto de Francesco di Giorgio Martini, ao fazer-se menção às argamassas usadas na construção de sistemas e na junção de tubos, uma informação do emprego de óleo de linhaça ou, na sua falta, do óleo *comum*. A indicação foi bem clara quanto ao emprego do óleo

⁹⁰⁶ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introdução e notas de P. Portoghesi, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. I, L. III, Cap. XVI, p. 258.

⁹⁰⁷ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introdução e notas de P. Portoghesi, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. II, L. X, Cap. XVII, p. 998.

⁹⁰⁸ Neste caso, o processo de transformação é relativamente rápido.

de linhaça. Quanto ao último óleo mencionado, supôs-se que se tratava, realmente, do azeite de oliveira, pois na linguagem italiana actual, como já mencionado, quando se fala simplesmente em "olio", está subentendido que é *olio di oliva*.

Em uma nova série de ensaios, misturou-se, então, óxido de cálcio com óleo de linhaça e óxido de cálcio com azeite (il. 48 e 49). Verificou-se que, com o passar do tempo, as misturas de cal viva com óleo de linhaça e azeite sofreram um processo intermediário de transformação antes de se converterem em pasta, mas não se constatou aumento algum de temperatura ao longo da experiência, como ocorreu no caso do uso do óleo de baleia.

O modo de preparo da argamassa hidráulica citada por Martini foi transcrito a seguir, enquanto que os demais tipos de mistura indicados por este autor serão comentados posteriormente:

"Diensi detti cannoni o tomboli in questo modo murare. In prima in nelle loro commensure di questa composizione investirai: piglisi olio di lino, calcina viva, insieme misti, e com questo in nelle commensure sue è da serrare. E non possendo avere dell'olio di lino piglisi del comuno. A questo medesimo piglisi calcina viva parti due, cenare di cerro parte una, e tanto olio che impastire si possa. Item piglia calcina parti due, cenare di cerro parte una, vetriolo romano⁹⁰⁹ parte mezza, e tanto olio che per imbastire basti"⁹¹⁰.

Notou-se, pois, que era realmente de praxe, ao que parece, o uso da cal viva com óleo desde, pelo menos, a época de Vitrúvio, até ao século XV. No *Vocabulário técnico e crítico de arquitectura* encontra-se, inclusive, uma informação sobre a adição de óleo em argamassa:

"TETIM, s.m. argamassa feita de pó de tijolo, cal e azeite"⁹¹¹.

Só que, infelizmente, não foi especificado onde, nem em que período, isto ocorria. Contudo, Silva-Nigra informou que Francisco de Frias da Mesquita, engenheiro-mor do Brasil no primeiro quartel do século XVII, havia aplicado o tetim em uma abóbada, para minorar os problemas advindos da humidade⁹¹².

Martini, curiosamente, forneceu mais alguns traços e ingredientes de possíveis misturas hidrófugas:

- 1:0,5 (cal viva, cinzas de azinheiro) + óleo em quantidade suficiente para empastar;
- 1:0,5:0,25 (cal viva, cinzas de azinheiro, sulfato de cobre) + óleo em quantidade suficiente para empastar.

⁹⁰⁹ Possivelmente sulfato de cobre, segundo Bonelli e Portoghesi, os comentaristas da edição consultada do tratado de Alberti.

⁹¹⁰ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. vol. III, t. I, tratado I, p. 113.

⁹¹¹ RODRIGUES, Maria João Madeira, SOUSA, Pedro Fialho de, BONIFÁCIO, Horácio Manuel Pereira, *Vocabulário técnico e crítico de arquitectura*, 2ª ed. (rev.), Coimbra, Quimera, 1996. p. 258.

⁹¹² SILVA-NIGRA, Clemente da (D.), «Francisco de Frias da Mesquita, engenheiro-mor do Brasil», *Revista do SPHAN*, n.º 9, 1946. p. 45.

Em virtude das dificuldades oriundas da diversidade de factores, optou-se por não testar as misturas, porém mais uma vez ressalta-se que o facto de conterem óleo, por si só, já é indicativo da sua hidrorrepelência.

Manoel de Azevedo Fortes, ao mencionar uma argamassa impermeabilizante, sugeriu que fosse feita de cal, pó de telha peneirado e betume⁹¹³. Não especificou, no entanto, mais detalhes. Talvez tenha omitido tais informações exactamente por acreditar não se poder atribuir uma composição padrão a uma determinada mistura, o que é correcto. No entanto, actualmente, fica difícil de se fazer uma interpretação crítica da sua opinião.

Com o carácter ilustrativo, cita-se um outro exemplo de argamassa, no caso uma argamassa impermeabilizante, denominada genericamente por betume, indicada por Christiano Rieger para unir pedras de uma alvenaria irregular expostas ao ar ou à água:

“El [betume] mas simples es de polvo de ladrillo, y cal, y para unir piezas de estatuas, ò una piedra con otra, ò piedra con madera, ò tambien madera con madera, es cosa muy buena, y firme el quajaron, que se hace de quajada de leche, y cal viva, la qual se mezclarà de modo, que haga una massa muy aquosa”⁹¹⁴.

Que tipo de reacção deveria ocorrer ao se combinar coalhada com cal viva? Foram indicadas, no item correspondente à cal, as peculiaridades das misturas de cal viva com óleos, constatando-se que se processa uma reacção química completamente diferente de quando se mistura os mesmos óleos com cal extinta. Assim sendo, sugere-se a verificação futura do comportamento de coalhada com cal viva.

Rieger indicou ainda que outros betumes usados em reservatórios eram feitos com diversos materiais, como pó de pedra, óleo de linhaça e estopa, e disse que na sua opinião a melhor composição era:

“Un quartillo de polvo de piedra de cantera, ocho quartillos de limaduras de hierro, doce quartillos de cal viva, seis quartillos de harina de toba”⁹¹⁵, quatro quartillos de harina de vidrio, ocho quartillos de polvo de ladrillo, y quatro onzas de litargirio; todo esto molido, y pasado por un zedazo de cerdas de caballo, se amassará con tres azumbres de aceyte de linaza: despues se bate bien, hasta que esté una massa blanda, y se le mezclaràn, y batirà un pelos de cabra sylvestre, ò de algodòn”⁹¹⁶.

⁹¹³ AZEVEDO FORTES, Manoel de, *O engenheiro português* (Lisboa, Manoel Fernandes da Costa, 1729), fac-símile, Lisboa, Direcção da Arma de Artilharia, 1993. t. II, L. VI, Cap. IV, p. 285.

⁹¹⁴ RIEGER, Christiano (Pe.), *Elementos de toda la arquitectura civil*, Madrid, Joachin Ibarra, 1763. Parte IV, Cap. I, p. 226/227.

⁹¹⁵ MELENDEZ, Bermudo, FUSTER, José Maria, *Geologia*, 3ª ed. (corr. e ampl., 2ª tiragem), Madrid, Paraninfo, 1975. Parte I, Cap. X, p. 282 e Parte II, Cap. XVIII, p. 569 – Conforme este texto, as “tobas” seriam rochas que se formam a partir de depósitos de carbonato de cálcio sobre vegetais subaquáticos, ou seriam rochas piroclásticas oriundas da consolidação de cinzas vulcânicos e pequenas pedras.

⁹¹⁶ RIEGER, Christiano (Pe.), *Elementos de toda la arquitectura civil*, Madrid, Joachin Ibarra, 1763. Parte IV, Cap. I, p. 226.

Pó de pedra, limalha de ferro, cal viva, tufo vulcânico pulverizado, pó de vidro, pó cerâmico, litargírio, óleo de linhaça, pêlo de cabra silvestre (ou algodão). Que mistura mais estranha e complexa! Não se sabe o comportamento da mesma, mas ao menos é imediata a constatação que ela apresenta alguns componentes tidos como hidrófobos. À primeira vista, o ingrediente distoante, por não ser hidrófobo, seria o último do rol: pêlo de cabra silvestre. E por que silvestre? Fica a questão.

4.2.4 – Outras argamassas especiais

Voltando ao que Plínio escreveu, além da mistura de óleo com cal viva, foram verificadas as seguintes indicações:

- a) Para sistemas, “...cinque parti di rena pura, e aspra, et due parti di calcina, et con pezzuoli di selci, che non pesino piu d'una libra l'uno⁹¹⁷ – Na realidade, tal mistura consistia em uma espécie de betão, e não de argamassa, pois apresentava o agregado graúdo;
- b) Para argamassas de assentamento, de maneira geral, ao usar areia de jazida, “...se dee [sic] dare la quarta parte di calcina. Ma quelle de'fiumi, o del mare, la terza parte; et se vi aggiugne la terza parte di vasi pesti, sarà miglior lavoro⁹¹⁸ – Curiosamente, em uma das edições consultadas, que é bilingue (latim/inglês), a indicação deste traço foi dada em massa, o que não ocorreu nesta edição italiana⁹¹⁹. Sabe-se, inclusive, que isto não era comum em épocas passadas, quando os traços normalmente eram indicados em volume. Trata-se, possivelmente, de mais uma inadequação de tradução que pode semear a confusão quando se deseja fazer um aprofundamento técnico da fonte;
- c) Para argamassas de revestimento, Plínio recomendou uma parte e meia de cal e uma de pó de mármore;
- d) Fazer a argamassa com cal fresca, extinta em vinho, misturando-a logo em seguida com banha de porco e figos, o que lhe propiciaria dureza similar à da pedra⁹²⁰.

Como pode-se notar, são muito diferentes os tipos de argamassas indicados somente por este autor. Além disto, no seu texto podem ser encontradas formas de preparo do material que não foram citadas por outros autores, e que precisam ser testadas para ver se funcionam.

Encontrou-se, no texto de Alberti, a recomendação para que os revestimentos fossem sempre feitos em três camadas, de modo a conseguir-se uma boa aderência

⁹¹⁷ PLÍNIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, G. Ferrari, 1561/1568. L. XXXVI, Cap. XXIII, p. 1149.

⁹¹⁸ PLÍNIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, G. Ferrari, 1561/1568. Livro XXXVI, Cap. XXIII, p. 1150.

⁹¹⁹ PLINIUS, C. Secundus, *Natural history*, Livros XXXVI-XXXVII, publicação bilingue sob a resp. de D. E. Eichholtz, Londres, Oxford Press, 1962. vol. X. Cap. XXIII, p. 139 – “*There is quarry sand, to which has to be added one-quarter of its weight in lime; and river or alternatively sea sand, to which must be added one-third*” (sublinhado não existente no texto original).

⁹²⁰ PLÍNIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, G. Ferrari, 1561/1568. L. XXXVI, Cap. XXIII, p. 1151.

da camada de acabamento, evitar-se o aparecimento de fissuras, e garantir-se a presa completa da superfície exposta. Ainda segundo este autor, quanto maior fosse o número de camadas, mas perfeito seria o acabamento da superfície, e mais resistente ela seria, tendo, por esta razão, os antigos utilizado até nove camadas⁹²¹.

Tal revestimento só poderia funcionar bem, sem descolar do substrato, caso fosse composto por camadas muito finas, pois camadas muito espessas tendem a ficar pesadas e destacam-se da parede. Além do mais, quando a superfície externa de um revestimento é carbonatada, impede o acesso do dióxido de carbono ao interior do revestimento, e este, caso tenha sido feito à base de cal, o que era frequente em épocas passadas, permanece em estado pastoso. Quando as camadas são espessas, pior ainda a situação.

Pela descrição do próprio Alberti, as primeiras camadas deveriam ser feitas com areia de jazida e pedaços de tijolos⁹²²; as camadas intermediárias, de areia de rio, pois este era um material mais resistente ao aparecimento de fissuras; e a última, de pó de pedra bem branca, com meia polegada de espessura, pois se fosse mais espessa demoraria a secar⁹²³. Pela descrição não é possível afirmar se as primeiras camadas consistiam, de facto, em embrechamento⁹²⁴ ou encascamento, porém constata-se que a espessura do revestimento era por vezes demasiada, o que deveria acarretar em problemas.

Interessante é que, em vez do uso da cal em uma argamassa para fixação de placas finas de mármore, Alberti sugeriu uma mistura aquecida de cera, breu, resina, mastique e qualquer variedade de borracha, aplicada após a segunda camada de reboco, recomendando que fosse feito, após aplicação, o aquecimento cuidadoso para não romper a pedra⁹²⁵. Um material de construção composto por ingredientes desta natureza equivale, hoje em dia, a uma cola, e não a uma argamassa.

Já na fixação das peças de um mosaico, a informação dada pelo mesmo autor foi que a cal devia ser misturada com pó fino de travertino. O curioso é que, na indicação desta última mistura, foi ainda proposto o seguinte:

“...irrorare più e più volte la calcina com acqua bollente, sì da spogliarla della salsedine e da renderla più tenera e viscosa”⁹²⁶.

Estaria a cal mencionada sob a camada de areia usada com frequência na sua extinção, de modo que os sais presentes seriam da areia? Entretanto, nada foi mencionado por Alberti com relação à remoção dos sais da areia, o que foi

⁹²¹ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introdução e notas de P. Portoghesi, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. II, L. VI, Cap. IX, p. 498.

⁹²² Com algumas polegadas, talvez um palmo.

⁹²³ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introdução e notas de P. Portoghesi, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. II, L. VI, Cap. IX, p. 498 – Apesar de não ter sido mencionado o aglomerante na composição destas camadas, possivelmente foi a cal. A outra opção seria o gesso.

⁹²⁴ Forma de reduzir os vazios existentes na superfície a revestir, ao mesmo tempo que funcionava como uma interface entre o substrato e o revestimento, propiciando-lhe uma aderência maior.

⁹²⁵ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introdução e notas de P. Portoghesi, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. II, Livro VI, Cap. IX, p. 502.

⁹²⁶ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introdução e notas de P. Portoghesi, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. II, Livro VI, Cap. X, p. 506/508.

encontrado, pela primeira vez, no texto *De re rustica*, da autoria de Palladius Rutilius⁹²⁷, autor que provavelmente viveu no século IV d.C.

Ao que parece, pela primeira vez encontra-se a recomendação para que fossem eliminados os sais presentes na cal. Impossível, no entanto, ir além das conjecturas. Todavia, quer os sais estivessem presentes na cal ou na areia, a lavagem com água quente funcionaria para removê-los, pois facilitaria o processo de solubilização.

Os tratadistas portugueses do Setecentos, Mathias Ayres e Negreiros, não sugeriram a lavagem da cal. No entanto, tendo em vista que normalmente os calcários eram isentos de sais solúveis, recomendaram que não se procedesse a extinção com água salobra, ou do mar. Isto para que, ao longo de tal etapa de produção, os sais não fossem adicionados involuntariamente ao produto⁹²⁸. Sabe-se que a extinção era muitas vezes feita misturando-se à cal virgem a areia. Logo, era realmente necessário cuidado para que todos os componentes da mistura não contivessem os ditos sais.

Alberti mencionou ainda que nas construções antigas aparentemente utilizava-se cal, areia e pó de material cerâmico em iguais proporções, sendo que se fosse acrescentada ainda uma porção idêntica de pó de travertino, a mistura ficaria mais sólida e resistente⁹²⁹, o que é verdade. Quando da inclusão de material cerâmico nas argamassas, acredita-se que funcione para alterar a porosidade do material, o que é até interessante no caso de argamassas de restauro, especialmente naquelas tidas como “*de sacrificio*”⁹³⁰. Isto porque permitem o crescimento de cristais de maior tamanho em seu interior, demorando, conseqüentemente, mais para romper.

No *livro* que Alberti dedicou ao restauro dos edifícios, encontrou-se a indicação do uso de pasta de cal bastante fluida, misturada com pó de mármore, após lavagem do local com água pura, na renovação do revestimento de uma parede ou pavimento⁹³¹.

Além de indicações para argamassas comuns, Cataneo também forneceu algumas receitas de argamassas especiais, elencadas a seguir:

⁹²⁷ PLOMMER, Hugh, *Vitruvius and later Roman building manuals*, Cambridge, The University Press, 1973. p. 36.

⁹²⁸ EÇA, Mathias A. R. da Silva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte II, Cap. X, p. 174/175 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fis. 143v/144.

⁹²⁹ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introdução e notas de P. Portoghesi, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. I, L. III, Cap. XVI, p. 258 – “...un único strato di materiale consistente in un miscuglio di calce, sabbia e polvere di terra cotta, nella misura di un terzo per ciascuno (così almeno suppongo). Mi risulta che tali ricoperture divengono più solide e resistenti se vi si aggiunge polvere di travertino nella mistura di un quarto”.

⁹³⁰ OLIVEIRA, Mário M. de, SANTIAGO, Cybèle C., JESUS, José Augusto Brito de, OLIVEIRA, Teresa Cristina M. de, «Argamassas bastardas: origens e propriedades», *Actas da 2ª Semana Pensando em Argamassas*, Salvador, DCTM/EPUFBA, Março/96, p. 24-34. p. 34 // OLIVEIRA, Mário M. de, SANTIAGO, Cybèle C., JESUS, José Augusto Brito de, OLIVEIRA, Teresa Cristina M. de, «Argamassas bastardas: origens e propriedades», *Actas do 1º Simpósio Brasileiro de tecnologia das Argamassas*, Goiânia, UFG/ANTAC, Ago/95, p. 43-52. p. 51.

⁹³¹ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introdução e notas de P. Portoghesi, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. II, L. X, Cap. XVII, p. 998.

- a) Para estuque: pasta feita com 2/3 de cal de mármore ou travertino e 1/3 de mármore moído finamente, ou seja, traço 1:0,5 (cal, pó de mármore), o mármore como substituto da areia⁹³², opinião compartilhada por Vasari, seu contemporâneo⁹³³.

Na realidade, a função da areia na argamassa é a de carga. Logo, o pó de mármore poderia substituí-la perfeitamente. Além do mais, este material apresenta como vantagens sobre a areia ser mais homogêneo e fino, o que propiciaria um melhor acabamento. No entanto, uma areia, sendo silicática, o que é mais frequente, mesmo heterogênea e um pouco mais grossa do que o pó de mármore, eventualmente resistiria mais do que este quando usada na confecção de uma argamassa⁹³⁴;

- b) Para sistemas, poços, fontes e reservatórios d'água:

"...piglisi parti una di buona calcina albazzana⁹³⁵, parti una di ghiarra sottile, parti una di buonissima rena [sic], & in questi si piglia per i piu la rena di fiume molto bene lavata, aggiugnendovi [sic] polvere di Tevertino: perche lo fa migliore: & messo che egli è in opera, non se gli da piu molestia"⁹³⁶;

- c) Para interiores:

"...piglisi per ogni due staia⁹³⁷ di calcina due altre staia di polvere di tegole, con mezzo staio di scaglia di ferro: & s'intridino & mescolino insieme con decottione di buccie di olmo, rimenandole spesso per quindici giorni; acciò che meglio venghino à imbeverarsi & fare corpo insieme: & smaltisi dipoi il pavimento, o qual se sia altra opera: & si difregghi ogni giorno con morca di oglio, o lardo, con la mescola o cazzuola, sino a tanto, che se gli

⁹³² CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. XI, fls. 34v.

⁹³³ VASARI, Giorgio, *Le vite de' piu eccelenti pittori, scultori, e architettori*, 3ª ed. (rev. e ampliada pelo próprio autor), Florença, i Giunti, 1568. Parte I, p. 27 – A primeira edição do texto de Vasari é de 1550, quatro anos antes da publicação do texto de Cataneo. Como foi usada nesta investigação a terceira edição, não é possível se ter a certeza de qual dos dois autores seria a sugestão: Vasari já a citava na primeira edição do seu texto, ou resolveu incorporar a sugestão após ter lido o texto de Cataneo?

⁹³⁴ O carbonato de cálcio pode sofrer processo de dissolução, por lixiviação.

⁹³⁵ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. vol. III, t. II, tratado I, p. 317, nota 1 – Segundo Corrado Maltese, a pedra "albazzana" seria um calcário mamoso do qual era extraída cal hidráulica, ou cimento de pega rápida, exactamente pela presença de elementos argilosos em sua composição, daí servir para emprego em argamassa que ficasse em contacto constante com a água.

⁹³⁶ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. XI, fls. 35.

⁹³⁷ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura, ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. p. 115, nota 4 – Corrado Maltese, comentarista desse texto, informou que a "staia" era uma medida que variava muito a depender do local. Em Florença, correspondia a 24,4 litros.

*vegga sputare certa acquiccchia bianca, & allora, senza piu toccarlo, si lassi in tutto seccare...*⁹³⁸

Além do emprego do pó cerâmico, material tido como pozolana artificial pelo facto de conferir certa hidraulicidade à argamassa⁹³⁹, Cataneo recomendou a adição de escória de ferro à mistura, o que também foi notado em outros textos posteriores.

Francesco di Giorgio Martini sugeriu, ainda, outras argamassas especiais, que serviriam para dificultar a penetração da água nas construções:

- *“Anco pigliarai bucci d’olmo, fien greco⁹⁴⁰, malva simita. Piglisi calcina di marmo stiaia due, solfo vivo quarti uno, polvar di pomice stiaia mezzo, gesso crudo messo al calore in nel diciozione, dal gesso infuore (...) E quando la calcina del marmo mancasse, la polvare d’esso o altra calcina a[d]operar si può⁹⁴¹;*
- *“Se alcuno stucco per serrare alcun pelo o cretto⁹⁴² che in fonti, cisterne o in altre conserve fusse, piglisi vernice lequida, calcina viva, litargilio⁹⁴³, polvare di solfo e mastice...”⁹⁴⁴.*

Gioseffe Viola Zanini, ao descrever as argamassas, restringiu-se praticamente àquelas especiais, destinadas a revestimentos, sinteticamente indicadas a seguir. A respeito das argamassas de assentamento, teceu somente considerações sobre a pedra com a qual se devia fazer a cal e os tipos de areia a usar⁹⁴⁵, e não mencionou traços. Com relação aos revestimentos, eis suas recomendações⁹⁴⁶:

- a) Cal + pó de vidro;
- b) Cal + pó de mármore (mistura usada, por exemplo, no revestimento de colunas que aparentavam ser feitas de mármore venados);
- c) Cal + pó de vidro + *“sapon da maschino”⁹⁴⁷* – Tais ingredientes seriam dissolvidos na água, obtendo-se um líquido branco para cair as paredes. Quando o revestimento estivesse pronto, deveria ser encerado com um pano;
- d) Cal + pó de telha ou pedra de Istria⁹⁴⁸ moída;

⁹³⁸ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. XI, fls. 35.

⁹³⁹ PERONI, S. et al, «Lime based mortars for the repair of ancient masonry and possible substitutes», *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings*, Roma, ICCROM, 1982, p. 63-99. p. 67 – “...the addition of crushed ceramic bricks or tiles introduces definite hydraulic properties in lime mortars. Such mortars appear to be weaker than the pozzolanic ones but the amount of salts they may contain should be far smaller”.

⁹⁴⁰ Tipo de erva.

⁹⁴¹ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura, ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. p. 116.

⁹⁴² Fissura.

⁹⁴³ Litargírio, ou seja, protóxido de chumbo fundido e cristalizado.

⁹⁴⁴ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura, ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. t. I, p. 115/116.

⁹⁴⁵ Assuntos a serem abordados, nomeadamente, nos capítulos 5 e 6 desta investigação.

⁹⁴⁶ ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, 2ª impr., Pádua, Giacomo Cadorino, 1677. L. I, Cap. XVI, p. 68.

⁹⁴⁷ Provavelmente um tensoactivo.

⁹⁴⁸ Calcário.

e) Cal + escória de ferro⁹⁴⁹.

Com a inclusão de pó cerâmico, pó de pedra ou escória de ferro na mistura, as argamassas sofreriam alterações na sua porosidade. O pó cerâmico teria a função de uma pozolana, ou seja, reagiria com a cal, propiciando-lhe características hidráulicas, e os demais ingredientes dariam maior resistência ao material.

Além de sugerir, em todos os casos, que a cal fosse branca, Zanini foi partidário que se seguisse a recomendação de Vitruvius para só se usar a cal após longo período de extinção, de modo a não restarem pequenos grânulos de óxido de cálcio que viessem a sofrer hidratação na parede, o que levaria ao aparecimento de zonas estufadas no reboco em virtude da continuidade da reacção de extinção *in loco*, com eventual perda de material.

Com relação à informação dada por André Félibien sobre a obturação de algumas estátuas de pedra, a sugestão foi que se fizesse uma mistura de gesso e pó da mesma pedra com a qual a estátua era feita⁹⁵⁰.

Enquanto no século XVII já se usava para obturação de pedras uma mistura de aglomerante com pó do mesmo tipo de pedra a ter a superfície regularizada, actualmente pode-se encontrar material espúrio sendo utilizado nas obturações de pedras em monumentos históricos, como por exemplo, reintegrações feitas com cimento tipo Portland (il. 44 e 45). O uso deste material é inconveniente principalmente pelo facto de conter grandes quantidades de sais solúveis, excepção feita ao cimento pozolânico.

Scamozzi concordou com os traços vitruvianos, assim como com a necessidade da areia ser isenta de argila e outras impurezas, para que se obtivesse uma argamassa de boa qualidade⁹⁵¹.

Já em outro texto, no qual foi feita referência à execução da estátua equestre de D. José I, encontrou-se que, para fixação do molde da mesma à cova, por ocasião da sua fundição, foi adoptada uma argamassa com traço 1:0,5 (gesso, pó de barro queimado), para a qual também não foi indicada a quantidade de água a ser incluída na mistura⁹⁵². À página seguinte do mesmo texto, informou-se que o barro também foi usado como argamassa no mesmo trabalho de fundição. Estes são, pois, mais dois exemplos de misturas utilizadas ao longo dos séculos.

⁹⁴⁹ Conforme Zanini, a mistura destes dois ingredientes endureceria como pedra e seria denominada "marogna".

⁹⁵⁰ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve & Jean Baptiste Coignard fils, 1699. L. II, Cap. IV, p. 228.

⁹⁵¹ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. vol. II, Parte II, L. VII, Cap. XX, p. 232.

⁹⁵² LIMA, Honório Fiel de, «Descrição dos trabalhos, que se executaram sob a direcção do Tenente General Bartholomeu da Costa para fundir em bronze de um jacto só a estátua equestre d'El Rei D. José 1.º», *Boletim do Arquivo Histórico Militar*, vol. XLV, Lisboa, 1975. p. 203-360. p. 326 – "No fundo da cova, entre o molde e as paredes, fez-se um massame com os tijolos, que tinham saído do recozimento, cimentados com uma composição de duas partes de gesso, e uma de barro queimado, que se tinha tirado do muro de recozimento, bem reduzido a pó..." (sublinhado não existente no texto original).

J. F. Blondel citou a nova argamassa descoberta por Lorient, que consistia, nada mais, nada menos, em uma argamassa (em pasta) de cal extinta e areia, ou cal extinta e pó cerâmico, traço 1:2, traçada pela segunda vez, ocasião em que era misturada com determinada proporção de cal viva em pó, obtida através do apiloamento de pedras calcárias muito bem cozidas. O procedimento era feito da seguinte forma: a argamassa existente era colocada em um recipiente, ao qual se acrescentava água para torná-la mais líquida. Feito isto, colocava-se cerca de um quinto do volume da argamassa em cal viva, misturando-as bem. Estava pronta a “*mortier-Lorient*”, que segundo Blondel havia sido submetida a diversos ensaios por seu criador, tendo-se provado ser um material resistente, de secagem rápida e fácil trabalhabilidade, e que não produzia fissuras ao secar⁹⁵³.

4.2.5 – Traços recomendados

Antigamente, não havia regras para a indicação das proporções entre os diversos componentes das argamassas, como se pode depreender da observação das várias referências encontradas na bibliografia consultada. Era comum, por exemplo, indicar-se o traço através das fracções que cada componente ocupava do volume total do material produzido, e não por meio da correlação directa das quantidades dos componentes entre si, como é exemplificado através de uma citação do século XVII, escolhida ao acaso:

*“Il faut que le bon mortier soit composé de deux tiers de sable & d’un tiers de chaux...”*⁹⁵⁴

Em outro exemplo aleatório, foram citadas as quantidades, em cestos, necessárias para a elaboração de uma argamassa:

*“...se for area de rio (...) a dez cestos desta area se lhe deitarão cinco de cal”*⁹⁵⁵

Quanto a estes e a outros traços observados nos documentos estudados, aos quais se faz referência ao longo desse capítulo, esclarece-se que, a título de simplificação, as diversas proporções mencionadas foram expressas da maneira que a actualidade exige, por norma: o aglomerante representado pela unidade, e sempre a figurar como o primeiro valor da sequência dada, seguido do valor correspondente ao agregado. Isto para se conseguir uma padronização dos dados, assim como uma maior facilidade de leitura dos mesmos.

Sendo assim, ambos os exemplos supra indicados poderiam ser simplificados, dizendo-se apenas “*argamassas traço 1:2 (cal, areia)*”, em volume.

A representação actual é mais directa e não deixa dúvidas quanto às quantidades dos materiais a serem utilizados, enquanto às vezes, em textos

⁹⁵³ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, de la maçonnerie, Cap. V, Art. VI, p. 197-207.

⁹⁵⁴ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, Parte I, p. 214.

⁹⁵⁵ VASCONCELLOS, Ignacio da Piedade (Pe.), *Artefactos symmetricos, e geometricos*, Lisboa Occidental, Joseph Antonio da Sylva, 1733. L. IV, Cap. XVI, p. 378.

anteriores ao século XX, as indicações fornecidas podem conduzir a eventuais erros de interpretação por parte do leitor, como no caso comentado por Alberti, ao falar das recomendações de Catão, Vitrúvio e Plínio:

“Catone dice che per ogni piede di lavoro si devono dare due moggi di rena e uno di calce. Altri autori danno proporzioni diverse. Vitruvio e Plinio dicono che la sabbia va mescolata alla calce in modo che questa sia un quarto se la sabbia è di cava e un terzo se è fluviale o marina”⁹⁵⁶.

Realmente, no texto de Catão, que é anterior ao de Vitrúvio, encontrou-se a informação seguinte:

“...il doit compter sur un modius⁹⁵⁷ de chaux, & deux de sable par pieds de longueur de ces murs”⁹⁵⁸.

No entanto, ratifica-se o que foi mencionado por Michel Frizot (séc. XX) sobre as transcrições dos textos de Vitruvio e Plínio analisados por Alberti: deve ter havido algum erro de compreensão das recomendações dos traços dados pelos mesmos serem, nomeadamente, 1:3 (cal, areia de jazida) e 1:2 (cal, areia de rio ou mar)⁹⁵⁹, o que pode ser verificado através da análise individual do que cada um dos citados autores disse: os traços indicados seriam realmente aqueles recomendados por Vitruvio, mas o que Plínio aconselhou foi 1:4, no primeiro caso, e 1:3, no segundo. Logo, estes autores não concordaram no traço.

A citação de Plínio, por sua vez, é outro exemplo de uma forma um tanto confusa de indicar-se a proporção entre cal e areia recomendadas:

“There is quarry sand, to which has to be added one-quarter of its weight in lime; and river or alternatively sea sand, to which must be added one third”⁹⁶⁰.

Seria, seguramente, mais simples escrever que os traços eram:

1:4 (cal, areia de jazida) ou 1:3 (cal, areia de rio ou mar).

Aproveita-se o ensejo para informar que, no Brasil, os traços das argamassas e betões costumam ser representados com duas casas decimais, porque eventualmente estes traços podem ser explicitados em massa, e não em volume, enquanto que em Portugal o usual é ter-se esta representação em números inteiros,

⁹⁵⁶ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introdução e notas de P. Portoghesi, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. I, L. III, Cap. IV, p. 188 – Segundo P. Portoghesi, “moggi” era uma medida antiga de volume correspondente a 8,73 litros. Seria, possivelmente, o mesmo “modius” que aparece na nota a seguir como sendo 8,64 litros, pois a pequena diferença não é muito significativa.

⁹⁵⁷ SARAIVA, F. R. dos Santos, *Novissimo dictionario latino-portuguez*, [Rio de Janeiro], Garnier, s.d., p. 745 – “Medida de capacidade para solidos e liquidos, = 8,64 litros; alqueire”.

⁹⁵⁸ CATON, M. Porcius, «L'économie rurale», Apud SABOREUX DE LA BONNETRIE, M., *Traduction d'anciens ouvrages latins relatifs a l'agriculture et a la médecine vétérinaire*, Paris, P. Fr. Didot, le Jeune, 1771. t. I, Cap. XV, p. 38 (sublinhado não existente no texto original).

⁹⁵⁹ FRIZOT, Michel, *Mortiers et enduits peints antiques*, Dijon, Université de Dijon, 1975. Publicação do Centro de Investigação sobre as técnicas Greco-romanas, n.º 4, p. 40.

⁹⁶⁰ PLINIUS, C. Secundus, *Natural history*, *Livros XXXVI-XXXVII*, publicação bilingue sob a resp. de D. E. Eichholtz. Londres, Oxford Press, 1962. vol. X. Cap. XXIII, p. 139 – Nesta tradução inglesa o traço foi dado em massa, porém na italiana consultada isto não foi especificado, conforme indicado à página 188.

podendo entretanto encontrar-se raramente indicações com uma casa decimal, só que com valor a variar unicamente de cinco em cinco décimos.

A metodologia brasileira pode, à primeira vista, parecer exagerada, e desnecessariamente detalhista, só que, para traços calculados em massa, e não em volume, os valores são mais confiáveis⁹⁶¹. Além do mais, no caso de avaliações da composição de argamassas antigas, através de análise química, julga-se mais conveniente usar esta representação, pois, já que é muito difícil – de facto, é praticamente impossível – determinar-se com precisão o traço original, é melhor permanecer-se com o valor encontrado através dos cálculos, mesmo que representem números fraccionados, do que se aumentar ainda mais a margem de erro, através de nova aproximação.

Com relação ao traço mais indicado para as argamassas, Vitruvius os diferenciou quanto ao tipo de areia usada, se de jazida 1:3 (cal, areia), de rio ou de mar, 1:2 (cal, areia), enquanto que Faventinus e Palladius Rutilius recomendaram sempre 1:2 (cal, areia), sem fazer distinção entre as diversas proveniências do agregado. Por outro lado, os três indicaram a adição de pó cerâmico para melhorar a qualidade da argamassa, se feita com areia de rio⁹⁶².

Alberti ainda recomendou o peneiramento da areia, caso houvesse necessidade de uma argamassa mais fluida, ou a adição de metade do volume da areia em saibro poligonal e pedra britada⁹⁶³, caso fosse requerido um material mais grosso⁹⁶⁴. Para Alberti, entretanto, a mistura de um terço de pó de tijolo produzia uma argamassa mais tenaz, como Vitruvius e Plínio também afirmaram.

Como factor determinante na escolha do tipo de areia a ser utilizado na argamassa, Alberti aconselhou analisar-se o tipo de pedra a ser empregue na construção: no caso de pedras secas, a areia de rio; no caso de pedras húmidas, a de jazida. Quanto ao uso de areia de mar, Alberti não fez restrições relativas ao tipo de pedra a ser utilizado, mas sim à direcção dos ventos: a parede não deveria ser exposta aos ventos meridionais, mas ao vento Norte⁹⁶⁵. Possivelmente, esta última indicação corresponderia aos ventos que possuíam maiores teores de humidade, na opinião de Alberti⁹⁶⁶, e que, conseqüentemente, terminariam por causar manchas nas argamassas, por higroscopicidade oriunda da presença de sais solúveis, principalmente do cloreto de sódio (NaCl), existente no material marinho.

⁹⁶¹ A depender da forma como os grãos se arrumam dentro de um determinado recipiente, podem ficar muitos espaços vazios entre os grãos, de modo que dois recipientes iguais podem, na prática, conter massas de sólidos diferentes.

⁹⁶² PLOMMER, Hugh, *Vitruvius and later Roman building manuals*, Cambridge, The University Press, 1973. p. 37.

⁹⁶³ Lembra-se que, com a inclusão de pedra britada, um agregado graúdo, o material passaria a ser considerado como um betão.

⁹⁶⁴ A necessidade de uma argamassa com maior ou menor fluidez era determinada, no entender de Alberti, pela pedra com que se trabalhava. Este é realmente um dos factores determinantes, porém há outros, como o tipo de serviço a executar, a forma de aplicação do material e a velocidade de pega desejada.

⁹⁶⁵ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de G. Orlandi, introdução e notas de P. Portoghesi, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. I, L. III, Cap. X, p. 214.

⁹⁶⁶ Destaca-se que a orientação e intensidade dos ventos varia de uma região para outra, de modo que a sugestão dada pelo italiano não podia ser considerada como verdadeira para qualquer sítio.

Foram encontradas, em alguns textos, citações sobre cal “treçada” ou “traçada”. Negreiros mencionou o uso de camadas alternadas de cal “traçada” seca, em sacos, e pedras, até obter-se um monte artificial sobre o qual se ergueria o edifício, para fundações dentro da água, em sítios onde não se pudesse adoptar o sistema de estacas, como se teria feito por ocasião da construção da Torre do Bugio, na barra do Tejo⁹⁶⁷. Ressalta-se que Diogo Vellozo também falou das fundações da Torre do Bugio, assim como das que teriam sido feitas nos casos de um forte circular, já desaparecido, no Pará (Norte do Brasil) e do Forte de São Marcelo, em Salvador, só que não indicou o uso de cal, mas apenas de pedras secas⁹⁶⁸. Às sondagens feitas pela empresa Concreta, a pedido do IPHAN, no solo onde está assentado o forte de São Marcelo, que fica dentro do mar, não acusam realmente a presença de cal, de modo que se acredita tal técnica tenha sido realmente utilizada.

De acordo com Azevedo Fortes, a expressão “cal no traço” (que teria o mesmo sentido que cal “treçada”, ou “traçada”), significava argamassa traço 1:2 (cal, areia)⁹⁶⁹. Esta opinião é corroborada pelos autores do *Vocabulário técnico e crítico de arquitectura*⁹⁷⁰. Acredita-se, no entanto, que o traço nem sempre fosse este, embora no caso da menção feita por Negreiros, pudesse ser verdade. No tratado de Frei Bernardo de São Bento, por exemplo, parece que o sentido era diverso:

“...As paredes que nesta obra estaó para fazer, em q he nesessario, aja a mayor fortaleza, que puder ser (...) se devem obrar (...) tendo grande cuidado no modo de terçar a cal, que a quantidade do saibro⁹⁷¹, que se lhe botar, seia o q a bondade da cal puder sofrer; pois a que he feita de ostra sam, e limpa, poderá levar a quantia de saibro que se costuma; mas a que for de ostra podre, e çuja, nem presta nen pode sofrer o saibro de consideração, e faz fraca⁹⁷²”.

Segundo Silva-Nigra, o comentarista da publicação que tem como apêndice o referido tratado, “terçar” significaria “misturar três coisas; preparar a argamassa com água, saibro e cal”⁹⁷³.

Silva-Nigra não especificou que o traço devia ser sempre 1:2. Na própria passagem do texto de Frei Bernardo de São Bento ficou claro que a quantidade de saibro dependia da qualidade da cal adoptada. Logo, a indicação destes dois autores

⁹⁶⁷ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 39v.

⁹⁶⁸ VELLOZO, Diogo da Sylveira, *Architectura militar*, Pernambuco, Cód. 49-III-3 (BAJ), 1743. Parte II, Cap. XXIII, fls. [215].

⁹⁶⁹ AZEVEDO FORTES, Manoel de, *O engenheiro português* (Lisboa, Manoel Fernandes da Costa, 1729), fac-símile, Lisboa, Direcção da Arma de Artilharia, 1993. t. II, L. VI, Cap. IV, p. 288 – “...que não usem a cal no traço, sem que este seja feito com duas partes de areia, e huma de cal bem derregada...”.

⁹⁷⁰ RODRIGUES, Maria João Madeira, SOUSA, Pedro Fialho de, BONIFÁCIO, Horácio Manuel Pereira, *Vocabulário técnico e crítico de arquitectura*, 2ª ed. (rev.), Coimbra, Quimera, 1996. p. 69.

⁹⁷¹ SILVA-NIGRA, Clemente da (D.), *Fr. Bernardo de São Bento*, Salvador, Tipografia Beneditina, 1950. p. 119 – Saibro: areia grossa misturada com pedrinhas roladas.

⁹⁷² SÃO BENTO, Bernardo de (Frei), «Declaraçoens de obras», [Rio de Janeiro], 1684. fls. 29, Apud SILVA-NIGRA, Clemente da (D.), *Fr. Bernardo de São Bento*, Salvador, Tipografia Beneditina, 1950. p. 87 – Grafia original.

⁹⁷³ SILVA-NIGRA, Clemente da (D.), *Fr. Bernardo de São Bento*, Salvador, Tipografia Beneditina, 1950. p. 119.

não se encaixa com a de Azevedo Fortes, nem tampouco com a do *Vocabulário técnico*. Na Bahia, no círculo dos mestres-de-obra e pedreiros, o termo “traçar” é utilizado com o sentido de *misturar todos os ingredientes de uma argamassa*, não importando que ingredientes sejam estes, nem qual a quantidade de cada um. Fica, pois, a dúvida se realmente existia uma proporção determinada quando se mencionava “*terçar*”.

No tratado anónimo, cuja autoria foi atribuída por Rafael Moreira a António Rodrigues, foram relacionados os traços usados em finais do século XVI, em Portugal⁹⁷⁴. Uma das indicações foi para se usar três cestos de areia e dois de cal, ou seja, adoptar o traço 1:1,5 (cal, areia), sendo que o material deveria ser bem misturado⁹⁷⁵; outra, que a proporção entre areia e cal fosse 1:1, o que só seria possível se os materiais fossem de boa qualidade⁹⁷⁶. O próprio anónimo sugeriu, como pode ser verificado, dois traços distintos considerados como bons para as argamassas de cal e areia (1:1 e 1:1,5), ambos diferentes, e mais fortes, daqueles preconizados pela maioria dos autores consultados.

Philibert de l’Orme, no caso de argamassas de cal, indicou, para areias boas, que a proporção entre os dois ingredientes fosse 1:5 ou 1:7; para areias ruins, 1:2 ou 1:3; e para aquelas muito ruins, 1:1. Neste último caso, há uma grande contradição com relação a uma das referências constantes do texto atribuído a António Rodrigues, que recomendou o mesmo traço para argamassas feitas com materiais de boa qualidade. Além disto, Philibert de l’Orme especificou que a areia deveria ser escolhida conforme a função que ia ter a argamassa: para fundações, paredes, rebocos, ou para ser misturada com pó cerâmico, formando o “*cymen*”⁹⁷⁷.

Na realidade, a sugestão para os traços 1:2 e 1:3 serem adoptados apenas no caso de areias ruins entra em contradição com quase todas as demais, a começar pelas vitruvianas.

⁹⁷⁴ MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada). p. 41 – No entender de Rafael Moreira, António Rodrigues deve ter dado tais informações com base em sua própria experiência profissional, visto que o suposto autor foi o principal arquitecto de Portugal por vinte e cinco anos.

⁹⁷⁵ [RODRIGUES, António], [Tratado de arquitectura], [Lisboa], Cód. 3675 (BNL), [séc. XVI]. Cap. VII, fls. 17v, Apud MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada). Parte II – “...e se esta area com esta cal se ayumtar yumta e não se apartar h’ua da outra estara bem traçada, e não se ayu’tado bem hu’a com a outra sera nesesaryo deytar mais cal nos tres sestos de area. E deytado mais cal (...) he signal manyfesto que a [c]al que se fas de pedra que de sua natureza é seca não he tão boa (...) porque a cal pera ser boa quamto area menos ha houver mister tãoto sera mylhor” (grafia original). Observar que, ao indicar a mistura, o autor informou que deveria estar “*bem traçada*”.

⁹⁷⁶ [RODRIGUES, António], [Tratado de arquitectura], [Lisboa], Cód.3675 (BNL), [séc. XVI]. Cap. V, fls. 12v, Apud MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada). Parte II.

⁹⁷⁷ DE L’ORME, Philibert, «Le premier tome de l’architecture» (Paris, Frederic Morel, 1567), *Traité d’architecture*, fac-símile, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XVII, fls. 28 – Neste caso, o “*cymen*” era uma argamassa pozolânica, e não apenas o pó de telha ou tijolo, como aparecia com frequência nos textos antigos.

Manoel de Azevedo Fortes também mencionou o uso de argamassa traço 1:2 (cal, areia ou saibro), porém se a cal fosse fraca, recomendou o traço 1:1, ambos em volume, como de praxe. Quanto ao saibro, informou que deveria ser o melhor do país⁹⁷⁸. Logo, foi mais específico do que Philibert de l'Orme.

No que diz respeito à escolha do traço da argamassa conforme a qualidade dos materiais utilizados, encontrou-se também um conselho dado por D. Duarte, Rei de Portugal:

*"...hu' moyo de cal e dous d area, e mais e menos cal segundo a cal e o saybro for..."*⁹⁷⁹.

Segundo este conselho, o traço básico seria 1:2 (cal, areia), mas haveria alterações, a depender dos materiais utilizados. Nesta citação, ficou patente que o termo "saybro" era empregue como sinónimo de areia, e não com a conotação que tem hoje, pelo menos no Brasil: saibro, ou arenoso, é a denominação atribuída a um tipo de solo composto por uma mescla natural de areia e argila de base caulínica⁹⁸⁰.

Palladio, no capítulo referente à cal do seu tratado, disse o seguinte:

*"Per fare la malta si deve in questo modo com la sabbia mescolare; che pigliandosi arena di cava; si pongono tre parte di essa, & una di calce: se di fiume ò di mare; due parte di arena, & una di calce"*⁹⁸¹.

Este tratadista foi, pois, mais um dos adeptos dos traços vitruvianos 1:3 (cal, areia de jazida) e 1:2 (cal, areia fluvial ou marinha).

É curioso o facto dos autores consultados indicarem a mesma proporção para argamassas feitas com areia de rio ou de mar. A primeira impressão que se tem é que estes dois tipos de material são bastante diferentes entre si, pois um é mais fino do que o outro e se apresenta sempre misturado com sais solúveis, com destaque para o cloreto de sódio, de modo que tem que ser abundantemente lavado para que esse componente nocivo seja eliminado. Em compensação, a areia de mar é, de maneira geral, mais livre de terra. Além do mais, os antigos preocupavam-se muito com a coloração das areias, e em geral a areia de mar é mais branca do que a de rio. Logo, supunha-se que esse facto tivesse sido levado em conta, o que raramente deve ter ocorrido, como pode ser notado através das diversas citações colhidas na bibliografia.

Francesco di Giorgio Martini, por sua vez, concordou com as proporções anteriormente citadas, só que não mencionou o emprego de areia de mar, quando se referiu ao traço. Fez apenas menção à possibilidade do emprego desta areia ao indicar a inclusão de pó cerâmico à mistura:

⁹⁷⁸ AZEVEDO FORTES, Manoel de, *O engenheiro português* (Lisboa, Manoel Fernandes da Costa, 1729), fac-símile, Lisboa, Direcção da Arma de Artilharia, 1993. t. II, L. VI, Cap. III, p. 282.

⁹⁷⁹ D. DUARTE, *Livro dos conselhos de el-Rei D. Duarte* (fls. 177 do livro da Cartuxa, Cap. [40]) Ca. 1430), compilação de João José A. Dias, Lisboa, Estampa, 1982. p. 165.

⁹⁸⁰ Outras considerações sobre o assunto encontram-se no capítulo sobre areia, item 6.2.

⁹⁸¹ PALLADIO, Andrea, *I quattro libri dell'architettura* (Veneza, Dominico de'Franceschi, 1570), fac-símile sob a responsabilidade de Ulrico Hoepli Editore Libraio, Milano, Hoepli, 1968. L. I, Cap. V, p. 8.

“La sua mistione com arena di fiume è: due parti arena et una calcina; com le altre, tre parte arena, et una calcina (...) Et «è» da intendere che universalmente ogni calcina mista com arena fluviale o marittima, se a quella sarà agionto la terza parte di testi pesti ovvero di antiqui tegoli, molto più tenace «che senza» diverrà. Quando per fare cisterne se avesse ad operare, la proporzione sua «alla arena» che ricerca è «questa»: «cioè» due parti calcina e cinque di aspera rena, cioè «subdupla sesquialtera»⁹⁸².

Esclarece-se que F. Saraiva informou que “subdupla” significa “que é contido duas vezes em outro (numero)”, enquanto que “sesquialtera” indica “que contem outro tanto, e mais metade, um e meio”⁹⁸³.

Corrado Maltese, o comentarista de uma publicação recente do tratado de Martini, disse que as informações referentes aos traços dadas por este italiano estavam conforme Plínio (*Nat. Hist.*, XXXVI, 186; XXXVI, 175; XXXVI, 173) e Vitruvius (VIII, 6, 14), e seriam 1:2 (cal, areia de rio) e 1:3 (cal, outras areias)⁹⁸⁴. No entanto, conforme já comentado anteriormente⁹⁸⁵, Vitruvius e Plínio não tinham opinião concordante quanto aos traços recomendados: para Vitruvius, os traços deviam ser 1:3 (cal, areia de jazida) e 1:2 (cal, areia de rio ou de mar), enquanto que, para Plínio, seriam 1:4 (cal, areia de jazida) e 1:2 (cal, areia de rio ou mar).

Além disto, segundo Vitruvius e Plínio, o traço, no caso do uso da areia de mar, seria o mesmo que aquele à base de areia de rio; já Martini, falou claramente em “arena de fiume” e “le altre”, como pode ser verificado na indicação anteriormente transcrita. Logo, as areias de jazida e de mar estariam nessa última categoria.

No texto de Mattheus do Couto, recomendou-se que as argamassas fossem feitas com o traço 1:1,5 (cal, areia), desde que a cal fosse oriunda de pedra lioz; para cal feita de pedra mais branda, o traço indicado foi 1:1 (cal, areia), e 1:2, no caso da utilização de uma pedra de maior dureza⁹⁸⁶. Repetem-se, pois, as indicações, em termos numéricos, do já citado código estudado por Rafael Moreira, assim como a crença que a cal seria tanto melhor, quanto mais dura fosse pedra⁹⁸⁷. É certo, entretanto, que quanto mais forte for a cal, a argamassa com ela preparada pode conter mais areia, sem prejuízo da resistência.

Na edição de 1789 do texto de Branca, constou a informação que a argamassa feita com cal de pedra “albazzana” e areia de rio deveria ter o traço 1:2, e 1:3, caso a

⁹⁸² MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. vol. III, t. II, tratado I, p. 317/318 – Informação dada para a confecção de argamassas hidráulicas, feitas a partir de pedra “albazzana” (sublinhado não existente no texto original).

⁹⁸³ SARAIVA, F. R. dos Santos, *Novissimo dictionario latino-portuguez*, [Rio de Janeiro], Garnier, s.d. p. 1139 e 1094, nomeadamente.

⁹⁸⁴ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. vol. III, t. II, tratado I, nota 1, p. 318.

⁹⁸⁵ Ver item 4.2.5.

⁹⁸⁶ COUTO, Mattheus do (o Velho), *Tractado de architectura*, [Lisboa], Cód. F.7752 (BNL), 1631. L. II, Cap. IX, p. 37.

⁹⁸⁷ Assunto abordado no capítulo sobre cal.

areia tivesse outra proveniência⁹⁸⁸. Desta indicação – que não apareceu na publicação espanhola do ano seguinte, pois o tradutor para o espanhol, além de omitir muitas passagens específicas sobre materiais italianos, conforme o mesmo destacou, desconhecia aquela edição italiana⁹⁸⁹ – deduz-se que a argamassa feita com areia de rio era realmente considerada como mais fraca, como já ensinado por outros autores. O padre Vasconcellos foi um deles⁹⁹⁰. Vale a pena lembrar, entretanto, que Vitrúvio indicou o traço 1:2 para areias de jazida, e para as outras (de rio ou de mar), 1:3. Ou seja, a proporção, quando do emprego de areia de mar, eram variáveis de um autor para outro.

André Félibien, além de ratificar as recomendações feitas por Vitruvius com relação ao preparo da cal, tipos de areia existentes, uso de pozolana e de fragmentos de material cerâmico, fez referências a traços de argamassas diversas, a depender da qualidade da cal empregue⁹⁹¹, e o estuque composto por mármore pulverizado e cal, para a execução de esculturas e ornatos arquitectónicos⁹⁹².

Pfeffinger, por sua vez, preferiu os traços 1:1 e 1:3 (cal, areia) para alvenarias, no caso de “*fundamento em hum lugar aquatico*”, e não propôs a adição de pó de tijolo:

“...os encheles devem ter boas juntas, & se unirão bem humas às outras com gatos de ferro, & primeiro assentadas com cal, cuja composição pede que seja neste caso tanto de cal como de areia, & outras vezes se faz com tres partes de areia, & huma de cal”⁹⁹³.

Notou-se, pela afirmação de Pfeffinger, que as proporções recomendadas foram parcialmente diferentes daquelas dos textos anteriormente citados⁹⁹⁴, e que este autor não deu justificativa alguma para que assim se procedesse. Os outros escritores já mencionados, pelo menos, indicaram a variação do traço a depender da procedência da areia – se de rio, de jazida ou de mar –, ou da qualidade da cal – se gorda ou magra.

Foi possível verificar, no texto atribuído a Fremin, datado de 1702, que era já recriminada a adopção de traços padronizados. Além disto, o mesmo autor sugeriu

⁹⁸⁸ BRANCA, Giovanni, *Manuale d'architettura*, comentários e acrescentos de Giovanni Soli, 5ª ed., Modena, Soc. Tipografica, 1789. L. I, Cap. III, p. 7 – Mesma indicação de MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. vol. III, t. II, tratado I, p. 317.

⁹⁸⁹ BRANCA, Juan, *Manual de arquitectura*, trad., comentários e acrescentos de D. Manuel Hijosa, [6ª ed.], Madrid, La viuda de D. Joachin Ibarra, 1790. L. I, Cap. III, p. 8/9.

⁹⁹⁰ VASCONCELLOS, Ignacio da Piedade (Pe.), *Artefactos symmetriacos, e geometricos*, Lisboa Occidental, Joseph Antonio da Sylva, 1733. L. IV, Cap. XVI, p. 378.

⁹⁹¹ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve & Jean Baptiste Coignard fils, 1699. L. I, Cap. XII, p. 34 – Segundo este autor, existiam cais “...si gras & si excellens qu'on en met cinq parties, & mesme jusques à sept, contre une partie de chaux”.

⁹⁹² FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve & Jean Baptiste Coignard fils, 1699. L. II, Cap. VI, p. 46.

⁹⁹³ PFEFFINGER, *Fortificação moderna*, Lisboa, Officina Real Deslandesiana, 1713. L. IV, Cap. XVII, p. 231.

⁹⁹⁴ Pfeffinger indicou os traços 1:1 ou 1:3, enquanto que na maioria dos textos estudados encontrou-se 1:2 ou 1:3 (cal, areia), apesar de existirem variações.



que fosse ao menos verificada a qualidade da areia disponível no sítio a ser construída a edificação:

“...les architectes font, selon moy, des fautes, quand sans reflechir sur le sable qui se trouve dans les lieux où il convient de bâtir, ils disent dans leurs devis qu'il n'y a qu'à mettre deux tier de sable & un tiers de chaux: ils en font encore une, quand indépendamment de cet examen, ils déterminent un sable sans au préalable l'avoir bien consideré”⁹⁹⁵.

Actualmente, não se usa com tanta frequência a cal. No entanto, nas argamassas cujo aglomerante é o cimento tipo Portland, costuma-se, em obras de pequeno porte ou pequenas reformas, adoptar traços padronizados, como em épocas passadas, mesmo sem se saber a proveniência, ou qualidade, dos materiais. O correcto seria, em todos os casos, definir-se o traço a ser utilizado a depender da granulometria do agregado, do seu teor de humidade e do inchamento, e utilizar-se, na obra, a medição dos materiais em massa, e não em volume, como de praxe.

Num texto redigido no século XIX, e que diz respeito a argamassas de cimento, encontrou-se uma informação interessante: as areias foram estudadas quanto à sua granulometria e as características das cais foram avaliadas atentando-se para o combustível usado na queima⁹⁹⁶.

De acordo com as recomendações de Cataneo, os traços adoptados para as argamassas deveriam ser os vitruvianos: 1:3, se fosse usada areia de jazida, e 1:2, se a areia fosse de rio ou mar. Entretanto, Cataneo foi taxativo quanto à utilização da areia do mar, que deveria ocorrer apenas se fosse imprescindível, e se isto acontecesse, que fosse bem lavada de modo que os sais fossem expurgados. Caso contrário, a obra deveria ser erguida muito lentamente, pois:

“...non solo difficilmente si secca, ma per liquefarsi la salsedine, al tempo delle pioggie da se stessa ruina: il che, intermettendovi tempo, non avverrà cosi facile”⁹⁹⁷.

Mathias Ayres chamou a atenção para o uso despreocupado de qualquer tipo de areia, fosse ela fina ou grossa, sem que se verificasse o volume que ocupava⁹⁹⁸.

As argamassas cujos traços são medidos em volume húmido, como é ainda frequente hoje em dia, por vezes, apresentam problemas após endurecidas. Isto sem falar que o seu custo é mais elevado⁹⁹⁹. O ideal é que o traço seja dado em massa¹⁰⁰⁰, calculando-se o teor de humidade dos agregados miúdos, porém podendo a medição ser eventualmente feita, na obra, em volume. Esta recomendação é

⁹⁹⁵ [FREMIN], *Memoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702. p. 115.

⁹⁹⁶ CASTANHEIRA DAS NEVES, J. da P., «Extracto do relatório sobre experiencias de argamassas feitas na Inspeção das Fortificações de Lisboa», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Lisboa, t. XXVI, Jul./Ago. 1895, p. 315-333. p. 320/321.

⁹⁹⁷ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. III, fls. 29.

⁹⁹⁸ EÇA, Mathias A. R. da Silva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte II, Cap. XI, p. 160/161.

⁹⁹⁹ Agregados miúdos húmidos ocupam um maior volume do que quando secos, por causa do inchamento.

¹⁰⁰⁰ Mesmo querendo maior complexidade operacional na obra.

decorrente do facto de que a massa de um material é constante para toda uma região, enquanto que o seu volume varia a depender da massa unitária do material e do seu módulo de finura. Além disto, o inchamento da areia é regular, e pode ser calculado, mas o do arenoso e do caulim, por exemplo, materiais de uso frequente, hoje em dia, em argamassas, não. Deste modo, dependendo do percentual de humidade dos agregados miúdos, o volume por eles ocupado sofre variação, requerendo consumos diferentes de aglomerante. Facto similar ocorre em virtude do número de finos e da forma dos grãos dos referidos agregados¹⁰⁰¹.

Ainda no que diz respeito aos traços das argamassas, bastante interessante no âmbito desta investigação foi um texto de meados do século XVIII, escrito pelo mestre de pedreiro português Valério Martins de Oliveira¹⁰⁰². Nele foram registados, por exemplo, os traços de argamassas que se tinha o costume de empregar àquela época, em Portugal. A título de curiosidade, pôde ser notado, através da leitura do texto, que o rendimento do material pronto variava, donde se pode inferir que, ou alguns práticos empregavam camadas mais espessas de argamassa, ou os materiais utilizados eram de qualidades diferentes. Os dados que foram recolhidos neste texto, e que comprovam o que ora é dito, são os seguintes:

*“A braça de parede de pedra, e cal, leva sete carradas de pedra, e hum moyo de cal, e dous moyos de areia”*¹⁰⁰³.

Mais adiante, encontrou-se informação similar à acima, porém foram indicadas apenas seis carradas de pedra. Além disto, Valério de Oliveira sugeriu o traço abaixo, no caso do emprego de tijolos:

*“Huma braça de pano de chaminé leva duzentos tijolos, e hum quartoiro de cal, e meio moyo de areia”*¹⁰⁰⁴.

O “moyo”, ou “moio”, é uma antiga medida portuguesa de volume de sólidos. Em Lisboa, na segunda metade do século XVIII, esta medida correspondia a 811,2 litros, conforme Horace Doursther¹⁰⁰⁶ (séc. XIX). Todavia, o engenheiro brasileiro Paulo Pardal (séc. XX), ao investigar a equivalência de tal medida, encontrou que ela seria correspondente a 828 litros, em Lisboa, e 2178 litros, no Brasil¹⁰⁰⁷, o que consiste em uma diferença absurda de valores para uma medida com a mesma

¹⁰⁰¹ GOMES, Adailton Oliveira, VALOIS, João Guilherme Cerqueira, «Argamassas com adição utilizadas na região metropolitana de Salvador», *Revista da Jornada Prof^o Hernani Sobral*, ed. única, Feira de Santana, 1994, p. 49-52. p. 50.

¹⁰⁰² Valério de Oliveira foi baptizado em Novembro de 1695 e ainda estava vivo em 1757.

¹⁰⁰³ OLIVEIRA, Valério Martins de, *Advertencias aos modernos*, Lisboa, Antonio da Sylva, 1748. p. 32 – Grafia original.

¹⁰⁰⁴ VIEIRA, Domingos (Frei), *Grande dictionario portuguez*, Porto, E. Chardon e Bartholomeu H. de Moraes, 1874. vol. V, p. 22 – O quartoiro equivale à quarta parte do moio (ou quinze alqueires).

¹⁰⁰⁵ OLIVEIRA, Valério Martins de, *Advertencias aos modernos*, Lisboa, Antonio da Sylva, 1748. p. 92 – Grafia original.

¹⁰⁰⁶ DOURSTHER, Horace, *Dictionnaire universel des poids et mesures anciens et modernes*, Bruxelas, s.n., 1840. Apud SANTOS, Vitor Manuel V. Lopes dos, *O sistema construtivo pombalino em Lisboa em edificios urbanos agrupados de habitação colectiva*, Lisboa, Fac. de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 1994. Dissertação de doutoramento (policopiada). vol. II, anexo AM, p. 87.

¹⁰⁰⁷ PARDAL, Paulo, «Desfazendo lendas», *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, 160 (402):7-29, Jan./Mar. 1999. p. 24.

denominação, o que seguramente leva a erros ao se tentar actualizar as unidades. Desta maneira, optou-se por indicar o traço com base em moios, concluindo-se que, em ambos os exemplos dados por Valério de Oliveira, seria 1:2 (cal, areia).

Algumas considerações já foram feitas com relação à água, elemento presente na maioria das argamassas estudadas. Todavia, destacam-se outras informações encontradas nos textos consultados. Scamozzi, por exemplo, recomendou que as argamassas fossem feitas da seguinte forma:

*"...stemperando la calce à poco à poco con l'acqua (...) poi dopo bene rimenata à parte, à parte, vi si metti la sabbia, ò sia due tanti; o tre tanti della calcina, secondo che porterà la bonta dell'una, e dell'altra, e di nuovo si aggiungi, e si stemperi con l'acqua; perche certa cosa è, che ela diviene sempre migliori come la pasta del pane bene gramolato"*¹⁰⁰⁸.

Ao comparar-se esta informação com as do texto atribuído a Fremin, indicadas a seguir, e as do *Cours d'architecture*, de J. F. Blondel, verificou-se que estes autores discordaram da opinião de Scamozzi: este autor recomendou a adição de mais água à mistura, porém os outros dois recriminaram qualquer água a ela adicionada, com a justificativa que isto faria apenas com que a cal perdesse a sua força. A única água que devia ser utilizada para o preparo da argamassa era aquela em que a cal fosse extinta, pois se uma água limpa fosse acrescentada à mistura, funcionaria apenas para *"...assoupir & évanouir les esprits ignez"* da cal¹⁰⁰⁹, do mesmo modo que ocorreria se a areia fosse usada húmida¹⁰¹⁰.

A quantidade de água acrescentada à mistura não apresenta a influência negativa mencionada. Simplesmente, se fosse acrescentada mais água do que o necessário, a argamassa ficaria mais fluida¹⁰¹¹. Todavia, a colocação de água na mistura de cal e areia apenas uma única vez, por ocasião da extinção, e o uso de areia limpa, seca e sem argila, foram posições defendidas, igualmente, em outros textos, como naquele atribuído a Cormontaigne¹⁰¹².

No caso das argamassas contemporâneas que contém cimento tipo Portland, a alteração do factor água-cimento leva a uma mudança nas características do material, tanto fresco, quanto após o endurecimento, o que pode causar, em última instância, a ruína da edificação. Mas a quantidade deste líquido presente na mistura com cal não leva a alteração alguma das características da argamassa formada, como ocorre quando o cimento tipo Portland é usado como aglomerante. Entretanto, destaca-se que a reacção do hidróxido com o gás carbónico só se realiza em meio aquoso, de modo que a água desempenha papel fundamental na mistura.

¹⁰⁰⁸ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. t. II, Parte II, L. VII, Cap. XIX, p. 231.

¹⁰⁰⁹ Mais uma vez observou-se, pela indicação dada, que como a ciência ainda não sabia explicar determinados fenómenos químicos, alguns autores apelaram para justificativas transcendentais.

¹⁰¹⁰ [FREMIN], *Memoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702. p. 124.

¹⁰¹¹ Chama-se a atenção, no entanto, que argamassas muito fluidas tendem a apresentar mais facilmente problemas decorrentes da perda de água por ocasião da secagem.

¹⁰¹² [CORMONTAIGNE], *Architecture militaire*, Haia, Jean Neaulme et Adrien Moetjens, 1741. Parte I, Cap. IX, p. 86 e Parte I, Cap. XXII, p. 94.

A observação final encontrada no texto atribuído a Fremin sobre o assunto foi que, após oito dias de concluídos os trabalhos com determinada argamassa, podia ser verificado se ela era boa ou não¹⁰¹³. Esta era uma dedução, ao que parece, muito precipitada, pois como o processo de carbonatação da cal é muito lento, em oito dias não se teria um resultado satisfatório. De qualquer modo, pelo menos já havia uma preocupação com a realização de um teste prático para se ter uma ideia do comportamento do material, o que é louvável.

Hoje, além de ensaios de resistência a compressão e tracção¹⁰¹⁴, que podem ser feitos nas argamassas, existe, dentre outros, o teste do arrancamento¹⁰¹⁵, exactamente para verificar a adesão das argamassas de revestimento ao substrato, ou de um revestimento cerâmico à argamassa que o sustenta.

¹⁰¹³ Se ficava firme, era boa; caso se destacasse da parede, era ruim.

¹⁰¹⁴ Método brasileiro de compressão diametral, desenvolvido pelo Eng. Lobo Carneiro.

¹⁰¹⁵ NBR-13528 – Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1996.

5 – CAL

5.1 – NOÇÕES GENÉRICAS

Actualmente, o uso da cal diminuiu bastante, principalmente por causa da grande difusão do uso do cimento tipo Portland, porém até meados do século passado, este era o aglomerante por excelência utilizado nas construções, tanto para assentamento, quanto para revestimento.

Scamozzi, por exemplo, no primeiro quartel do século XVII, considerou a cal como “o nervo e a força das construções”, já que, sem ela, dizia ser impossível unir as diversas partes que as compunham¹⁰¹⁶; no *Diccionario de commercio e industria*, da autoria de Savary¹⁰¹⁷, e em *La science des ingenieurs*, de Belidor¹⁰¹⁸, textos do século XVIII, verificou-se que a cal foi indicada, também, como a “alma” da construção.

Hoje, muitas são as tentativas feitas em diversas partes do mundo para recuperar a tecnologia perdida de trabalhar com a cal, principalmente para emprego em habitações de baixo custo, já que a produção mundial de cal volta-se, na maioria das vezes, para a agricultura, para a indústria (aciaria, indústria de tintas, de papel), para o tratamento de água, para degelo da neve (em substituição ao sal, em países de clima frio), dentre outros usos. No ramo da construção civil, a cal é ainda, com certa frequência, usada em argamassas mistas com cimento, blocos de betão celular¹⁰¹⁹ e blocos de solo-cal.

No Brasil, assim como em outros países onde o déficit habitacional é elevado, uma atenção maior ao assunto seria válida, mas ao menos algo tem sido feito para a divulgação do produto, tanto que há uma associação nacional de produtores¹⁰²⁰, responsável por diversas publicações que abordam este tema, inclusivamente uma de expressão periódica, o *Jornal da cal*¹⁰²¹.

Apesar do emprego da cal ter caído em desuso no Brasil, ainda hoje pode ser constatado, em certas regiões mais inóspitas e de populações de baixa renda, o preparo artesanal do material. O município de Curaçá, no Sertão da Bahia, uma zona de solo calcário, é um exemplo. Naquela região, podem ainda ser observados fornos rudimentares, que são utilizados no fabrico da cal pelos moradores. Tais fornos, de planta circular, não apresentam cobertura, e o material submetido à queima é disposto em camadas alternadas com a lenha, o combustível utilizado. Neste mesmo município,

¹⁰¹⁶ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XIX, p. 230.

¹⁰¹⁷ SAVARY, *Diccionario de commercio e industria* (trad. de A. Jacqueri Salles), Lisboa, Cód. MEPAT, anterior a 1813. vol. I, verbete *cal*, p. 353-357. p. 354.

¹⁰¹⁸ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. III, p. 7.

¹⁰¹⁹ GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 120 – Blocos formados pela mistura de cal, areia e pó de alumínio metálico.

¹⁰²⁰ ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal.

¹⁰²¹ Actualmente no seu vigésimo terceiro ano, esta publicação quadrimestral da ABPC, editada em São Paulo e distribuída para todo o Brasil, fornece informações sobre o sector minero-industrial da cal, não apenas a nível nacional, mas também mundial.

algumas instituições têm tentado colaborar com os habitantes locais, instruindo-os como produzir, artesanalmente, um produto de boa qualidade¹⁰²².

Em outros países, tentativas da retomada da cal como material de construção têm sido sentidas. Sediado no Reino Unido, o *Intermediate Technology Development Group* (ITDG), por exemplo, tem agido no sentido de divulgar as vantagens do emprego da cal. Além da organização de seminários internacionais, publicação de livros e periódicos¹⁰²³, o grupo financia investigações e envia consultores aos países do dito terceiro mundo, de modo a orientar a confecção do produto.

Até na rede mundial de computadores (*Internet*) já podem ser encontradas informações sobre utilização e produção da cal, assim como referências bibliográficas sobre o assunto, dados acerca do consumo do material, e relação dos membros de associações internacionais que se preocupam com o tema¹⁰²⁴.

O conhecimento da cal é muito antigo. Este material já foi, pelo menos, datado desde o período Natufiano (10.300-8.500 a.C.)¹⁰²⁵, apesar de não se saber exactamente com que finalidade era utilizado. Como a cultura dos habitantes daquela época era ainda primitiva, o resíduo encontrado pelos arqueólogos pode ter sido oriundo de uma queima accidental, como por exemplo, decorrente do emprego de pedras calcárias nas proximidades de algum fogo, e não como um remanescente da sua utilização na construção. De acordo com José Epitácio Guimarães, M. Venaut disse que a mais antiga aplicação deste aglomerante na construção civil data de 5.600 a.C., na "villa" romana de Lepenke-Vir, actual Jugoslávia: uma laje de 25 cm de espessura feita em seu pátio¹⁰²⁶.

De qualquer modo, seu uso foi frequente entre as antigas civilizações, como material construtivo, o que é comprovado através de vestígios arqueológicos e da bibliografia. O que variou, ao longo dos séculos, foi o processo de obtenção deste material, ou seja, a matéria-prima utilizada (calcários, mármore, conchas de diversas espécies, carbetto de cálcio), os fornos e os combustíveis utilizados na calcinação, o método de calcinação em si (temperatura e tempo de queima), o manuseio e a extinção.

5.2 – MATÉRIAS-PRIMAS TRADICIONALMENTE USADAS

5.2.1 – Rochas calcárias

A primeira referência acerca da cal, encontrada na bibliografia consultada, em texto de arquitectura, foi descoberta no tratado de Vitruvius. Todavia, ao procurar entender o que foi dito pelo mestre romano, chegou-se à conclusão que, do mesmo

¹⁰²² GNADLINGER, Johann, *Redescobrimo a cal para construir cisternas*, Juazeiro, Fonte Viva, [1999].

¹⁰²³ *Basin News*, revista não somente sobre cal, mas que contém artigos sobre diversas tecnologias alternativas, e que é distribuída para várias partes do mundo.

¹⁰²⁴ JORNAL DA CAL, Ano XXI, n.º 65, Julho/97. São Paulo, ABPC. p. 2 – A página da *Lime on line*, por exemplo, é <http://www.vol.it/qualical>, e a sede da Qualical é em Bérghamo, Itália.

¹⁰²⁵ KINGERY, W. David, VANDIVER, Pamela, PRICKETT, Marta, «The beginnings of pyrotechnology. Part II», *Journal of field archaeology*, 1988, vol. XV, p. 219-243. p. 219.

¹⁰²⁶ GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 21.

modo como ocorreu ao tratar dos materiais feitos com solo¹⁰²⁷, é difícil a interpretação das informações dadas, a partir da análise de diversas edições do texto. Tais divergências foram relacionadas a seguir, por tradutor/comentarista:

- a) Daniel Barbaro¹⁰²⁸ – “...*la calce cotta sia di pietra bianca, overo di selice...*” – Barbaro não especificou o que entendia por *selice*, mas supõe-se que estava-se a referir à mesma pedra mencionada por Ortiz y Sanz, Granger e Oliver Domingo, visto que adoptou terminologia idêntica;
- b) Claude Perrault¹⁰²⁹ – “...*qu'elle soit faite avec des pierres blanches, ou des cailloux*” – “*Cailloux*” é um termo genérico. As pedras mencionadas por Vitruvius, conforme pode ser verificado nos comentários tecidos ao texto em latim ora consultado, que acompanha a versão inglesa de Granger, eram pedras específicas de determinado sítio. Logo, acredita-se fosse melhor utilizar outra terminologia, para não dar margem a dúvidas;
- c) Joseph Ortiz y Sanz¹⁰³⁰ – “...*haciendola de piedra branca, ó de pedernal*” – Nos comentários ao texto, foi justificado que o pedernal era sílex, material usado na pavimentação das principais vias romanas, extraído a três milhas de Roma, na via Ápia. Francesco di Giorgio Martini disse, em seu tratado, que a melhor cal era feita de “*selice*”¹⁰³¹. Este termo, segundo Corrado Maltese, comentarista de tal publicação, corresponde ao tipo de pedra realmente usado na pavimentação de estradas romanas. Só que tal pedra, que era dura e cor índigo ou cinzento escuro, seria a lava basáltica¹⁰³². O estranho é que a lava basáltica não é carbonática e, conseqüentemente, não se prestaria ao fabrico de cal. Pode-se inferir, pois, que o termo “*sílex*” teria outra significação, no caso;
- d) Morris Morgan¹⁰³³ – “...*we must be careful that it is burned from a stone which, whether soft or hard, is in any case white*” – Segundo esta edição, Vitruvius teria dito algo completamente diferente do que os demais tradutores/comentaristas afirmaram: a pedra poderia ser dura ou mole, contanto que fosse branca. É certo que pedras duras ou moles servem para o fabrico da cal. No entanto, outras pedras calcárias, porém de coloração diversa da branca, também foram usadas ao longo dos séculos, com sucesso;

¹⁰²⁷ Assunto amplamente discutido no capítulo 1 desta tese.

¹⁰²⁸ VITRUVIO POLLIO, Marco, *I dieci libri dell'architettura*, trad. e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556.

¹⁰²⁹ VITRUVIUS, *Les dix livres d'architecture*, correcção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-símile, Bruxelas, Pierre Mardaga, 1979. L. II, Cap. V, p. 36.

¹⁰³⁰ VITRUVIO POLIÓN, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Joseph Ortiz y Sanz (Madrid, Imprenta Real, 1787), fac-símile com prólogo de Defin Rodríguez Ruiz, [Madrid], Akal, 1992. L. II, Cap. V, p. 35.

¹⁰³¹ Mesmo termo usado por Frank Granger e Oliver Domingo.

¹⁰³² MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. vol. III, t. II, tratado I, p. 317.

¹⁰³³ VITRUVIUS, *The ten books on architecture*, trad. de Morris Hicky Morgan, Nova Iorque, Dover Publications, 1960 (reimpressão da edição publicada em Cambridge pela Harvard University Press, em 1914). L. II, Cap. V, p. 45.

- e) Agustín Blánquez¹⁰³⁴ – “...ésta, para que sea buena, habrá de estar hecha de piedra blanca o de piedra dura...” – Imagina-se, ao menos, que ao fazer este tipo de afirmação, o autor se estivesse a referir unicamente a pedras calcárias¹⁰³⁵. Caso contrário, a indicação seria muito genérica, podendo induzir a erros de interpretação: como os antigos arquitectos, engenheiros ou operários, poderiam saber que não se podia usar um pórfiro vermelho, por exemplo, uma pedra dura, para fazer cal? E por que não usar uma pedra mole e branca, como o talco, com a mesma finalidade? Da maneira como a sugestão foi dada, praticamente todo tipo de pedra seria útil a este mister, o que se sabe não corresponde à realidade. Só pedras de natureza carbonatada se prestam a tal finalidade, não importando de que cor sejam;
- f) Frank Granger¹⁰³⁶ – “...to burn it out of white stone or lava”... // “...tum etiam de calce diligentia est adhibenda, uti de albo saxo aut silice coquatur” – Embora se pudesse pensar, a princípio, que o termo *lava* significava lava vulcânica ou lava basáltica, materiais que não se prestariam ao fabrico da cal, na nota 4, Granger indicou que o seu significado era sílex¹⁰³⁷. Na nota 2 informou que “*Coquatur*” era o nome de uma cidade. Logo, não se pode generalizar o tipo de pedra. Ter-se-ia que conhecer exactamente as características da mesma, ao invés de afirmar simplesmente que era sílex;
- g) José Oliver Domingo¹⁰³⁸ – “...piedra branca o silice”;
- h) Helena Rua¹⁰³⁹ – “...que ela seja feita com pedras brancas, ou calhaus” – Calhau também é um termo genérico. No entanto, a tradução foi feita a partir do texto de Perrault.

Destas oito edições do tratado vitruviano, que correspondem a nove, tendo-se em vista que a que contém a tradução de Frank Granger é bilíngue, apenas três são anteriores ao século XIX. Consequentemente, só estas podem ter sido consultadas pelos autores cujos textos foram comentados ao longo desta investigação. Sendo assim, a tradução mais problemática de todas, a de Morris Morgan, não teria sido levada em consideração.

Fazendo-se, então, uma síntese do que foi dito nas várias edições, com base na terminologia empregada e tendo-se em vista os comentários ora feitos, as pedras

¹⁰³⁴ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. V, p. 43.

¹⁰³⁵ Outros autores, entretanto, deram informações claras que nem toda pedra servia para fazer cal. Uma informação complementar deste tipo seria importante, pois o texto poderia servir para orientar, inclusive, pessoas menos esclarecidas, que estivessem sendo iniciadas nos temas ligados aos materiais de construção.

¹⁰³⁶ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. vol. I, L. II, Cap. V, p. 97/96.

¹⁰³⁷ Entra-se, pois, em considerações similares às tecidas anteriormente na alínea c.

¹⁰³⁸ VITRUVIO POLIÓN, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, introdução de Defín Rodríguez Ruiz, trad. de José Luis Oliver Domingo, Madrid, Alianza, 1995. L. II, Cap. V, p. 107.

¹⁰³⁹ VITRÚVIO, *Os dez livros de arquitectura*, trad. de Helena Rua, Lisboa, IST, 1998. L. II, Cap. V, p. 36.

para fazer cal seriam brancas, calhaus ou sílex de determinada região, rochas obviamente calcárias.

Encontrou-se, em um texto actual sobre cal, a definição de uma cal hidráulica conhecida como *cal romana*, ou *cimento romano*, que seria uma cal virgem oriunda de calcários impuros contendo alto teor de sílica, componente que lhe daria propriedades cimentantes¹⁰⁴⁰. Este calcário é que devia ser o sílex mencionado. Ou então o termo sílex teria sido usado simplesmente como sinónimo de seixo (confusões na tradução?), visto que em enciclopédias¹⁰⁴¹, a definição dada para este material limita-se a classificá-lo como uma rocha puramente quartzosa, donde se conclui que não seria adequada à factura da cal. Na realidade, segundo Cairolí Fulvio Giuliani, eram várias as rochas conhecidas antigamente por esta denominação¹⁰⁴².

Levando-se em consideração apenas a questão da coloração das pedras, certos autores que sucederam Vitruviuso recomendaram variedades que não eram brancas. Martini, por exemplo, além daquelas pedras anteriormente indicadas¹⁰⁴³, também foi favorável ao uso da pedra "*albazzana*", citada pelo próprio Vitruviuso como pedra de cantaria, que é de cor de cinzas, para fazer cal hidráulica¹⁰⁴⁴.

Vários são os autores enunciados neste item que falam na dureza e na coloração das pedras para fabrico da cal como factores primordiais na dureza da argamassa, conforme poderá ser observado. A título de exemplificação, citam-se a seguir algumas opiniões, por vezes um pouco distoantes da emitida por Vitruviuso. Destaca-se que, na opinião de Vitruviuso, no caso de argamassas de assentamento, seria melhor usar pedras compactas e duras, enquanto que pedras porosas seriam mais adequadas no caso de argamassa para revestimento¹⁰⁴⁵.

Qual seria a lógica para esta afirmativa? Possivelmente, como a pedra dura era julgada capaz de propiciar a produção de uma cal de melhor qualidade, Vitruviuso deveria acreditar que resistiria mais ao carregamento. Já os rebocos, por sua vez, como não tinham como função receber cargas, mas simplesmente defendiam o imóvel contra as injúrias do tempo, podiam ser feitos com cal de pior qualidade, quiçá também mais porosa.

Diogo da Sylveyra Vellozo afirmou que a melhor pedra para fazer cal era a de coloração cinza azulada¹⁰⁴⁶; Mathias Ayres e Negreiros, recomendaram a pedra

¹⁰⁴⁰ GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 267.

¹⁰⁴¹ ENCYCLOPEDIA E DICCIONARIO internacional, RJ/SP/PA, W. M. Jackson, s.d. vol. XVIII, verbete *sílex*, p. 10673.

¹⁰⁴² GIULIANI, Cairolí Fulvio, *L'edilizia nell'Antichità*, 4ª impressão, Roma, NIS, 1995. Cap. VII, p. 149 – "...la selce, il marmo, la pietra di monte e simili, tutte quelle globalmente individuate nell'antichità con il termine «silex»".

¹⁰⁴³ De cor índigo ou cinzento escuro.

¹⁰⁴⁴ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. vol. III, t. II, tratado I, p. 317.

¹⁰⁴⁵ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. V, p. 43 – As outras edições disponíveis foram verificadas, constatando-se que esta informação foi a mesma em todas elas.

¹⁰⁴⁶ VELLOZO, Diogo da Sylveyra, *Architectura militar*, Pernambuco, Cód. 49-III-3 (BAJ), 1743. Parte II, Cap. XXV, fls. 222v.

lioz¹⁰⁴⁷, rocha que apresenta variações de cores, sendo normalmente clara, porém não exactamente branca, e que sempre foi elogiada como capaz de produzir uma cal de muito boa qualidade¹⁰⁴⁸.

J. F. Blondel, por exemplo, também considerou que a dureza da cal dependia da dureza da pedra que a teria originado, sendo que as mais pesadas e as mais brancas seriam as mais adequadas no preparo de uma boa cal, consistindo o mármore na melhor opção. As pedras brandas só deviam ser usadas em caso de serem as únicas disponíveis¹⁰⁴⁹. Este último ponto é aquele no qual há discordância com o ensinamento de Vitruvius, já que J. F. Blondel recomendou a pedra branda em última instância, o que aparentemente Vitruvius não fez.

A crença no facto de que a dureza da pedra era responsável pela dureza da argamassa feita com sua cal permaneceu, mesmo tendo-se verificado, há algum tempo, através de análises e testes químicos e físicos, que isto não retractava a realidade¹⁰⁵⁰. Logo, partindo-se do princípio que tal averiguação foi feita de maneira correcta, descartou-se a necessidade de se proceder a uma nova série de ensaios no intuito de chegar às mesmas conclusões. Esta seria, inclusive, uma investigação longa, que demandaria a utilização de uma ampla gama de rochas, a confecção de um grande número de provetes e a realização de diversos ensaios.

Segundo Cataneo, a natureza da cal variava conforme a natureza da pedra, sendo melhores as fabricadas a partir de pedras duras, provenientes de sítios húmidos. Ainda na sua opinião, as cais oriundas de calcários de jazidas seriam melhores do que aquelas feitas a partir de seixos encontrados na superfície¹⁰⁵¹. Isto provavelmente porque as rochas que se encontravam na superfície eram mais fracas, por serem mais alteradas.

Com relação à escolha da matéria-prima em vista da finalidade à qual se destinava da cal, Cataneo informou que, para cada uso – exterior, interior, lugares secos ou húmidos – era recomendada a calcinação de um tipo específico de pedra. Como um detalhe importante, esclareceu que, segundo Catão, os diversos tipos de

¹⁰⁴⁷ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Silva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. VIII, p. 156 // NEGREIROS, José Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 143.

¹⁰⁴⁸ Através dos ensaios de determinação da temperatura total de extinção, cujos procedimentos adoptados e resultados alcançados foram descritos no item 5.6, teve-se a oportunidade de constatar que o processo de extinção da cal de pedra lioz dá-se com certa violência (a subida de temperatura, em cerca de 50°C, é praticamente instantânea) e é rapidíssimo, se comparado com o que ocorre com o mármore e com os calcários de origem marinha: completa-se em quatro minutos, enquanto que a norma brasileira, por exemplo, informa que as cais consideradas como de extinção rápida tem o seu processo de extinção iniciado em tempo inferior a cinco minutos. No entanto, este ensaio, assim como aqueles de caracterização química do material, também efectuados ao longo desta investigação, não foram suficientes para se ter condições de afirmar que a cal de lioz seria a melhor cal do mundo.

¹⁰⁴⁹ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. t. V, De la maçonnerie, Cap. V, Art. I, p. 179-180.

¹⁰⁵⁰ McKEE, Harley, «Commentary, masonry and masonry products: mortar, plaster/stucco and concrete», *Preservation and conservation: principles and practices*. Actas da The North American International Conference of Williamsburg, Washington, The Preservation Press, 1976. p. 204-205.

¹⁰⁵¹ CATANEO, Pietro, *I primi quattro libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. V, fls. 29v.

pedra não deveriam ser misturados, pois o material resultante não apresentaria boa qualidade¹⁰⁵².

A mistura de rochas de diversas naturezas produz realmente um material mais heterogéneo e, conseqüentemente, de pior qualidade. Este é um cuidado que se deve ter até hoje, a quando do fabrico de cal. Quanto a escolher-se a matéria-prima a depender da finalidade da cal, sabe-se, hoje, que a indicação não é procedente.

Philibert de l'Orme afirmou que a pedra calcária mais adequada à produção da cal era a mais pesada, e que soasse como um vaso de cerâmica bem cozido, quando recebesse leves pancadas¹⁰⁵³. Ou seja, deveria ser uma rocha dura, com densidade alta e com pouca porosidade, o que já foi informado não ser necessário, mas que coincide com a opinião vitruviana, quando este autor mencionou o tipo de matéria-prima recomendado no fabrico de cal para argamassas de assentamento.

No tratado atribuído a António Rodrigues, a pedra boa para fazer cal foi descrita como sendo aquela que era húmida (daí não poder ser retirada da superfície da terra) e capaz de receber lustro. Conforme a opinião do autor, a pedra seca não poderia receber lustro, pois, pelo facto de ter perdido a humidade por acção dos raios solares, teria também perdido a sua força, não servindo, por conseguinte, nem para receber lustro, nem para fazer cal. No seu entender, esta pedra poderia ser reconhecida, porque, ao ser submetida ao processo de transformação em hidróxido¹⁰⁵⁴, queimava rapidamente, gastava pouca lenha, se desfazia com pouca água, e corria como azougue¹⁰⁵⁵. Além disto, quando a cal era traçada com a areia, só funcionava satisfatoriamente com uma quantidade menor de areia do que aquela usada com pedra húmida, de boa qualidade, ou seja, havia na obra um consumo maior de cal, o que reflectia um maior gasto.

Scamozzi fez referência a diversos tipos de pedra para fazer cal, conforme a opinião de autores que o antecederam: pedras brancas variadas (algumas das quais semelhantes ao mármore); pedra "fidenate"¹⁰⁵⁶ (pálida ou tendente ao avermelhado); travertino; seixos porosos e leves; sílex¹⁰⁵⁷. Também citou um tipo de pedra existente em Praga, que apesar de ser negra como sílex¹⁰⁵⁸ e mais mole que este, após queima durante cinco dias e cinco noites propiciava a formação de uma cal

¹⁰⁵² CATANEO, Pietro, *I primi quattro libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. V, fls. 29v.

¹⁰⁵³ DE L'ORME, Philibert, *Le premier tome de l'architecture* (Paris, Frederic Morel, 1567), *Traité d'architecture*, fac-símile, apresentação de J. M. Pérouse de Montclos, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XVI, fls. 27v/28.

¹⁰⁵⁴ Reacção de calcinação seguida por extinção.

¹⁰⁵⁵ [RODRIGUES, António], [Tratado de arquitectura], [Lisboa], Cód. 3675 (BNL), [séc. XVI]. Cap. VII, fls. 17-18v. Apud MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada) – A semelhança atribuída pelo autor da cal com o mercúrio metálico serve para dar uma ideia da consistência do material.

¹⁰⁵⁶ Tufo calcário amarelo-acastanhado, conforme informação do geólogo Lorenzo Lazzarini.

¹⁰⁵⁷ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVII, p. 223.

¹⁰⁵⁸ Mais uma vez se destaca que, a depender do tipo de sílex, poderia não ser negro.

branca¹⁰⁵⁹. Contudo, no seu texto encontrou-se informação explícita de que Andrea Palladio elogiou muito a cal feita de seixos duros e brancos¹⁰⁶⁰, com o que o próprio Scamozzi claramente concordou, completando dizendo que seria ótima principalmente se proveniente de pedras gordas e frescas, cuja cal teria capacidade de empastar muita areia¹⁰⁶¹.

Mattheus do Couto, outro autor seiscentista consultado, sugeriu também o uso da pedra mais dura para o fabrico da cal¹⁰⁶². No entanto, aparentemente não julgou necessário que a pedra rija fosse obrigatoriamente branca, pois referiu-se a uma cal que, apesar de apresentar eventualmente coloração escura – o que prova que não foi originada de uma pedra clara –, prestava-se à construção:

*“...esta cal he preta como cinza ao tirar do forno, mas feita em obra fica mais alva, mas não tanto como a da nossa pedra de lios”*¹⁰⁶³.

Leonardo de’Vegni, tradutor para o espanhol do texto de Giovanni Branca, foi igualmente partidário da opinião que as melhores pedras para se fazer a cal eram as mais duras, porém também não julgou que precisavam, necessariamente, ser brancas, já que apontou o *“pedernal azulado obscuro”* como adequado¹⁰⁶⁴.

Pode-se notar que, de maneira geral, nos textos antigos, ainda não havia um conhecimento a respeito da constituição mineralógica dos diversos componentes da crosta terrestre, sendo as pedras calcináveis identificadas pela experiência. Daí a grande dificuldade, em dias actuais, de saber-se a qual lítico os diversos autores se referiam. Scamozzi, entretanto, deu uma prova que realmente se sabia que determinado componente era o responsável por propiciar às pedras a capacidade de ser transformada em cal:

*“La calcare, che propriamente così se chiamano dalla voce del calçolo di che s’i fà la calcina...”*¹⁰⁶⁵.

Segundo E. Leduc, a primeira explicação científica acerca da decomposição dos calcários foi dada por Joseph Black (1728-1799), que mostrou que pela

¹⁰⁵⁹ SCAMOZZI, Vincenzo, *L’idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVIII, p. 227 – Não se conseguiu descobrir exactamente que pedra era a de Praga, porém, a título de curiosidade, submeteu-se à queima, em laboratório, uma amostra de mármore preto, constatando-se que a cal viva formada apresentou coloração branca.

¹⁰⁶⁰ SCAMOZZI, Vincenzo, *L’idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVII, p. 223 – Nesta indicação percebe-se que alguns autores consideravam que a pedra tinha que ser dura e branca, e não, opcionalmente, de um tipo, ou de outro.

¹⁰⁶¹ SCAMOZZI, Vincenzo, *L’idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XIX, p. 230.

¹⁰⁶² COUTO, Mattheus do (o Velho), *Tractado de architectura*, [Lisboa], 1631. Cód. F.7752 (BNL). Cap. IX, p. 37 – *“A cal será melhor aquella q’ de mais rija pedra se fizer, e a q’ de mais branda peor”*.

¹⁰⁶³ COUTO, Mattheus do (o Velho), *Tractado de architectura*, [Lisboa], 1631. Cód. F.7752 (BNL). Cap. IX, p. 38.

¹⁰⁶⁴ BRANCA, Juan, *Manual de arquitectura*, trad. comentários e acrescentos de D. Manuel Hijosa, [6ª ed.], Madrid, La Viuda de D. Joachin Ibarra, 1790. L. I, Cap. III, p. 8, nota 1.

¹⁰⁶⁵ SCAMOZZI, Vincenzo, *L’idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVIII, p. 227.

calcinação do carbonato havia libertação de gás carbónico¹⁰⁶⁶. As primeiras investigações experimentais sobre as argamassas de cal, no entanto, só foram feitas em 1818, por L. J. Vicat¹⁰⁶⁷, o responsável pelo estabelecimento da fórmula para determinação do índice hidráulico.

Quanto à distinção entre pedras que serviam para fazer cal daquelas que não tinham esta utilidade, alguns autores fizeram menção explícita à existência de tipos diversos. Teofrasto, por exemplo, ao falar sobre rochas, de maneira geral, disse o seguinte:

“Some absolutely affirm, that all stones will melt in the fire except marble, which by burning is reduced to lime”¹⁰⁶⁸.

Não foi mencionado por Teofrasto o uso de outros calcários no fabrico da cal, mas como a Grécia é rica tanto em mármore quanto em calcários¹⁰⁶⁹, possivelmente os demais tipos de calcários estariam incluídos na definição genérica de mármore, como ocorria e ocorre com frequência, o que foi comentado no capítulo de rochas, daí não serem citados textualmente. Por outro lado, quanto à informação que todas as pedras derretiam no fogo, só corresponderia obviamente à verdade, caso o autor estivesse se referindo a certos minérios, e não pedras de construção.

Negreiros, pelo menos, especificou que a cal devia ser feita de pedras próprias a serem calcinadas, *“porque nem de toda a pedra se pode fazer cal”¹⁰⁷⁰*, o que é óbvio. Só as pedras carbonáticas – rochas que contêm carbonatos de cálcio, ou carbonatos de cálcio e magnésio¹⁰⁷¹ – por acção do fogo, transformam-se em cal virgem, composto químico que, por sua vez, caso seja submetido à acção da água, origina a chamada cal extinta. Tanto a cal virgem, quanto a extinta – CaO e Ca(OH)₂, nomeadamente –, podem ser usadas na confecção de argamassa.

O próprio Negreiros completou a informação a respeito da formação da cal explicando que as pedras excessivamente rijas não podiam ser calcinadas; as muito brandas eram inúteis; as brandas que possuíam uma certa dureza produziam uma cal considerada inferior, que apresentava coloração parda. Ou seja, indicou, pela experiência, como avaliar a correlação entre os determinados tipos de rocha e a capacidade de serem convertidas em cal ou, eventualmente, como correlacionar a pedra com a qualidade da cal dela resultante.

Será que a coloração parda da cal mencionada por Negreiros não era decorrente do facto das pedras brandas escolhidas conterem impurezas? Como o seu texto não permite, hoje, uma identificação, com precisão, das pedras às quais fez referência, é impossível sair-se do nível de especulação. Sabe-se, entretanto, que as

¹⁰⁶⁶ LEDUC, E., *Chaux et ciments*, 2ª ed., Paris, J. B. Baillièrre et fils, 1919. Cap. VII, p. 14.

¹⁰⁶⁷ LE CHATELIER, H., *Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques*, Paris, V^o Ch. Dunod, 1904. p. 36.

¹⁰⁶⁸ THEOPHRASTUS, *History of stones*, trad. de Sir John Hill, Londres, 1774. p. 47, prop. XX – Sublinhados do autor.

¹⁰⁶⁹ MARTIN, Roland, *Manuel d'architecture grecque*, Paris, Picard et Cie, 1965. vol. I, p. 128.

¹⁰⁷⁰ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 142v.

¹⁰⁷¹ A cal pode ser calcária, magnésiana ou dolomítica, a depender dos percentuais dos óxidos presentes.

cais hidráulicas também apresentam esta coloração, resultante da presença de minerais argilosos em sua composição¹⁰⁷², e que é um material de boa qualidade.

Negreiros acreditava que a cal da pedra lioz, se extinta em água doce, seria a melhor cal do mundo¹⁰⁷³. Por que será que este português atribuía tão boas qualidades à cal feita com tal tipo de rocha? Pelo facto da pedra lioz ser um tipo de calcário que eventualmente possui na sua constituição componentes argilosos¹⁰⁷⁴, o que favoreceria a produção de uma cal com propriedades hidráulicas, endurecendo tanto em local seco, quanto dentro da água? Não se acredita nesta hipótese, pois não foi encontrada referência alguma acerca do uso de cal desta procedência especificamente em sítios húmidos. Não se pôde concluir porque o produto resultante da calcinação deste tipo de pedra seria o melhor do mundo. Para se ter condições de fazer tal afirmação, seria necessário testar inúmeras amostras de matérias-primas, fazendo ensaios e análises químicas muito diversificados.

Ainda com relação à individualização, de maneira prática, dos líticos aptos ao preparo da cal, J. F. Blondel indicou o teste feito com água forte¹⁰⁷⁵. Tal teste consistia simplesmente em verificar se a água forte agia sobre a dita pedra, causando efervescência¹⁰⁷⁶.

O método expedito usado actualmente para se determinar se uma pedra é calcária é similar, porém utiliza-se ácido clorídrico (HCl), e não ácido nítrico (HNO₃). Em ambos os casos, realmente ocorre a efervescência, pois há libertação de gás carbónico, de modo que não restam dúvidas quanto à presença, ou não, do carbonato¹⁰⁷⁷.

As equações que representam as reacções químicas com o ácido nítrico e com o clorídrico, nomeadamente, no caso da pedra analisada ser composta unicamente por carbonato de cálcio, são:



Por meio deste teste, entretanto, é impossível constatar se a pedra tem o teor de carbonatos de cálcio adequados à produção de cal. Se um calcário for dolomítico, por exemplo, também ferve, ou seja, a reacção do ácido com a pedra também liberta

¹⁰⁷² GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 90/91 – A cor varia de creme a castanho escuro.

¹⁰⁷³ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 143.

¹⁰⁷⁴ CASTANHEIRA DAS NEVES, J. da P., «Estudo sobre algumas caes hydraulicas e magnesianas nacionaes», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Lisboa, t. XXIII, Jul./Set. 1892, n.º 271 a 273. p. 207-304. Parte I, p. 212 – Ao mencionar os estudos feitos com a cal de Alcântara, Castanheira das Neves informou: "...produziu por processos regulares pequenas porções da cal hydraulica, servindo-se para esse fabrico do calcareo mamoso subjacente ao calcareo compacto da pedreira do Alvíto entre a de Raton e a do guano, proximo á ribeira de Alcântara".

¹⁰⁷⁵ Ácido nítrico diluído.

¹⁰⁷⁶ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, De la maçonnerie, Cap. V, Art. I, p. 180.

¹⁰⁷⁷ O que pode ocorrer é que a reacção seja mais intensa, no caso da presença unicamente de carbonato de cálcio, e de menor intensidade, quando existir uma mistura deste com carbonato de magnésio, ou a pedra for composta apenas por carbonato de magnésio.

gás carbónico, causando efervescência, porém de menor intensidade. As cais feitas com calcários dolomíticos não têm qualidade tão boa quanto aquela feita com calcário composto unicamente por carbonato de cálcio¹⁰⁷⁸, de modo que o método de avaliação da rocha aconselhado por J. F. Blondel não era totalmente eficiente para esta finalidade.

Quanto ao uso do mármore propriamente dito na produção de cal, Michael Wingate (séc. XX) disse serem bastante procurados pelo seu teor de carbonatos¹⁰⁷⁹. Porém apontou certos problemas: os que apresentam baixa porosidade são mais difíceis de calcinar, e certos tipos contêm impurezas, tais como olivina, que são muito cristalinas para reagir e fazer uma cal hidráulica¹⁰⁸⁰.

Alguns autores, a exemplo de Philibert de l'Orme, ao mencionarem o fabrico da cal, disseram que o material produzido só atingiria a sua maior força, como aglomerante, se fosse feito com a mesma pedra a ser usada na construção do edifício¹⁰⁸¹. H. Bonnami afirmou ser isto geralmente impossível, assim como criticou o desconhecimento de cais hidráulicas naturais por parte dos antigos construtores¹⁰⁸². Disse que, se não eram cientes daquelas informações¹⁰⁸³, não poderiam ser comparados aos construtores seus contemporâneos. Deste modo, os romanos, na sua opinião, não tinham dado contribuição alguma, em termos do uso de materiais de construção, à posteridade¹⁰⁸⁴, o que é injusto. E que dizer de todo o legado de técnicas construtivas deixado pelos romanos? Estranho que um engenheiro civil, que ocupou cargos importantes¹⁰⁸⁵, em França, o desconhecesse.

A ideia de se fazer argamassa com a mesma pedra usada na cantaria do edifício tinha certa lógica: de maneira geral, quanto mais similares forem, em sua constituição, os materiais aplicados em contacto, maior compatibilidade apresentam. Só que era realmente inviável fazer o indicado por Philibert de l'Orme. Além disto, argamassas feitas com cal de proveniência diversa das rochas usadas na mesma construção à qual ela se destinava foram sempre usadas e, tendo sido executadas dentro dos padrões recomendados, apresentaram comportamento muito bom. Muitos são os remanescentes arqueológicos que atestam isto.

¹⁰⁷⁸ GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 75 a 79 – Apenas 10 a 25% do óxido de magnésio sob a forma hidratada está presente nas cais dolomíticas ou magnesianas extintas à pressão atmosférica. Logo, características como plasticidade, capacidade de retenção de água e incorporação de areia são afectadas neste tipo de material. Como solução, actualmente costuma-se utilizar a hidratação deste tipo de cal sob pressão.

¹⁰⁷⁹ Vale à pena lembrar que, no entanto, muitos dos mármoreos contêm carbonato de magnésio.

¹⁰⁸⁰ WINGATE, Michael, *Small-scale lime-burning*, Londres, ITP, 1985. Cap. III, p. 24.

¹⁰⁸¹ DE L'ORME, Philibert, Le premier tome de l'architecture (Paris, Frederic Morel, 1567), *Traité d'architecture*, fac-símile, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XVI, fls. 28.

¹⁰⁸² Só sabiam fazer, segundo Bonnami, argamassas com características similares através da adição de pó cerâmico.

¹⁰⁸³ Bonnami exemplificou comentando que o desconhecimento das cais hidráulicas não permitia a execução de blocos a serem utilizados dentro do mar.

¹⁰⁸⁴ BONNAMI, H., *Fabrication et controle des chaux hydrauliques et des ciments*, Paris, Gauthiers-Villars et fils, 1888. p. 5.

¹⁰⁸⁵ Segundo a folha de rosto do seu próprio livro *Fabrication et controle des chaux hydrauliques et des ciments*, Bonnami foi "conducteur des ponts et chaussées, ingénieur-directeur des usines de Pont-de-Pany et Malain, membre de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, etc."

Quanto ao uso de pó cerâmico com a finalidade de conferir hidráulidade à mistura, o assunto vai ser abordado no capítulo 7. É facto, por exemplo, que os construtores antigos, pelo menos desde os romanos, conheciam pozolanas naturais, que apresentavam estas características. Além disto, conheciam determinadas rochas que, ao serem transformadas em cal, endureciam dentro da água, como os livros informam. Obviamente, tal cal tinha propriedades hidráulicas.

5.2.2 – Calcários marinhos

Vitrúvio não mencionou, como possíveis fontes de carbonato de cálcio¹⁰⁸⁶ que poderiam ser utilizados na produção da cal, os calcários marinhos provenientes de conchas, búzios e corais, citados por vários autores. Talvez isto tenha ocorrido porque era grande a quantidade de jazidas conhecidas de rochas de natureza carbonatada¹⁰⁸⁷, na época, no vasto Império Romano. Logo, a demanda podia ser atendida por estas fontes de matérias-primas, sendo, pois, dispensada a procura de fontes alternativas. Além do mais, sabe-se que os corais são inexistentes no litoral italiano¹⁰⁸⁸, o que também pode ter concorrido para a omissão, ao menos, deste tipo de material.

No início da colonização do Brasil, entretanto, ocorria exactamente o oposto: as jazidas de pedras carbonáticas ainda não haviam sido descobertas no litoral, nas imediações da cidade de Salvador¹⁰⁸⁹, mas os calcários de origem marinha eram abundantes, daí a sua utilização em larga escala.

Pode-se verificar, por exemplo, em carta do Governador D. Fernando Joze de Portugal¹⁰⁹⁰ a D. Martinho de Mello e Castro¹⁰⁹¹ (1716-1823), escrita na Bahia, em 06/06/1788, a remessa de 1500 arrobas de búzio para a Fortaleza d'Ajuda, em São Tomé e Príncipe¹⁰⁹². Que outra função poderia ser dada a tantos búzios, senão o seu emprego no preparo de cal, a ser utilizada na construção? Sabe-se que era comum, no Reino de Portugal, o transporte de materiais de construção para suas colónias sempre que estes não existiam nos sítios onde se desejava construir, ou como lastro nos navios. Da mesma forma como, inversamente, os produtos inexistentes em Portugal eram para ali levados das suas colónias, o que também pode ser facilmente comprovado em documentos.

As madeiras do Brasil, por exemplo, foram identificadas, estudadas e sua extracção controlada, exactamente porque os portugueses tinham muita necessidade de utilizá-las na Corte. Outro exemplo da exportação de materiais é que, tanto a cal,

¹⁰⁸⁶ Ou de cálcio e magnésio, no caso de cais magnesianas ou dolomíticas.

¹⁰⁸⁷ Mármoreos diversos, travertino, outras rochas calcárias.

¹⁰⁸⁸ São típicos de águas tropicais.

¹⁰⁸⁹ FLORES CAPARÓ, Erwic, *Os arenitos de cimentação calcífera dos antigos edificios da Cidade do Salvador*, Salvador, MAU/UFBA, 1997. Dissertação de mestrado (policopiada). Cap. IV, p. 106 – Foi comprovado, por exemplo, que na ilha de Boipeba, no estado da Bahia, existem jazidas de calcários dolomíticos que foram utilizados na época do Brasil Colónia, porém tal ilha é relativamente distante de Salvador.

¹⁰⁹⁰ Fidalgo português filho do terceiro marquês de Valença, advogado, capitão-general da Bahia e vice-rei do Brasil.

¹⁰⁹¹ Estadista português, foi ministro da marinha no reinado de D. Maria I.

¹⁰⁹² AHU, CA, Bahia, vol. III. Doc. n.º 12949.

quanto a pedra das pedreiras de Alcântara, foram levadas para todos os lugares da costa da África onde se fosse construir, conforme determinou um aviso régio de meados do século XVIII¹⁰⁹³. Entretanto, como havia material alternativo na Bahia (precisamente os corais, as cascas de ostras e as conchas, de maneira geral), não havia necessidade de se proceder o transporte de calcário (ou cal) a partir da Europa.

Nos documentos redigidos ao longos dos primeiros anos da fundação da cidade do Salvador¹⁰⁹⁴, pode-se notar que os portugueses tinham o conhecimento da produção da cal com cascas de ostras¹⁰⁹⁵. Além disto, constatou-se que remeteram para o Brasil mestres caieiros, às custas da Coroa, de modo a auxiliarem na construção da cidade¹⁰⁹⁶.

Numa das primeiras descrições minuciosas feitas do Brasil das quais se tem notícia, Gabriel Soares de Sousa também fez referência às ostras existentes na Bahia, cujas cascas podiam ser utilizadas no fabrico de cal para a construção¹⁰⁹⁷. Em outro capítulo, abordou novamente o assunto, dando ênfase ao fabrico da cal de ostras, assim como à qualidade do material resultante:

*“A mor parte da cal que se faz na Baía é das cascas das ostras de que há tanta quantidade que se faz dela muita cal, a qual é alvíssima, e lisa também, e fazem-se dela guarnições de estuque mui alvas e primas...”*¹⁰⁹⁸.

Apesar de Gabriel Soares considerar a cal feita a partir de cascas de ostras como de boa qualidade para a construção, pelo que se foi dito no seu tratado, havia, também, no Brasil, em finais do século XVIII, cerca de duzentos anos depois, quem tivesse opinião diversa:

*“...apareceu em alguns sitioz pedra calcaria, que elles pizavão sem conhecer, mendigando a cal de casca de ostra, muito inferior á que agora tem...”*¹⁰⁹⁹.

Será que, pelo facto da cidade de São Paulo, local ao qual a informação supra se refere, ficar no interior do país, a cal preparada com cascas de ostras era de pior qualidade? Esta seria uma hipótese, que infelizmente não pode ser comprovada.

¹⁰⁹³ SARAIVA, José Mendes da Cunha, Companhias Gerais de Comércio e Navegação para o Brasil, I Companhia Geral do Grão Pará e Maranhão, Lisboa, 1938. p. 30, Apud SARAIVA, José M. da Cunha, «A fortaleza de Bissau e a Companhia do Grão Pará e Maranhão», *Actas do Congresso Comemorativo do 5º Centenário do Descobrimento da Guiné*, Lisboa, Soc. de Geografia de Lisboa, 1946, vol. IX, p. 157-191. p. 160 – Aviso régio de 10 de julho de 1757.

¹⁰⁹⁴ A cidade foi fundada em 1549, seguindo traço enviado de Portugal.

¹⁰⁹⁵ Ver ordenação de Pedro de Carvalhais e outros.

¹⁰⁹⁶ ANTT, Papéis do Brasil, avulsos 3, n.º 6. Doc. de 13/8/1551.

¹⁰⁹⁷ SOUSA, Gabriel Soares de, *Notícia do Brazil* (Mss., 1587), transcr. em português actual de Maria da Graça Pericão, Lisboa, Alfa, 1989. Parte II, Cap. CXL, p. 208 – “...há tantas ostras na Baía e em outras partes que se carregam barcos delas muito grandes para fazerem a cal das cascas de que se faz muita e muito boa para as obras, a qual é muito alva e há engenhos que se gastou nas obras deles mais de três mil moios de cal destas ostras, as quais são muito mais sadias do que as de Espanha”.

¹⁰⁹⁸ SOUSA, Gabriel Soares de, *Notícia do Brazil* (Mss., 1587), transcr. em português actual de Maria da Graça Pericão, Lisboa, Alfa, 1989. Parte II, Cap. CLXXXVIII, p. 252.

¹⁰⁹⁹ AHU, CA, SP, Cx. 44, n.º 44, 10/Ago/1798. *Of. de António Manuel de Melo Castro e Mendonça para D. Rodrigo de Sousa Coutinho* – António Manoel era governador e capitão-geral da capitania de São Paulo.

Quanto ao uso de calcários marinhos com a mesma finalidade, Gabriel Soares informou ainda que na ilha de Itaparica¹¹⁰⁰ havia três fornos, e fazia-se cal em quantidade:

“...qual cal é muito estranha porque se faz de umas pedras que se criam no mar no sítio desta ilha e em outras partes, as quais são muito crespas e artificiosas para outras curiosidades e não nascem em pedreiras mas acham-se soltas em muita quantidade. Estas pedras são sobre o leve por serem por dentro organizadas em alféolas”¹¹⁰¹.

Este cronista complementou a informação dizendo que a cal feita com tais pedras apresentava como características as a seguir enunciadas, e propôs alternativas caso, não se tivesse a facilidade de encontrá-las, o que não julgou ocorrer. Em sua opinião, pois, a cal de corais de Itaparica era:

“...muito alva e liga a obra como dela se faz como a de Portugal e caldeiam-na da mesma maneira mas não leva tanta areia como a cal que se faz das ostras e de outro qualquer marisco, de que também se faz muito alva e boa e para todas as obras, quanto mais que, quando não houvera remédio tão fácil para se fazer infinidades de cal como o que está dito, com pouco trabalho se podia fazer muita cal porque na Baía, no rio de Jaguaripe e em outras partes há muita pedra lioz como a de Alcântara com umas veias vermelhas, a qual pedra é muito dura de que se fará muita obra prima, quanto mais cal para o que se tem experimentado já, e cozem muito bem e se não valem dela para fazerem cal, é porque acham estoutro remédio muito perto e muito fácil e para as mesmas obras e edifícios que forem necessários”¹¹⁰².

A tradição que se tinha, na ilha de Itaparica, até poucas décadas atrás, era a de utilizar, como matéria-prima para a produção de cal, corais do género *Mussismilia* (il. 50) ou cascalho de praia, rico em exemplares de corais *Meandrina braziliensis* (il. 51), conchas e búzios, de modo que se crê que as pedras estranhas mencionadas por Gabriel Soares eram, na realidade, corais. O próprio Gabriel Soares escreveu que se achavam nas praias *“limos esfarinhados de areia que está congelada e dura como pedra”¹¹⁰³*, material que, na realidade, consistia, possivelmente, em outro tipo de coral vulgarmente conhecido como rodolito¹¹⁰⁴ (il. 52), e que também devia estar presente no cascalho usado, mais recentemente, no fabrico da cal, o que era conveniente, dada a sua composição carbonática.

¹¹⁰⁰ ANDRADE, Rodrigo M. F., *Artistas coloniais*, RJ, MEC, 1958. p. 9. Apud SIMAS FILHO, Américo, *A propósito de Luís Dias*, Salvador, FGM, 1998. p. 26 – O primeiro local, na Bahia, onde se começou a fazer cal foi exactamente na ilha de Itaparica, conforme referência feita pelo mestre Luís Dias em sua carta de 15/8/1551: *“...Pero de Carvalhaes e Francisco Gomes haviam descoberto cal e pedra na ilha de Itaparica, o que lhes valeu a mercê de 4\$000 a cada um, concedida por Tomé de Souza”*. Este foi um facto importante, pois facultou o início da construção de pedra e cal.

¹¹⁰¹ SOUSA, Gabriel Soares de, *Notícia do Brazil* (Mss., 1587), transcr. em português actual de Maria da Graça Pericão, Lisboa, Alfa, 1989. Parte II, Cap. CLXXXVIII, p. 252.

¹¹⁰² SOUSA, Gabriel Soares de, *Notícia do Brazil* (Mss., 1587), transcr. em português actual de Maria da Graça Pericão, Lisboa, Alfa, 1989. Parte II, Cap. CLXXXVIII, p. 252 e 253.

¹¹⁰³ SOUSA, Gabriel Soares de, *Notícia do Brazil* (Mss., 1587), transcr. em português actual de Maria da Graça Pericão, Lisboa, Alfa, 1989. Parte II, Cap. CLXXXVII, p. 252.

¹¹⁰⁴ Concreções de algas *Corallinaceae*, do género *Mesophyllum*, segundo a investigadora Viviane Testa, do IGEO.

Chegou-se à conclusão que as pedras indicadas no texto quinhentista eram corais a partir de depoimentos dados por pessoas que conheceram o funcionamento da caieira da fazenda Parapatingas, naquela ilha, o que foi corroborado por indicações dadas por parentes de um antigo proprietário de uma outra caieira, também na mesma ilha. Isto sem falar que a tradição oral assim já contava.

Para verificar, então, o comportamento das cais feitas com corais dos tipos acima mencionados, resolveu-se fabricá-las em laboratório, com amostras provenientes da Baía de Todos os Santos¹¹⁰⁵, como demonstrado mais adiante.

Quanto a existirem rochas idênticas ao lioz de Alcântara, no rio Jaguaripe, na Bahia, esta informação não confere com a realidade. Em Carnaíba, também na Bahia, porém a cerca de 650 km deste local, há um calcário similar.¹¹⁰⁶

No texto da autoria de Frei Bernardo de São Bento, do século XVII, foram também mencionadas as características de argamassas feitas com cal de cascas de ostras, assim como foi indicada a construção de caieiras para que se pudesse preparar uma boa cal. Isto comprova, além da utilização de cal desta proveniência, uma certa preocupação com a qualidade do material resultante, o que pode ser constatado através da leitura da citação a seguir.

“As paredes que nesta obra estaó para fazer, em q he nesario, aja a mayor fortaleza, que puder ser (...) se devem obrar (...) tendo grande cuidado no modo de terçar a cal, que a quantidade do saibro, que se lhe botar, seja o q a bondade da cal puder sofrer; pois a que he feita de ostra sam, e limpa, poderá levar a quantia de saibro que se costuma; mas a que for de ostra podre, e çuja, nem presta nen pode sofrer o saibro de consideração, e faz fraca obra”¹¹⁰⁷.

Ainda hoje as conchas e cascas de ostras são usadas no fabrico de cal em países africanos e asiáticos¹¹⁰⁸, e na Bahia (Brasil), após ter praticamente desaparecido a prática da utilização de matérias-primas de origem marinha no preparo de cal, até o ano de 1995 podia-se constatar o seu uso na produção de cimento, na indústria de Cimento Aratu¹¹⁰⁹ (il. 53).

A bibliografia brasileira não menciona sítios, no país, onde ainda se utilize algum tipo de coral, ou conchas de animais marinhos, na confecção de cal, para que

¹¹⁰⁵ Lugar onde fica a ilha de Itaparica e, na barra desta baía, a cidade do Salvador.

¹¹⁰⁶ Pelo menos visualmente.

¹¹⁰⁷ SÃO BENTO, Bernardo de (Frei), «Declaraçoens de obras», [Rio de Janeiro], 1684. fls. 29, Apud SILVA-NIGRA, Clemente da (D.), *Fr. Bernardo de São Bento*, Salvador, Tipografia Beneditina, 1950. p. 87 – Na nota de pé de página n.º 91 de Silva-Nigra, há ainda a seguinte informação: “A fim de obter cal boa, Frei Bernardo de São Bento, mandou instalar uma caieira na ilha de São Gregório (situada na foz do rio Inhomirim, no interior da Guanabara) com grande proveito para as obras do mosteiro. *Dietário, do Rio, Mss., ps. 26 e 235*”.

¹¹⁰⁸ NEVILLE, Hill, HOLMES, Stafford, MATHER, David (ed.), *Lime and other alternatives cements*, Exeter, Intermediate Tecnology Publications, 1992.

¹¹⁰⁹ Segundo informação de um antigo funcionário da fábrica, Eng. Antonio Barreto, a matéria-prima utilizada na produção do cimento era oriunda de bancos de corais decompostos, a apresentar granulometria, genericamente falando, de conchas até areia. Tais reservas teriam sido descobertas por antigos saveiros, que as colectavam para uso no fabrico de cal. Os ensaios realizados no material naquela fábrica apresentaram como resultado uma dosagem superior a 80% de carbonatos totais, sílica inferior a 1% e magnésio inferior a 1,5%.

se pudesse avaliar as condições reais da sua produção. No entanto, sabe-se que, ao menos em pequenas vilas de pescadores no Recôncavo Baiano, essa prática ainda vigora, e o material é produzido artesanalmente, para consumo próprio. Barreiras do Jacuruna é uma delas.

No entanto, no final do século XIX, alguns ensaios para a verificação comparativa da resistência à compressão de cais de marisco e cais provenientes de determinado tipo de pedra foram feitos. O responsável pelos mesmos foi o engenheiro Ernesto Marcos Tygna da Cunha¹¹¹⁰ (anexo 5).

Entrou-se em contacto com um técnico da empresa auditora do Programa de Qualidade da Cal para a Construção Civil¹¹¹¹, com o intuito de verificar que dados existiam sobre o uso de cal proveniente de calcários de origem marinha. Soube-se, então, que não existe comprovação científica do emprego, nos dias de hoje, de matérias-primas desta natureza na indústria da cal. Apenas pode-se constatar que algumas marcas de cal, avaliadas compulsoriamente, apresentam teores de óxidos totais muito baixos, constituindo-se em cais *deterioradas*. Isto poderia ser um indício do uso de material muito misturado.

5.3 – CALCINAÇÃO

Catão ensinou que, para fazer cal a ser utilizada na agricultura, de modo a regular o pH ácido do terreno, se devia cozer bem pedras calcárias de boa qualidade. Estas, deveriam ser o mais brancas possível, e quanto menor a variação cromática das mesmas, melhor. Este autor também deu instruções de como fazer fornos de cal, e recomendou para se tomar cuidado com o fogo, de modo que não se extinguísse. Além disto, informou como saber, pela aparência, se as pedras estavam bem cozidas¹¹¹².

No tratado da autoria de Alberti, encontrou-se a seguinte indicação sobre o material oriundo da queima de rochas calcárias:

“Quella calce che, appena uscita della fornace, consiste di zolle non compatte, ma sfatte e assai polverose, è reputata non buona e insufficiente al suo fine. Buona invece è quella che, purificata dal fuoco, risulta biancheggiante, leggera, sonora, e che, bagnata, produce intenso crepitio sollevando una grande quantità di vapore. Alla calce menzionata prima, data la sua scarsa energia, è bene dare poca rena; di più invece alla seconda, che è più forte”¹¹¹³.

¹¹¹⁰ REBOUÇAS, André, *Guia para os alumnos da 1ª cadeira do 1º anno de engenharia civil*, Rio de Janeiro, Typographia Nacional, 1885. p. 72.

¹¹¹¹ TESIS – Tecnologia de Sistemas de Engenharia S/C Ltda. O programa foi criado pela ABPC para avaliar a qualidade do material produzido e consumido no Brasil.

¹¹¹² CATÃO, M. Porcius, *L'economie rurale, DE LA BONNETRIE, M. Saboureux, Traduction d'ancien ouvrages latins relatifs a l'agriculture et a la médecine vétérinaire*, Paris, P. Fr. Didot, le Jeune, 1771. p. 70 – O autor estava certo ao indicar que quanto mais uniforme fosse a coloração da rocha, melhor a cal seria: a uniformidade na coloração significa uma maior homogeneidade mineralógica da rocha, que por sua vez implica numa maior homogeneidade das suas propriedades.

¹¹¹³ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. I, p.186 e 188.

As indicações albertianas diziam respeito tanto à calcinação, de maneira geral, quanto aos fenómenos visíveis por ocasião do processo de extinção e à maneira prática de reconhecimento da qualidade do óxido formado. O material muito pulverulento mencionado aparentemente haveria sido queimado em excesso; a leveza indicaria provavelmente que o calcário tinha sido queimado no ponto certo. Não se tem condições de interpretar sob que aspecto o autor mencionou a sonoridade da cal. Quanto à grande intensidade de vapor, decorrente da libertação de calor ao longo da transformação do óxido em hidróxido¹¹¹⁴, denotava que a mudança estava realmente ocorrendo, e que o calcário não era dolomítico ou magnésiano, pois quando isto ocorre a efervescência é menor.

No texto atribuído a António Rodrigues, deparou-se com uma informação aparentemente ligada à calcinação, daí ser aqui transcrita:

“E pera se esfryar hu’ fomo de cal lhe he nesessaryo seys mezes de tempo, aynda que Vertruyvo dis que pera esta cal ser boa e fazer boa preza co’ area e pedra, e pera arder ho fogo per sua natureza e não per artefizyo, que a myster dous annos. Mas nós dezemos que por ser a vyda umana breve e o appetite daquele que mãoda fabrycar gramde não podemos aguardar tamto tempo, e por yso dezemos que abastão hos seis mezes pera se esfryar”¹¹¹⁵.

A leitura desta passagem poderia parecer uma referência ao arrefecimento do fomo, após a queima do calcário, assunto que não foi abordado por nenhum dos outros autores consultados. Porém, na realidade, provavelmente o que o autor quinhentista quis dizer foi o mesmo que Vitruvius e seus sucessores: deixar a cal em extinção durante um longo período, para conseguir sua completa extinção. A forma como se expressou foi que poderia dar margem a interpretações erróneas.

Scamozzi descreveu os tipos de cal e de fomos que conhecia, e informou que a duração do processo de calcinação dependia não apenas da natureza da pedra, mas também da quantidade de material, do tipo de fomo e da maneira como este foi arrumado por ocasião da queima, assim como do tipo de combustível utilizado, observações estas verdadeiras.

Os indícios do término do processo de calcinação eram verificados, segundo o mesmo autor, através do ruído e da coloração do fogo, opinião também emitida por outros tratadistas.

Pela sua experiência, Scamozzi indicou que as pedras reduzem o peso, por ocasião da calcinação, num terço, ou dois quintos do inicial¹¹¹⁶, e perdem sua cor e cheiro originais, passando a ter odor e cor de cal, material que era mais branco do que a pedra que a havia originado. Scamozzi disse ainda que algumas pedras, por seu “carácter húmido”, reduzem a força do fogo, e portanto não eram adequadas ao fabrico

¹¹¹⁴ A extinção é uma reacção exotérmica.

¹¹¹⁵ [RODRIGUES, António], [Tratado de arquitectura], [Lisboa], Cód.3675 (BNL), [séc. XVI]. Cap. VII, fls. 18. Apud MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada) – Grafia original.

¹¹¹⁶ Em termos percentuais, este último valor corresponde a 40%, já se aproximando mais da realidade, conforme demonstram os cálculos estequiométricos, apresentados no item 5.6.4.

da cal. Assim como também não o eram as serpentinas, as porfirinas, nem os seixos duríssimos. Isto porque o seu humor era mais forte e resistente do que o fogo, não permitindo o cozimento de pedras vizinhas¹¹¹⁷.

As serpentinas, as porfirinas e os seixos duros não podiam ser usados no fabrico da cal por não serem rochas de natureza carbonatada, e não por terem “*carácter húmido*”, como informou Scamozzi. Mathias Ayres também fez restrições a determinados tipos de pedra, indicando as razões pelas quais não se calcinavam, conforme será apontado posteriormente.

Quanto à pedra perder a sua coloração e cheiro originais, e gerar um produto com cheiro e odor característicos, nos ensaios realizados em laboratório, detalhados no item 5.6, constatou-se o seguinte:

1. Por ocasião da calcinação das diversas matérias-primas, os óxidos originários de corais dos géneros *Mussismilia* e *Meandrina*, e de cascas de ostras, adquiriram coloração esverdeada e a cal viva feita a partir de pedra lioz ficou ligeiramente avermelhada;
2. Não se verificou cheiro característico, apesar de ter-se conhecimento que as cais formadas a partir de cascas de animais marinhos o libertam¹¹¹⁸.

Com relação ao preparo de cal de cascas de ostras, na Bahia, Gabriel Soares comentou que era um procedimento mais fácil e económico do que se a matéria-prima fosse a pedra: gastava-se menor quantidade de lenha e em cerca de dez ou doze horas a cal viva estava pronta. Além disto, a cal assim preparada ficava tão boa que, ao ser hidratada, *fervia em pulo* como a cal de pedra que se costumava fazer em Lisboa¹¹¹⁹.

As cascas de ostra, por serem materiais de pouca espessura, são mais facilmente calcináveis do que pedras, ou mesmo corais. Logo, o processo de transformação do carbonato em óxido é realmente mais rápido do que aquele que se dá no caso do uso de pedras.

Um outro ponto digno de menção é que uma das razões para a cal *ferver em pulo* é por conter um alto teor de carbonatos de cálcio¹¹²⁰. A hidratação dos óxidos de cálcio e de magnésio inicia-se ao mesmo tempo, porém a velocidade do processo com o óxido de cálcio é muito maior. Como o calor libertado ao longo da hidratação é alto¹¹²¹, sendo maior no caso de cais cálcicas¹¹²², quando o material apresenta esta natureza a água ferve. A cal, sendo rápida, então, o processo é prontamente visível.

¹¹¹⁷ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVIII, p. 228.

¹¹¹⁸ Talvez o cheiro não tenha sido sentido pelo facto do material ter sido confinado na mufla, por ocasião da queima.

¹¹¹⁹ SOUSA, Gabriel Soares de, *Notícia do Brazil* (Mss., 1587), transcr. em português actual de Maria da Graça Pericão, Lisboa, Alfa, 1989. Parte II, Cap. CLXXXVIII, p. 252.

¹¹²⁰ Outras razões poderiam ser, por exemplo, a porosidade do material e sua superfície específica.

¹¹²¹ A temperatura de 2,3 litros de água pode subir de 12°C para 100°C, quando extinta uma grande quantidade do material.

¹¹²² GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 72.

Quanto ao fabrico de cal a partir de calcários marinhos, Gabriel Soares afirmou que era efectuado em fornos, e o fogo a lenha, que era acendido por baixo de uma série de arcos, ficava aceso por uma noite e um dia¹¹²³.

Ainda são encontradas na ilha de Itaparica ruínas de fornos de cal que apresentam arcos, embora de construção bem mais recente (il. 54). Com relação ao funcionamento de caieiras artesanais naquela ilha, recolheu-se o depoimento de pessoas que chegaram a conhecê-las em funcionamento, há cerca de quarenta anos. Afirmaram que o combustível utilizado era a lenha, porém o tempo de queima era de três dias, findos os quais se procedia a extinção.

A razão para esta divergência possivelmente foi porque Gabriel Soares indicou que o material era calcinado em fornos, enquanto que, nas mencionadas caieiras deste século, o material era simplesmente empilhado a céu aberto, alternando-se camadas de lenha e calcário. Nada mais lógico que a queima feita num ambiente fechado se procedesse mais rapidamente do que ao ar livre, pois o calor não se dissipava com tanta facilidade.

A respeito de pedras muito rijas, que não podiam ser calcinadas, Mathias Ayres deu algumas explicações, no que foi apoiado por Negreiros:

“O diamante e outras pedras preciosas não se podem calcinar, por mais que o fogo seja violento, e diuturno. As partes de que a natureza as fabricou, são tão unidas e compactas entre sy, que os poros com que ficarão só dão passagem á materia subtil e etheria, mas não aos corpusculos do fogo; sendo que a calcinação, provem de uma certa desunião de partes, cauzada pela introdução violenta e successiva das particulas igneas, que entrão a occupar os poros ou intersticios do corpo que se calcina.

A pedra sexatil tão bem não se calcina, mas um fogo continuo e forte a vitrifica; sendo regra certa, que todo corpo que se vitrifica não se calcina; e o que se calcina não se vitrifica.

Outras pedras há, que sahem ja da terra vitrificadas; estas são totalmente inuteis, e o maior fogo não as pode reduzir a cal; porque a vitrificação he o ultimo periodo a que a natureza chega, como tão bem a arte; visto que depois de hum corpo estar vitrificado, ou seja naturalmente, ou artificialmente, nesse termo permanece sempre sem admittir mudança ou sepparação alguma¹¹²⁴.

As pedras preciosas, assim como as pedras que já saíam, no entender destes autores portugueses, vitrificadas da terra, realmente não se calcinavam por não serem rochas de natureza carbonatada. Ainda com relação à informação supra, acredita-se que a pedra sexatil fosse o quartzo, já que os cristais que compõem este tipo de pedra

¹¹²³ SOUSA, Gabriel Soares de, *Noticia do Brazil* (Mss., 1587), transcr. em português actual de Maria da Graça Pericão, Lisboa, Alfa, 1989. Parte II, Cap. CLXXXVIII, p. 252 – *“Esta pedra [calcário marinho] se enforna em fornos de arco como os em que cozem a louça, com a sua abóbada fechada por cima da mesma pedra, mas sobre os arcos. Está o forno todo cheio de pedra e o fogo mete-se-lhe por baixo dos arcos com lenha grossa e cozem uma noite e um dia e coze muito bem...”*.

¹¹²⁴ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 142v e 143 // EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. VIII, p. 150/151.

têm a forma sextavada e, quando submetidos a temperaturas elevadas durante um determinado período, podem se vitrificar. Segundo a explicação de Mathias Ayres, talvez tal pedra, se levada ao forno até a incandescência, sendo lançada em água fria, ficava com o mesmo aspecto anterior, porém recebendo pancada, partia-se¹¹²⁵. Logo, é possível que realmente fosse quartzo, visto que este material só perde a estrutura cristalina caso permaneça sob temperatura elevada durante muito tempo, e para se transformar, efectivamente, em vidro, tem que estar combinado, no mínimo, com soda.

Em *Jornada pelo Tejo*, Negreiros apresentou uma ilustração de forno contínuo para cozimento da cal (il. 55), tendo fornecido uma descrição completa do seu funcionamento¹¹²⁶. Este autor indicou igualmente o processo de enchimento recomendado para o forno e o seu rendimento diário, ou seja, a cal produzida com relação à quantidade de pedra utilizada¹¹²⁷. Em sua opinião, um forno destes, que usava a lenha como combustível, poderia durar de quinze a dezoito meses, com uma produção diária de vinte moios de cal, ou seja, um pouco mais que 16.000 litros, de acordo com os valores indicados no capítulo de argamassa para esta antiga medida portuguesa, em Lisboa¹¹²⁸.

Na descrição do forno e de seu funcionamento, pode-se notar especialmente as preocupações de Negreiros quanto à qualidade do material calcinado. Negreiros recomendou ainda que fossem recolocadas no dito forno as pedras que por ventura saíssem mal cozidas, e lembrou que o excesso de queima causava a extracção da "substância da cal"¹¹²⁹. Além do mais, este autor chamou a atenção para as desigualdades entre a cal formada de um mesmo tipo de rocha, mesmo se fosse toda cozida no mesmo forno, porém em fomas diferentes¹¹³⁰. Isto porque era impossível controlar as condições de queima, o que não acontece ao usar um forno tipo industrial ou mufla (em laboratório), como foi feito por ocasião da realização dos ensaios descritos nesse capítulo. Quanto a não se misturar diversos tipos de pedras, era correcto o ensinamento, pois quanto mais heterogéneo um material, piores suas qualidades.

Para obter um material de boa qualidade, quando fosse necessária a utilização de vários fornos, simultaneamente, Negreiros indicou a execução de uma protecção ao seu redor¹¹³¹.

Tal recomendação, que denota a preocupação do autor com a constância do fogo, era interessante, pois mantendo-se o fogo, na medida do possível, uniforme ao longo do

¹¹²⁵ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. VIII, p. 154/155.

¹¹²⁶ Ilustração praticamente idêntica foi feita em outro texto do mesmo autor, *Additamento: ao livro Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], 1797. Cód. 3760 (BNL). vol. III.

¹¹²⁷ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 47 a 49.

¹¹²⁸ Ver item 4.2.5.

¹¹²⁹ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 143v.

¹¹³⁰ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 100.

¹¹³¹ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 50v – "...um telheiro em roda tapado com taboado, para impedir o vento, por quanto embarassa o laborar o fogo, com igualdade, e resulta o prejuízo de não ficar tão geralmen^{te} cozida".

tempo, o cozimento se dava de maneira mais adequada. O vento, eventualmente, podia levar a uma redução da intensidade da chama, ou mesmo apagá-la, de modo que o material custaria mais a cozer, ou ficaria mal cozido. Logo, era uma indicação coerente, pois o material precisava ser integralmente calcinado, de modo que pudesse se transformar, pela extinção, em hidróxido.

De acordo com o descrito por Savary no *Diccionario de commercio e industria*, Vitruvius, Andrea Palladio e Giacomo Barozzi da Vignola haviam recomendado que o tamanho da pedra de cal a ser calcinada propiciasse a sua queima total em, no máximo, sessenta horas, ou seja, dois dias e meio¹¹³². Consultando-se tais textos, entretanto, verificou-se que nenhum desses autores deu este género de informação. Negreiros, por outro lado, recomendou que as pedras a cozer deveriam ser aproximadamente do tamanho de uma mão fechada¹¹³³. Scamozzi, por sua vez, informou que o tempo de queima dependia de factores diferentes¹¹³⁴, e inclusive recomendou cinco dias e cinco noites para a queima de um determinado tipo de pedra negra¹¹³⁵, o que perfaz cento e vinte horas, o dobro do tempo recomendado por Palladio e Vignola.

Como já foi comentado ao fazer-se menção à calcinação de cascas de ostras, o tamanho do material a ser submetido a queima obviamente tem influência na duração do processo. Sendo assim, as pedras poderiam ser realmente partidas de modo a não apresentarem dimensões muito vantajadas ao serem introduzidas nos fornos. A prática em se calcinar determinado tipo de rocha poderia servir para nortear os caieiros quanto às dimensões a serem adoptadas. Quanto à indicação para que o processo de queima não durasse mais do que sessenta horas, foi informado anteriormente que na Bahia, até poucos anos atrás, procedia-se à queima em três dias, e o material funcionava satisfatoriamente. Como, entretanto, não se sabe a correlação entre o tempo de queima e as temperaturas praticadas em ambos os casos, não se pode afirmar com segurança, se as sessenta horas estipuladas correspondiam ou não à realidade.

J. F. Blondel, por sua vez, recomendou como combustível o uso de carvão mineral, ao invés de madeira. O argumento era que este tipo de carvão, além de propiciar uma queima mais rápida, produzia uma cal mais gorda e untuosa¹¹³⁶.

Uma das possíveis explicações para esta indicação é que o carvão mineral desenvolve temperaturas mais altas do que a madeira¹¹³⁷. Logo, consegue resultados

¹¹³² SAVARY, *Diccionario de commercio e industria* (trad. de A. Jacqueri Salles), Lisboa, Cód. MEPAT, anterior a 1813. vol. I, verbete *cal*, p. 353-357. p. 355.

¹¹³³ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 47.

¹¹³⁴ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVIII, p. 228 – "...secondo la forma della fornace, e la forza del foco, e la quantità, e qualità delle pietre, e l'ordine nel quale elle sono state poste la dentro...".

¹¹³⁵ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XVIII, p. 227.

¹¹³⁶ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, De la maçonnerie, Cap. V, Art. I, p. 180.

¹¹³⁷ BOUILLET, M. N., *Dictionnaire universel des sciences, des lettres et des arts*, 12^a ed., Paris, Hachette et C^{ie}, 1877. Verbetes "*houille*", p. 834.

mais rápidos. Quanto a produzir uma cal mais gorda e untuosa, a justificação é descabida, pois estas características são intrínsecas do material.

5.4 – EXTINÇÃO (hidratação)

Plínio foi o autor que forneceu uma das receitas mais excêntricas de preparo da cal encontradas na bibliografia. Tal receita mais se assemelha a uma operação culinária do que a uma recomendação para o preparo de um material de construção: sugere que a cal deveria ser extinta em vinho, logo após a calcinação, e depois misturada com banha de porco e figos, que seriam agentes amaciantes. Curiosamente, depois de dar esta indicação, Plínio informou que a cal endurecia mais até do que uma pedra, mas que antes de ser utilizada fazia-se necessário que a superfície a recebê-la fosse completamente embebida em óleo¹¹³⁸.

Esta foi a única referência encontrada nos textos consultados acerca do uso do óleo como tratamento das superfícies a serem argamassadas. Não se chegou a testar o comportamento do material nestas condições, pois esta referência faz parte das técnicas construtivas, e isto não é objecto desta investigação, porém ao menos destaca-se que há dúvidas quanto à sua eficácia: acredita-se que o azeite, aplicado à superfície a receber a argamassa, dificultaria a sua aderência.

Plínio, ainda a respeito da extinção da cal, informou, assim como Vitruvius, que devia ser um processo longo, de modo a alcançar-se o desejado amadurecimento:

*“La calcina intrisa quanto è piu vecchia, tanto è migliore. Onde si trova nelle leggi delle case antiche, que quegli che tolgono a murare, non usino calcina che non sia almeno di tre anni”*¹¹³⁹.

Quando se fala neste período de três anos de espera¹¹⁴⁰, o que os autores antigos queriam dizer era que o material deveria ser submetido a um longo período de extinção. Isto com o objectivo de se assegurar que a transformação dos óxidos em hidróxidos havia sido completada, não havendo, por conseguinte, perigo em aplicar o material na parede e a extinção dar-se posteriormente, o que acarretaria no aparecimento de bolhas e fissuras em sua superfície. Pelo menos, com um longo período de extinção, a totalidade dos óxidos de magnésio também se transformaria em hidróxido¹¹⁴¹.

Uma passagem do tratado de Azevedo Fortes ratificou os ensinamentos feitos por Vitruvius, Plínio e outros autores anteriores ao século XVIII, para que se propiciasse uma longa permanência da cal na água antes de ser usada. Sobre este assunto foi dito:

¹¹³⁸ PLINIUS, C. Secundus, *Natural history*, Livros XXXVI-XXXVII, publicação bilingue sob a resp. de D. E. Eichholz, Londres, Oxford, 1962. vol. X. p. 143 – *“Maltha is the most adhesive of substances and grows harder than stone. Anything that is treated with it is first thoroughly rubbed with olive oil”*.

¹¹³⁹ PLINIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, G. Ferrari, 1561/1568. L. XXXVI, Cap. XVIII, p. 1150.

¹¹⁴⁰ O interessante é que, segundo consta, a informação consistia em lei.

¹¹⁴¹ Em situação normal, a extinção dos óxidos de magnésio, como foi dito, é mais lenta do que a dos óxidos de cálcio.

“...melhor se for derregada em um tanque particular, e sempre cuberta com agoa por algum tempo: os antigos a deixavão nos tanques hum anno, e mais”¹¹⁴².

A recomendação de Cataneo quanto à extinção da cal era que devia ser usada muita água, e que não fosse salgada. Na sua opinião, a água salgada era mais rica em sais do que a areia de praia. Logo, mais danosa¹¹⁴³.

Possivelmente, a impressão que Cataneo tinha que a água do mar apresentava mais sais do que a areia era pelo facto dos mesmos estarem dissolvidos, e agirem mais rapidamente quando na mistura do que as partículas aderidas aos grãos de areia. O certo é que tanto a água do mar, quanto a areia marinha, eram agentes danosos ao material.

Nos comentários do tradutor do dicionário francês de Savary¹¹⁴⁴, que fez este trabalho por encomenda de Jacome Ratton, proprietário de caieiras nas imediações da antiga Lisboa¹¹⁴⁵, verificou-se que havia uma crítica ao costume de utilizar-se a água salgada, porque:

“...a qualidade salina não só faz com q’ a cal não ligue bem, mas tambem faz humedecer as paredes conforme os tempos; e trabalha sempre na sua destruição, de sorte que como nunca se extingue, por fim destroe o edificio”¹¹⁴⁶.

O mencionado processo de humedecimento das paredes foi a higroscopicidade, característica apresentada por certo sais, que atraem vapor d’água. Quanto ao óxido nunca se extinguir, é uma impressão errada que tinha o autor, pois apesar dos diversos sais solúveis presentes na água do mar, a extinção ocorreria. De qualquer modo, os sais realmente trabalham sempre na destruição da construção, como informado.

Francesco di Giorgio Martini mostrou-se favorável ao uso de muita água na extinção, por acreditar que se a água fosse colocada gradativamente, a cal não apresentaria boa qualidade. Na sua opinião, o material entraria novamente em efervescência, e não faria boa presa¹¹⁴⁷.

Esta informação aparentemente não procede: se a cal entrava novamente em efervescência com a adição de mais água, como sugerido por Martini, é que o processo não havia se completado anteriormente. Logo, a segunda etapa de extinção seria até louvável, para prevenir problemas futuros na argamassa.

¹¹⁴² AZEVEDO FORTES, Manoel de, *O engenheiro português* (Lisboa, Manoel Fernandes da Costa, 1729), fac-símile, Lisboa, Direcção da Arma de Artilharia, 1993. t. II, L. VI, Cap. IV, p. 288.

¹¹⁴³ CATANEO, Pietro, *I primi quattro libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. Cap. V, fls. 30 – *“Còciosia che per causa della salsedine è dānata la rena marina, tanto maggiormente per la medesima ragione si debbe fuggire l’acqua salsa, per partecipare molto piu della salsedine, che la rena”*.

¹¹⁴⁴ Alberto Jacqueri Salles.

¹¹⁴⁵ Em Alcântara, sítio actualmente dentro do perímetro urbano.

¹¹⁴⁶ SAVARY, *Diccionario de commercio e industria*, trad. de A. Jacqueri Salles, [Lisboa], Cód. MEPAT, anterior a 1813. vol. I, verbete *cal*, p. 355-356.

¹¹⁴⁷ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura antica e moderna», *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. vol. II. t. I, p. 105 – *“E le calcine quando a stinguar s’hanno, con grande abbondanza d’acqua, e none a poco a poco, perché riarde e trista presa fà”*.

Quanto à ocasião adequada para se proceder a extinção, Philibert de l'Orme recomendou que fosse feita imediatamente após a calcinação¹¹⁴⁸, e sob uma camada de calhaus e areia grossa de rio¹¹⁴⁹. Isto porque o material, com o passar do tempo, endureceria como se fosse uma pedra. Philibert de l'Orme concordou ainda com a indicação de Vitruvius que a melhor cal era feita da pedra mais dura, o que propiciava a formação de uma cal mais gorda e viscosa¹¹⁵⁰.

É com base na constituição da cal que se determina se ela é gorda¹¹⁵¹, e não da dureza da pedra com a qual foi feita. Quanto a ser viscosa, realmente é uma característica das cals gordas.

Philibert de l'Orme disse igualmente que deveria ser observado o comportamento da cal durante a hidratação, de modo a verificar se, ao ser molhada, dela emanava um vapor espesso, e se aderiria ao "rabof"¹¹⁵², instrumento utilizado a quando do seu preparo¹¹⁵³ (il. 56 e 57).

Philibert de l'Orme devia pensar, assim como outros autores, que a libertação de uma fumaça densa ao longo do processo de extinção fosse um indicativo de que o material estava integralmente a reagir com a água, o que realmente tem um certo sentido. Uma cal cálcica, rápida, realmente emite muitos vapores imediatamente após o aquecimento (il. 58), ocasião em que o óxido está sendo transformado em hidróxido. Todavia, uma cal cálcica, lenta, apesar de demorar mais para começar a reagir com a água, também emite vapores durante a hidratação, embora em menor quantidade. Deste modo, após um período de tempo mais longo, mesmo com vapores de menor intensidade, o processo de extinção da cal vai se completar.

Quanto à adesão da pasta ao "rabof", denotava, conforme Philibert de l'Orme, que a cal, quando aplicada já misturada com areia (ou seja, quando estivesse sob forma de argamassa), daria boa adesão à colher de pedreiro e à parede.

Um material que assim se comporta é tixotrópico, característica desejável para as argamassas, especialmente para aquelas destinadas a revestimento. Logo, a observação era pertinente.

¹¹⁴⁸ O que era uma boa metodologia, pois desta forma não se permitia ao material calcinado absorver a humidade do ar, o que o levaria a extinguir-se, e posteriormente, húmido e em contacto com o gás carbónico presente na atmosfera, se carbonatasse.

¹¹⁴⁹ Outros autores são favoráveis a esta ideia, mas Vitruvius nada mencionou especificamente a respeito.

¹¹⁵⁰ DE L'ORME, Philibert, Le premier tome de l'architecture (Paris, Frederic Morel, 1567), *Traité d'architecture*, fac-símile, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XVI, fls. 27.

¹¹⁵¹ GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 256/257 – A cal virgem é considerada como gorda quando apresenta um teor de óxido de cálcio superior a 90%. Esta cal é também conhecida como cal rica, em contraposição à cal (virgem) magra (cálcica ou dolomítica).

¹¹⁵² Como não se encontrou uma tradução adequada para a denominação deste instrumento, cujo emprego era comum, ao menos no século XVIII, para misturar argamassas, é apresentada em anexo a reprodução de gravura com ilustração do mesmo, assim como fotos de exemplares encontrados em Lisboa. Destaca-se, inclusive, que esta era a mesma denominação dada a determinado tipo de plaina, usadas por carpinteiros e pedreiros.

¹¹⁵³ DE L'ORME, Philibert, Le premier tome de l'architecture (Paris, Frederic Morel, 1567), *Traité d'architecture*, fac-símile, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XVI, fls. 28.

Com relação ao longo período de extinção da cal, a opinião de Scamozzi foi a seguinte:

“E parlando delle calcine ancor esse bagnate, e conservate nelle fosse si sgallano, e si disfanno, e macerano meglio, perliche rendonsi di maggior fattione, e sono, più trattabili, e di miglior pasta, & hanno maggior nervo, e forza, onde per consequenza risultano di maggior presa nelle mura”¹¹⁵⁴.

Scamozzi foi favorável ao humedecimento do óxido de cálcio logo após a queima, e concordou com outros autores que o material ficava imprestável rapidamente por causa da humidade do ar, ou por causa do frio. No entanto, chamou a atenção para não se colocar água em demasia, nem em quantidade menor do que o necessário, para que a cal não perdesse suas propriedades. Indicou, ainda, que era possível proceder a extinção de duas maneiras distintas: colocando simplesmente a água sobre o óxido, ou misturando-o, primeiro, com a areia.

Com relação à água a ser utilizada na extinção da cal, recomendou que fosse leve, limpa, fresca e clara¹¹⁵⁵.

Na realidade, a água que apresenta excesso de matéria orgânica, principalmente em estado de decomposição, não é indicada no preparo de argamassas¹¹⁵⁶. Scamozzi recomendou ainda colocação da cal sempre sobre a água, para não queimar.

No já citado dicionário de Savary foram descritas duas formas distintas de se proceder à extinção da cal, dependendo da finalidade à qual se destinasse o material: no caso de argamassas de assentamento (*“para construir paredes”*), a recomendação foi para que a água fosse lançada gradativamente sobre a cal em pedra, mas quando a finalidade era o revestimento (*“para guarnecer”*), a cal deveria ser colocada dentro de um recipiente a conter água doce em abundância¹¹⁵⁷. Esta descrição assemelha-se à dada na actual norma brasileira quanto às formas de extinção, só que, neste último caso, a recomendação não se baseia no destino do produto final, mas sim no tipo de cal usada, se média, lenta ou rápida.

Esta última referência não foi encontrada nos textos antigos, assim como não foi feita menção sobre a duração real da extinção em si. Só foi indicado, na bibliografia consultada, que a cal viva deveria permanecer por dois ou três anos dentro da água, de modo a obter-se sua extinção completa, mas sabe-se actualmente que o processo de extinção em si é rápido, mesmo nos casos de cais lentas, se comparado com esse longo período indicado nos textos antigos.

Segundo Giovanni Branca, o tempo de permanência na água era variável a depender do tipo de matéria-prima empregado. Informação correcta: além de saber-se

¹¹⁵⁴ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. t. II, Parte II, L. VII, Cap. II, p. 178.

¹¹⁵⁵ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. t. II, Parte II, L. VII, Cap. XIX, p. 229.

¹¹⁵⁶ GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 182 – Também não devem estar presentes na água colóides em suspensão e sais, acima da quantidade aceite como dentro dos padrões de potabilidade.

¹¹⁵⁷ SAVARY, *Diccionario de commercio e industria*, trad. de A. Jacqueri Salles, [Lisboa], Cód. MEPAT, anterior a 1813. vol. I, verbete *cal*, p. 356.

que as cais, quanto à extinção, podem ser classificadas¹¹⁵⁸ em rápidas, médias e lentas¹¹⁵⁹, um calcário carbonático reage mais rapidamente do que um dolomítico.

O padre Ignacio Vasconcellos, por sua vez, sugeriu que as “pedras de cal” fossem, aos poucos, borrifadas com água, até que se desfizessem completamente¹¹⁶⁰, opinião que era partilhada por outros autores. Actualmente, dependendo do processo de extinção ser considerado como rápido, médio ou lento, indica-se que a água seja posta sobre a cal, ou que a cal seja posta sobre a água. Nota-se, mais uma vez, que não havia distinção entre colocar-se água sobre a cal virgem, ou vice-versa, como actualmente é recomendado em norma.

Esta última disposição não é encontrada nos textos antigos, assim como não há menção sobre a duração do tempo de extinção. Não há diferença na qualidade do material resultante, utilizando-se os distintos meios de extinção. Apenas esta é uma precaução para que, no caso de cais muito reactivas, não ocorram acidentes com os operários ao longo do processo.

O inglês John Ashurst (séc. XX) recomendou, como forma de extinguir-se uma cal, que se colocasse água dentro de um tanque até atingir 300mm de profundidade, adicionando-se a cal viva com uma pá, devagar e cuidadosamente¹¹⁶¹, sem fazer restrições quanto ao tipo de material empregado (se cal rápida, média ou lenta), o que implicaria, segundo as normas brasileiras actuais, em ter-se eventualmente que colocar a água sobre o material a ser extinto, a depender do tipo utilizado, o que já foi comentado.

Como Philibert de l’Orme e outros autores, Belidor ensinou que a extinção da cal devia ser feita sob a areia a ser usada na confecção da argamassa, banhando-as gradualmente até sua completa imersão na água.

Como a areia, de maneira geral, não tem participação no processo químico de formação da argamassa¹¹⁶², a vantagem que se observa em colocar a cal sob a areia por ocasião da extinção é a maior homogeneidade da mistura. No entanto, levanta-se a hipótese que este facto também contribuisse para que não acontecessem acidentes com os operários a quando da manipulação do material.

Ainda segundo Belidor, o traço da argamassa, em volume, devia ser 1:2, calculado com relação à cal viva. Mas, se a cal não fosse usada logo após a extinção, a quantidade requerida devia ser maior, variando, a depender da sua qualidade, em até 50%¹¹⁶³.

¹¹⁵⁸ Conforme a norma brasileira.

¹¹⁵⁹ NBR-6472 – Cal – Determinação do resíduo de extinção. Rio de Janeiro, ABNT, Junho/93 – Cais provenientes de calcários que entram em extinção em tempo inferior a cinco minutos, entre cinco e trinta minutos, e superior a trinta minutos, nomeadamente.

¹¹⁶⁰ VASCONCELLOS, Ignacio da Piedade (Pe.), *Artefactos symmetriacos, e geometricos*, Lisboa Occidental, Joseph Antonio da Sylva, 1733. p. 377.

¹¹⁶¹ ASHURST, Jonh, *Mortars, plasters and renders in conservation*, Londres, EASA/RIBA, 1983. p. 9/10.

¹¹⁶² A areia é normalmente constituída por sílica.

¹¹⁶³ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. III, p. 8 – “Si on n’employe la chaux que après avoir été éteinte, comme il est d’usage en plusieurs endroits, il faudra en augmenter la dose à proportion de sa qualité, ce qui va quelquefois à la moitié”.

Possivelmente, a recomendação foi dada por ser do seu conhecimento que a cal, após calcinada, tinha que ser muito bem armazenada para não absorver a humidade do ar, o que levaria à sua extinção. Se não fosse bem guardada, ela se extinguiria e, com o passar do tempo, estando humedecida e em contacto com o dióxido de carbono presente na atmosfera, terminaria por se carbonatar antes de ser utilizada na argamassa. Ocorrendo isto, ficaria imprestável. Deste modo, no intuito de suprir falhas na argamassa, em decorrência de um eventual uso do material já carbonatado, é que esse autor teria, então, recomendado o aumento da sua proporção na mistura.

Apesar de muitos autores recomendarem longos períodos de extinção, pode-se verificar que havia discordância a este respeito. Na realidade, o importante é que o material esteja seguramente bem hidratado. Pois se uma cal, sob a forma de hidróxido, contiver grânulos de cal viva, ao ser utilizada em argamassa de revestimento, fatalmente causará imperfeições na sua superfície: os grânulos, com a hidratação do material – o que pode ocorrer *in loco* através da absorção de vapor de água, ou por acção da humidade ascensional – tendem a se extinguir, aumentando de volume e formando bolhas, decorrentes da libertação de gás carbónico, o que leva à desagregação principalmente do revestimento. Quando a cal viva é completamente extinta na hora do preparo da argamassa, isto é evitado.

No texto atribuído a Cormontaigne, por exemplo, recomendou-se que nas especificações fosse declarada a proveniência da cal. Deste modo, estaria assegurada, segundo o autor, a boa qualidade do material. A justificação para assim se proceder foi que, como se tinha o conhecimento, por experiência, de muitas das matérias-primas utilizadas no fabrico deste material, sabendo-se de onde vinha, era possível ter-se uma ideia de como seria o seu comportamento. Além disto, encontrou-se, no mesmo texto, a seguinte informação:

“On observera qu’elle soit bien cuite, sans biscuit & non éventée, de la bien faire éteindre un jour ou deux avant de l’employer, & d’en ôter tous les biscuits & durillons qui s’y trouveront”¹¹⁶⁴.

Da análise do texto acima transcrito verifica-se que eram tomados cuidados básicos a quando do uso do material: o calcário deveria estar bem cozido, deveriam ser expurgados os grânulos calcários e eventuais grumos presentes; a cal, após pronta, não deveria ficar em contacto com o ar, para não se carbonatar antes de ser empregue. Ainda foi recomendado que a extinção durasse um ou dois dias, o que asseguraria que todo o óxido havia se transformado.

Todos os pontos mencionados no texto escrito, possivelmente, por Cormontaigne merecem, até hoje, ser levados em consideração.

Com relação à extinção da cal com água salobra ou salgada, Negreiros sugeriu *“proibir-se com penas e castigos rigorosos inalteravelmente executados”¹¹⁶⁵* aqueles que assim procedessem. Isto porque, através da observação, sabia ser o sal uma

¹¹⁶⁴ [CORMONTAIGNE], *Architecture militaire*, Haia, Jean Neaulme et Adrien Moetjens, 1741. Parte I, Cap. IX, p. 86 e Parte I, Cap. XXII, p. 94.

¹¹⁶⁵ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 144v.

substância higroscópica que, após concluída a parede, atrairia para si vapor de água, o que causaria a sua desagregação por tensões de cristalização na porosidade dos constituintes da argamassa. Além do mais, o facto do sal atrair a si a humidade faria com que as paredes permanecessem eternamente húmidas, não adquirindo, por conseguinte, a compacidade e solidez almejados. Negreiros também sabia que era impossível retirar o sal da cal, após este ter sido nela introduzido, quando a parede estivesse pronta. A matéria-prima é que teria que ser isenta de sais.

Actualmente, quando da constatação da existência de paredes que apresentam salinidade em sua constituição, o que se pode fazer, sem dispender muitos recursos, é escarificar ao máximo as suas juntas, fazer um embrechamento utilizando pedaços de materiais cerâmicos, ou mesmo britas, e revesti-las com argamassas ditas “*de sacrificio*”¹¹⁶⁶.

Mathias Ayres sugeriu uma forma de provar que o sal atraía a humidade para a parede¹¹⁶⁷, mesmo que o processo não fosse visível. Negreiros concordou com a ideia, visto que copiou o que foi dito:

*“...tome-se a caliça daquella tal parede demolida em quantidade arbitraria, e posta em retorta chalibeadada, esta se accomode em forno de reverbero, e applicado o recipiente, lotadas as juncturas, administra-se hum fogo proporcionado, segundo a arte; e continuada a destillação, então se verá a porção de humidade em agoa vizivel e manifesta, que estava escondida no corpo da caliça”*¹¹⁶⁸.

Conforme a indicação, o procedimento devia ser repetido, após exposição do mesmo material ao ar, e sempre seria possível encontrar água no recipiente. Foi sugerido, ainda, que fosse feito o teste com caliça que não contivesse água salobra, para se perceber a diferença.

Nota-se, do acima exposto, que o espírito de experimentação era comum, no século XVIII, apesar de nem sempre as conclusões serem totalmente correctas, como se tem demonstrado ao longo desta investigação. No caso supracitado, por exemplo, o resultado do teste não demonstrava apenas a higroscopicidade do cloreto de sódio, como Negreiros queria, mas também a humidade natural presente nos materiais, de maneira geral, adquirida em contacto com o ambiente.

Ainda sobre a observação da actividade do sal, Mathias Ayres mencionou, sendo transcrito por Negreiros, que o surgimento da eflorescência salina – “*levissima lanugem alviforme*” – se dava através da expulsão, por parte da parede, do sal nela presente, o que ocorria, em sua opinião, sempre que a extinção da cal fosse feita com água salgada¹¹⁶⁹.

¹¹⁶⁶ Ver item 4.2.4.

¹¹⁶⁷ Ou, em linguagem actual, tinha propriedades higroscópicas.

¹¹⁶⁸ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. XI, p. 201 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 147v – Grafia original.

¹¹⁶⁹ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. X, p. 174/175 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 144v.

É verdade que, nestas circunstâncias, as efflorescências sempre apareceriam, mas outras razões também poderiam concorrer para isso. E se o sal estivesse presente na areia empregue na argamassa ou nos tijolos, ou mesmo se fosse adquirido através da capilaridade ascendente na parede já pronta?

No *Additamento: ao livro Jornada pelo Tejo*, escrito cinco anos após *Jornada pelo Tejo*, Negreiros, por exemplo, já tinha sugerido que outras razões que poderiam fazer “*pelar*” a cal seriam o tijolo mal cozido ou a areia salgada¹¹⁷⁰.

A areia salgada poderia ser, como já dito, responsável por “*pelar*” a cal, porém o tijolo mal cozido só causaria este problema se o solo com o qual tivesse sido feito contivesse sais. O que também poderia ocorrer se o tijolo estivesse bem cozido, mas unicamente se o sal estivesse presente na matéria-prima com o qual havia sido feito.

No entanto, em *Jornada pelo Tejo*, o mesmo autor afirmou:

*“Esta objecção he pouco concluden^{te}, porque aquella materia sallina, e albicante, que ás vezes se manifesta na superficie das paredes, não he o sal que ella tem em si, mas outro mui diverso que o ar cria”*¹¹⁷¹.

Negreiros tentou justificar a origem do sal como sendo do ar, e não da água do mar, por ser, na sua concepção, nitroso. Sabe-se, hoje, que os nitritos e os nitratos são, na maioria dos casos, oriundos de matéria orgânica, podendo ser decorrentes de vazamentos de esgotos sanitários, de produtos usados para adubar o solo, ou eventualmente de materiais de construção contaminados por dejectos de natureza orgânica, enquanto que o aerossol marinho se constitui preponderantemente em cloreto de sódio. Pelo menos, através da observação feita, pode-se concluir que, naquele período, já havia uma preocupação com a identificação do material que se sabia nocivo às construções, embora não se tivesse conseguido até então estabelecer correctamente sua origem, nem sua constituição, em certos casos¹¹⁷².

Um outro cuidado recomendado por Negreiros, logo após concluída a calcinação, foi a pulverização da cal com água, pois se ficasse exposta ao ar, terminaria perdendo o seu vigor. Isto porque, em sua opinião:

*“...o ar lhe dissipa todas as partes igneas que he a sua principal força, ficando a cal como huma terra branca e sem vigôr, em lugar que as pedras desfeitas com agoa, na forma que se pratica, rezulta huma cal forte, vigorosa, e com os requisitos necessarios para reedificar seguramente”*¹¹⁷³.

¹¹⁷⁰ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Additamento: ao livro Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], 1797. Cód. 3760 (BNL). vol. III, fls. 48.

¹¹⁷¹ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 145.

¹¹⁷² BOUILLET, M. N., *Dictionnaire universel des sciences, des lettres et des arts*, 12^a ed., Paris, Hachette et C^{ie}, 1877. Verbete “*sef*”, p. 1571 – Conforme este dicionário, a composição do sal marinho, por exemplo, só foi estabelecida por Margraff, na segunda metade do século XVIII.

¹¹⁷³ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa]. Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 144 – Esta citação é praticamente igual àquela existente no texto de Mathias Ayres (EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. IX, p. 169-170).

Outros tratadistas compartilhavam desta ideia, o que pode ser verificado ao longo desta investigação.

O que ocorre quando o material fica exposto ao ar, após a calcinação, é a sua hidratação por causa do vapor de água, e posteriormente, caso se deseje hidratá-lo, já terá sofrido um processo “*natural*” de hidratação seguido de carbonatação, e não mais serve para ser utilizado na obra. O ar é apenas o agente que fornece água e gás carbónico para que estas duas reacções – hidratação e carbonatação – ocorram, e não o responsável exclusivo pela “*perda do vigor da cal*”. De qualquer modo, o método sugerido por Negreiros só funcionaria se, imediatamente após a pulverização, toda a cal fosse molhada para se proceder a extinção. Caso contrário, o endurecimento do material seria ainda mais rápido do que se fosse deixado simplesmente a céu aberto.

Com relação ao tempo de armazenamento da cal em pasta, após extinção, também há diferenças, a depender do tipo de matéria-prima empregado: a pedra “*albazzana*” deveria ser usada não muito tempo após a adição da água à cal virgem, enquanto que as cais feitas com outras pedras duras (travertino, por exemplo), somente após um longo período de permanência na água (indicação vitruviana, como já visto), é que adquiririam condições adequadas de uso¹¹⁷⁴. Provavelmente, o autor deu esta informação baseado no facto de que o óxido proveniente de pedra “*albazzana*” endurecia dentro da própria água da extinção, se ali permanecesse por muito tempo. A razão para isso seria a presença de componentes que lhe conferiam certa hidráulicidade.

As cais hidráulicas requerem longo contacto água/cal, porém tomando-se precauções para não se ter água em excesso (10-15% é geralmente suficiente). Isto para que os compostos silicatados e os aluminatos não sejam hidratados, endurecendo¹¹⁷⁵.

Corrado Maltese, responsável por uma recente publicação do tratado de Francesco di Giorgio Martini, definia pedra “*albazzana*” como “*un calcare marmoso da cui si trae calce idraulica o cemento a presa rapida*”¹¹⁷⁶, daí servir para emprego em argamassa que ficava em contacto constante com a água. Como era, pois, um material que continha componentes argilosos, não poderia ser branco. Esta é mais uma prova que nem sempre as pedras brancas são as melhores para a produção da cal.

Na realidade, se a cal apresenta componentes que lhe conferem uma certa hidráulicidade, seguramente vai ser recomendada para usos diferentes do que aquela que não os contém, por causa das suas propriedades. Possivelmente, por esta razão é que eram indicadas pedras diferentes para cada uso.

¹¹⁷⁴ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. V, fls. 29v.

¹¹⁷⁵ GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 91.

¹¹⁷⁶ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. vol. III, t. II, tratado I, p. 317.

5.5 – VARIAÇÃO DE MASSA E VOLUME

A capacidade da cal em combinar-se com a areia, secar e endurecer, formando uma argamassa, dependia, segundo Vitruvius, da proporção dos quatro elementos presentes na rocha da qual havia sido originada. A influência destes elementos podia ser notada logo após o período de calcinação, pois a eles Vitruvius atribuía a perda de um terço do peso sem alteração de volume da pedra¹¹⁷⁷.

Cataneo concordou com a variação de peso indicada por Vitruvius¹¹⁷⁸. Scamozzi, por outro lado, informou que esta redução, por ocasião da calcinação, equivaleria a um terço, ou dois quintos do peso inicial, como já comentado no item 5.3.

De maneira geral, os autores consultados concordaram com Vitruvius e Cataneo ao mencionarem a redução de volume após a calcinação. No entanto, alguns comentaram, ainda, que o material aumentava de volume, o que ocorria após a extinção. Giovanni Branca foi um deles. Para este autor, uma boa cal era viscosa, tenaz, requeria muita água durante o processo de extinção, aumentava muito de volume e apresentava boa consistência¹¹⁷⁹.

A indicação do aumento de volume do material, comentada por Giovanni Branca e por outros tratadistas, foi a que é visível quando da adição gradual da água sobre a cal virgem, especialmente no caso de cais de extinção rápida. Não poderia corresponder a um aumento de volume entre a cal viva, pulverizada, e a cal extinta, pois basicamente a cal era usada sob a forma de óxido¹¹⁸⁰ ou de pasta, o que inviabilizava qualquer avaliação entre os volumes do material calcinado e do hidróxido obtido.

A verificação visual do aumento de volume por ocasião da extinção foi feita em laboratório quando da realização dos ensaios, provando ser verdadeira. Comentários específicos sobre o assunto foram feitos na discussão dos ensaios efectuados.

As reacções de calcinação e hidratação propiciam uma redução e um aumento, respectivamente, na massa do material. O carbonato de cálcio, por exemplo, perde cerca de 44% da sua massa, enquanto que o óxido ganha 32%, quando completamente hidratado, valores estes ligeiramente variáveis a depender do grau de pureza da rocha¹¹⁸¹.

5.6 – ENSAIOS LABORATORIAIS

No intuito de tentar verificar quais as diferenças existentes entre cais feitas de carbonatos de proveniências variadas, visto que foram encontradas na bibliografia

¹¹⁷⁷ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. V, p. 44.

¹¹⁷⁸ CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. V, fls. 29v – “*Conosci la bontà della calcina, se, cotta che egli è, pesa il terzo manco, che non pesava prima la sua pietra...*”.

¹¹⁷⁹ BRANCA, Juan, *Manual de arquitectura*, trad., comentários e acrescentos de D. Manuel Hijosa, [6ª ed.], Madrid, La Viuda de D. Joaquín Ibarra, 1790. L. I, Cap. III, p. 8-9.

¹¹⁸⁰ PFEFFINGER, *Fortificação moderna*, trad. de Manoel da Maia, Lisboa, Officina Real Deslandesiana, 1713 – No L. IV, Cap. XVII, §III, p. 226 a 229, podem ser encontrados exemplos do uso da cal viva no caso de fundações em sítios húmidos ou dentro d'água, o que pode ser notado em outros dos textos consultados.

¹¹⁸¹ WINGATE, Michael, *Small-scale lime-burning*, Londres, ITP, 1985. Cap. III, p. 25.

referências tanto ao seu fabrico a partir de pedras, quanto a partir de calcários marinhos, decidiu-se fazer algumas experiências. Foram testadas as matérias-primas disponíveis, assim como os óxidos e as cais delas resultantes. Tais matérias-primas foram listadas a seguir:

- Pedra lioz;
- Mármore branco (sacaróide);
- Calcário marinho do género *Mussismilia*¹¹⁸²;
- *Meandrina braziliensis*, forma fixa¹¹⁸³;
- Cascas de ostras (*Cassostreæ rhyzophoræ*);
- Cascas de "lambretas" (*Leucina pectinata*¹¹⁸⁴) (il. 59 e 60).

Optou-se pela inclusão de matérias-primas de origem marinha no universo da investigação por ter-se a certeza do seu uso, outrora, na produção da cal em Portugal e no Brasil, pois estas fontes de calcário foram citadas em vários documentos do período colonial, conforme comprovado no item 5.2.2. Além do mais, são identificados em argamassas, com certa frequência, cálices de corais e pedaços de conchas (il. 61 e 62; anexo 6).

5.6.1– Preparo das amostras

Preliminarmente, as amostras de origem marinha foram lavadas em água corrente e deixadas em imersão durante cerca de doze horas, de modo a eliminar-se ao menos parte dos sais solúveis nelas impregnados, principalmente o cloreto de sódio (NaCl), o sal existente em maior quantidade na água do mar. Não se usou deliberadamente instrumento algum (escova, por exemplo) por ocasião da lavagem, pois não se acredita que isso fosse feito. Sabe-se, por exemplo, que o costume nas antigas caieiras da ilha de Itaparica era apenas de, após a recolha do material, deixá-

¹¹⁸² Tanto os corais dos géneros *Mussismilia* quanto os do género *Meandrina* são, em certos sítios do Recôncavo Baiano, conhecidos como "cabeças de carneiro". Como os representantes do género *Mussismilia* são considerados por alguns biólogos marinhos como sendo, de acordo com o conhecimento popular, as verdadeiras "cabeças de carneiro", somente estes serão assim denominados, ao longo deste texto. As falsas "cabeças de carneiro", por sua vez, serão chamadas simplesmente de *Meandrina*.

¹¹⁸³ LEÃO, Zelinda Margarida A. N., *Guia para identificação dos corais do Brasil*, Salvador, PPPG/UFBA, 1986. p. 40 – Conforme indicado em tal guia, esta espécie de coral pode ser encontrada em colónias praticamente hemisféricas baixas ou elípticas alongadas ao longo da costa do Brasil, às vezes em zonas de águas rasas, outras em zonas de águas profundas, sendo comum, na Bahia, na Ilha de Itaparica e no arquipélago de Abrolhos. Em contacto pessoal mantido com a sua autora, constatou-se que sua opinião é de que tal tipo de coral não deve ter tido grande utilização, isoladamente, na produção de cal, pelo facto de ser mais difícil reuni-lo em grandes quantidades, do que caso se optasse pelo emprego de corais provenientes de maciços, que também são frequentes no litoral baiano. Entretanto, como os corais são constituídos por uma forma cristalina de carbonato de cálcio, seria válido o seu estudo. Além do mais, sabe-se também que, até pouco tempo, era comum, na ilha de Itaparica, a recolha de cascalho à beira-mar para utilização no fabrico de cal, e que eventualmente algumas *Meandrin*as estavam presentes junto com este material, pois são comuns nas proximidades de locais onde havia caieiras.

¹¹⁸⁴ Assim como as ostras, as "lambretas" são moluscos bivalves, presentes em grande escala no litoral da Bahia.

lo empilhado ao relento, de modo que a natureza se encarregasse da eliminação dos sais.

A suposição ora levantada da falta de preocupação com a presença dos sais nos materiais de construção foi também notada de maneira implícita, em vários dos textos consultados, à medida em que indicaram a conveniência de não se extinguir cal com água salobra, o que prova que essa era uma prática comum, apesar de recriminada por diversos autores.

Já que se tem a certeza que a água salobra foi eventualmente utilizada na extinção da cal, por que haveria uma preocupação em retirar-se, através de lavagem, os sais presentes nas matérias-primas de origem marinha? Possivelmente tudo isso ocorria porque, como diz o ditado popular, *na prática, a teoria é outra*.

Além disto, nota-se, actualmente, com frequência, a presença de inclusões coralinas em muitas argamassas antigas. Se nem havia, ao menos, uma preocupação, por parte dos operários, em proceder a calcinação completa das matérias-primas, ou ao menos em retirar os pedaços não queimados de corais das cais preparadas¹¹⁸⁵, por que se iria perder tempo com uma lavagem que viesse a retirar todos os sais presentes no material?

Concluída, pois a lavagem da maneira descrita anteriormente, as amostras foram reduzidas a pequenos fragmentos com o auxílio de um britador (il. 63), e foram peneiradas¹¹⁸⁶, de modo a apresentarem granulometria similar. Em seguida, foram pesadas e tiveram o seu volume medido, de modo a poder-se avaliar, posteriormente, as variações sofridas.

5.6.2 – Calcinação

Foram muitas as divergências encontradas, nos textos estudados, com relação à duração do processo de calcinação. Este variava de acordo com o tamanho e com a forma do forno, com a espécie de combustível utilizado, com as características da matéria-prima.

Gabriel Soares, por exemplo, comentou, como pode ser visto na passagem comentada no item 5.3, que, no caso das cascas de ostras, bastaria submetê-las à acção do calor por um período de doze horas para que fossem calcinadas.

Numa experimentação científica, quanto maior for a uniformização dos procedimentos, maiores as possibilidades de comparação dos resultados. Logo, nada mais adequado do que utilizar um forno eléctrico e controlar o tempo e a temperatura de queima. Por esta razão foi usado um forno mufla para a calcinação das amostras¹¹⁸⁷.

¹¹⁸⁵ Lembra-se, todavia, que, por vezes, a areia, a depender de sua proveniência, podia conter determinadas inclusões, como conchas, corais e seixos.

¹¹⁸⁶ Peneira de malha 9.95 mm (ASTM).

¹¹⁸⁷ Inclusive, seria muito complicado construir fornos, como os antigos caieiros faziam, pois os modelos encontrados na literatura são muitos. Além do mais, muitos deles eram demasiadamente grandes, o que inviabilizaria a investigação.

A temperatura de cozimento dos calcários varia entre 890°C e 930°C. A produção industrial, sendo mais lenta, exige uma temperatura, no máximo, igual a 890°C. Os carbonatos de magnésio, entretanto, começam a se transformar a 720°C. Como a tensão é igual à pressão atmosférica¹¹⁸⁸, valor inferior aos 890°C sugeridos, a queima industrial deve ser feita a uma temperatura intermediária entre estas duas, daí a adoção dos 850°C¹¹⁸⁹.

Como a quantidade de matéria-prima disponível era pequena, estabeleceu-se, empiricamente, o tempo de queima em vinte horas, tendo-se constatado que era suficiente, em virtude exactamente da pequena quantidade e da constância de temperatura obtida com o termostato.

Mesmo no caso da calcinação das cascas de ostra, que de acordo com a bibliografia consultada, poderia ter sido feita com doze horas, as vinte horas não se mostraram excessivas¹¹⁹⁰. Logo, pode-se inferir que, antigamente, muitas vezes a queima do material deve ter sido incompleta por não se prolongar o fogo por tempo suficiente. Hipótese facilmente comprovada, por exemplo, no caso da cal de corais: é muito comum encontrar-se fragmentos de material não calcinado em antigas argamassas.

5.6.3 – Extinção (hidratação)

As diversas matérias-primas foram avaliadas com relação a dois aspectos ligados à extinção: tipo e tempo.

Quanto ao tipo de extinção, as cais podem ser classificadas em rápidas, médias e lentas. Estas denominações são dadas, no Brasil, obedecendo-se à NBR-6472, que assim considera os calcários que entram em franca extinção em tempo inferior a cinco minutos, entre cinco e trinta minutos, e superior a trinta minutos, nomeadamente¹¹⁹¹.

A metodologia adoptada para a verificação do tipo de extinção das diversas cais estudadas foi a seguinte: retiradas do forno mufla, as amostras, em pedaços, foram colocadas em dessecador, de modo a esfriarem sem absorver a humidade do ar. Após o resfriamento, aspergiu-se água deionizada sobre as mesmas, aumentando-se a quantidade deste líquido até a submersão completa do óxido. Feito isto, passou-se a observar o comportamento dos materiais, registando-se o tempo em que o processo da extinção iniciou francamente.

O comportamento registado para cada um dos materiais, após a adição da água, foi sinteticamente o seguinte:

- Pedra lioz – No caso desta matéria-prima, houve aquecimento instantâneo do recipiente, decorrente da elevação da temperatura em cerca de 50°C, acompanhado de forte efervescência, emissão de vapores e estalos igualmente

¹¹⁸⁸ Correspondente a 812°C de temperatura.

¹¹⁸⁹ LE CHATELIER, H., *Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques*, Paris, V^{ve} Ch. Dunod, 1904. p. 31 e 34.

¹¹⁹⁰ O calcário não ficou queimado, como pensava-se poderia ocorrer.

¹¹⁹¹ NBR-6472 – Cal – Determinação do resíduo de extinção. Rio de Janeiro, ABNT, Junho/93.

fortes, iniciados imediatamente após a colocação da água – O início imediato do processo de extinção serviu para caracterizar a cal como *rápida*; a forte efervescência e a emissão de vapores, provavelmente, deveram-se a elevados teores de óxido de cálcio; houve um aumento de volume bastante pronunciado da cal ao longo do processo de extinção; o material não ficou pegajoso, nem aderiu à espátula utilizada para mexer. Tais características seguramente levariam os escritores de outrora a uma cal resultante deste tipo de material como de boa qualidade¹¹⁹². Só ficou faltando, para que fosse tida como excepcional (segundo a opinião antigamente em vigência), que aderisse ao instrumento utilizado para mexê-la;

- Mármore branco – Após a adição da água, o material apresentou forte aquecimento, praticamente instantâneo, com desprendimento de vapores – Tendo em vista o início da reacção ocorrer logo, a cal pode ser considerada, também, como cal *rápida*;
- “Cabeça de carneiro” (*Mussismilia*) – O aquecimento da reacção não foi instantâneo, porém pôde ser sentido em pouco tempo. Não foram ouvidos estalos, não houve libertação de vapores, nem aderência ao instrumento usado para mexer – Esta cal pode ser considerada como uma cal *média*. Quanto à ausência de estalos, é possível que tenha sido decorrente da estrutura porosa do material;
- *Meandrina braziliensis* – Após a adição de água, a temperatura sofreu apenas uma pequena elevação e não houve um grande desprendimento de vapores. A extinção franca só foi notada após meia hora. Ao final do processo, entretanto, a temperatura praticamente atingiu os mesmos níveis alcançados pelos outros materiais – De todos os materiais observados, este foi o único cujo o início do processo de extinção foi muito demorado. De acordo com a norma, a cal foi considerada como *lenta*;
- Cascas de ostras (*Cassostreæ rhyzophoræ*) – A efervescência apresentada no processo de extinção deste material só teve início cerca de sete minutos após a adição da água, e foi muito menos intensa e duradoura do que a apresentada durante a extinção das cais de pedra lioz e de cascas de “*lambreta*” – A cal resultante foi considerada como cal *média*;
- Cascas de “*lambretas*” (*Leucina pectinata*) – Assim como no caso das cais de pedra lioz e de mármore, logo que foi adicionada a água ao óxido formado da calcinação das cascas de “*lambretas*” foram notados o aquecimento do material, uma forte efervescência e a emissão de fortes vapores. Foram também ouvidos estalos. A cal foi considerada como *rápida*.

Definidos os tipos de cada uma das cais estudadas de acordo com o tempo de início do processo de extinção estabelecido na norma brasileira, cada uma das amostras foi deixada por uma semana em imersão em água deionizada¹¹⁹³. Só então

¹¹⁹² Lembrar, por exemplo, a indicação de Negreiros que a cal de lioz era a melhor cal do mundo.

¹¹⁹³ Optou-se pelo uso de água deionizada no sentido de evitar-se interferências devido a eventuais impurezas contidas na água doce de nascente (difícil de ser encontrada na cidade), de rio

deu-se por concluída a hidratação¹¹⁹⁴. Foram medidos os valores do pH das amostras¹¹⁹⁵, já sob a forma de hidróxido, e as mesmas foram colocadas em estufa, a 75°C, por aproximadamente 24 horas, para acelerar o processo de secagem. As cais produzidas foram armazenadas em frascos bem vedados, de modo a não se hidratarem através da absorção de vapor de água.

A partir do conhecimento do tipo de cada cal – se *rápida*, *média* ou *lenta* –, procedeu-se nova série de ensaios para averiguação do tempo de extinção de cada uma delas. Utilizou-se, desta feita, a NBR-10791¹¹⁹⁶, porém com algumas adaptações do método de ensaio, já que não se conseguiu todo a equipagem prevista, nem a quantidade total de material requerida para a sua realização.

Após a fragmentação, as novas amostras foram peneiradas e calcinadas, conforme o processo já descrito. Os óxidos utilizados na determinação do tempo de extinção foram também submetidos a peneiramento, usando-se para isto a peneira ABNT n.º 6 (abertura 3,35mm), especificada em norma¹¹⁹⁷.

Apesar de se ter consciência que o material utilizado artesanalmente apresenta dimensões variadas, muito maiores, inclusive, do que as adoptadas por ocasião dos ensaios, a uniformização da granulometria foi considerada como importante, não apenas no caso da verificação do tempo de extinção em laboratório, mas também na determinação do volume e da massa unitária da cal que, por sua vez, são também dependentes do grau de compactação da amostra.

O recipiente térmico especialmente desenvolvido¹¹⁹⁸, ao longo desta investigação, para substituir o frasco Dewar modificado, requerido pela norma brasileira (il. 64) para a realização do ensaio de verificação do tempo de extinção da cal, foi preparado da seguinte forma: tomou-se um vasilhame de alumínio, revestindo-o externamente com espuma de poliestireno¹¹⁹⁹. Foram feitos na tampa, que também era da mesma espuma, dois orifícios, através dos quais foram introduzidos o termómetro e a haste do agitador mecânico vertical (il. 65 e 66).

Optou-se pelo uso do alumínio por ser um material homogéneo e de pouca espessura, de modo que se esperava que o conjunto alumínio/espuma de poliestireno conservasse a temperatura, evitando perdas significativas para o meio.

No intuito de obter-se um resultado mais acurado, por ocasião da leitura das diversas temperaturas, durante a realização do ensaio, foi utilizado um termómetro

(actualmente é fácil haver contaminação por acção do homem) ou de tomeira (por causa do cloro). Além do mais, este é o tipo de água normalmente utilizado em ensaios.

¹¹⁹⁴ Como a quantidade de óxido usada na fabricação das cais foi pequena, uma semana foi o tempo aleatório definido para assegurar sua completa extinção.

¹¹⁹⁵ Cal de pedra lioz, pH = 12,59; de mármore, 12,58; de "cabeça de carneiro", 12,62; de coral do género *Meandrina*, 12,70; de cascas de ostras, 12,60; de cascas de "lambretas", 12,66. Ou seja, os valores dos pH variaram entre 12,58 e 12,66.

¹¹⁹⁶ NBR-10791 – Cal virgem. Determinação do tempo de extinção. Rio de Janeiro, ABNT, Nov./1989.

¹¹⁹⁷ NBR-5734 (antiga EB-22) – Peneiras para ensaio de tecido metálico – Especificação. Rio de Janeiro, ABNT, Jul./1988.

¹¹⁹⁸ Contou-se, para isto, com o conselho de especialistas em química analítica e físico-química do Instituto de Química da UFBA.

¹¹⁹⁹ Esferovite.

com graduação de 0,5°C, apesar da norma indicar que uma resolução de 1°C atenderia às necessidades¹²⁰⁰.

Como se dispunha de pequenas quantidades de matérias-primas para a realização de diversos ensaios, resolveu-se diminuir a quantidade dos ingredientes indicados pela norma para a metade, assim como também se reduziu nas mesmas proporções a capacidade do recipiente que foi preparado.

Após a rápida colocação das cais – uma de cada vez, obviamente –, em contacto com a água, que estava a 25°C, conforme especificado em norma, tampouco se o recipiente, começou-se a contar o tempo e a registar-se as temperaturas. Isto foi feito de trinta em trinta segundos até cinco minutos e, a partir daí, em intervalos de um minuto, até que a temperatura permanecesse constante por cinco leituras consecutivas (il. 67).

Conforme a norma, o tempo total de extinção corresponde àquele decorrido entre a adição da água e a primeira de três leituras consecutivas¹²⁰¹ que apresentarem variação inferior a 0,5°C. Na prática, cada um dos ensaios foi dado por finalizado quando cinco das leituras efectuadas foram idênticas. Procedeu-se desta maneira de modo a garantir que o resultado registado estivesse dentro do esperado, já que foi usado um dispositivo de ensaio adaptado e que a norma prevê uma média de leituras obtidas em três ensaios consecutivos. Verificou-se, graças a esta decisão, que, no caso da hidratação das cais de corais do género *Meandrina* e do mármore, houve repetição de valores¹²⁰², porém alguns minutos antes daquele considerado como o final. Após a repetição de tais valores, houve novo aumento de temperatura. No caso da cal de corais do género *Meandrina*, isto pode ter acontecido por ser uma cal lenta; no caso do mármore, por ser dolomítico.

Quanto ao aspecto das misturas, imediatamente após a finalização deste ensaio (il. 66), observou-se o seguinte:

- Pedra lioz – Levemente cremosa, coloração acinzentada;
- Mármore branco – Bastante cremosa, com muita espuma, aderente à espátula;
- “Cabeça de carneiro” – Ligeiramente espumosa, não aderiu à espátula;
- *Meandrina* – Pouco espessa, esverdeada, com camada pouco espumosa; ao ser transferida para um béquer, constatou-se que era macia, porém não aderiu à espátula utilizada nem ao recipiente onde se encontrava; apesar de demorar mais do que o mármore para reagir com a água¹²⁰³, desenvolveu temperaturas mais altas;
- Cascas de ostras – Pouco espessa, apresentando pouca espuma e coloração cinza;
- Cascas de “*lambretas*” – Pouco espessa, esverdeada e espumosa.

¹²⁰⁰ Após a realização dos ensaios, julgou-se que seria ainda melhor se o termómetro apresentasse a resolução de 0,1°C.

¹²⁰¹ Considerando-se a média de três ensaios.

¹²⁰² Três vezes, no caso do coral, e quatro, no do mármore.

¹²⁰³ É uma cal lenta, enquanto que o material oriundo do mármore é uma cal rápida.

Já foi mencionado que a cal, como aglomerante simples, é um material pouco utilizado na construção civil, ultimamente, no Brasil. Por essa razão, quase não há normas que controlem a sua produção e utilização. Além disto, as normas actualmente em vigor no país apresentam algumas divergências entre si, que dão, inclusivamente, margem a dúvidas quanto à exactidão da realização dos ensaios. Tais normas estão a ser revistas por comités especializados, a nível nacional, de modo que se espera sejam estes problemas em breve sanados.

À guisa de exemplo, indica-se uma certa contradição existente entre duas das normas usadas na realização destes ensaios com cal, ao informarem como hidratar cais de diversos tipos:

Segundo a NBR-10791, a hidratação das amostras a serem ensaiadas deve ser feita colocando-se a cal virgem¹²⁰⁴ sobre a água, mexendo-se sempre a mistura com velocidade constante¹²⁰⁵. Entretanto, no anexo *Recomendações para extinção de cal virgem*, da NBR-6472, consta que, para se extinguir cais lentas, a água deve ser colocada sobre o óxido, em pequena quantidade, de modo a não haver um abaixamento da temperatura, e a mistura não deve ser mexida; no caso de cais médias, a água também deve ser adicionada sobre a cal, porém em maior quantidade do que no caso anterior, mexendo-se sempre que houver desprendimento de vapores; se o ensaio for realizado com cais rápidas, a cal deve ser sempre adicionada sobre a água, em quantidade grande, e a massa só deve ser mexida quando houver desprendimento de vapores¹²⁰⁶.

Pelo acima descrito, verificou-se que apenas três das amostras ensaiadas consistiam em cais rápidas¹²⁰⁷, de modo que somente estas, segundo a NBR-6472, deveriam ser extintas colocando-se o óxido sobre a água. Não se conseguiu encontrar na bibliografia disponível justificação para as duas possibilidades de colocação dos dois materiais em contacto. Tampouco se conseguiu esta informação através de entrevistas feitas com investigadores diversos. Levantou-se, entretanto, a hipótese que, talvez, a recomendação para se colocar a cal sobre a água, no caso de cais rápidas, fosse devida apenas a uma precaução para evitar que o operador se queimasse, a quando do início da reacção¹²⁰⁸. Seria adequado que a real intenção desta indicação estivesse explícita na própria norma, o que não ocorre.

Quanto à questão específica da agitação do material ao longo do ensaio, deve ter sido recomendada, no caso do ensaio com o recipiente térmico, para manter a constância da temperatura, visto que o recipiente ia ficar fechado e, eventualmente, poderia haver registo distorcido da temperatura. Já na verificação a céu aberto, a recomendação para que o material fosse revolvido pode ter tido também a função de evitar acidentes, além de servir para propiciar a transformação da totalidade da

¹²⁰⁴ De qualquer tipo, ou seja, sem importar se a cal é rápida, média ou lenta.

¹²⁰⁵ 400 ± 50 rpm.

¹²⁰⁶ NBR-6472 – Cal – Determinação do resíduo de extinção. Rio de Janeiro, ABNT, Junho/93. p. 3.

¹²⁰⁷ Cais provenientes de pedra lioz, mármore branco e cascas de "lambretas".

¹²⁰⁸ A título de curiosidade, destaca-se que, quando o aglomerante é o gesso, deve ser sempre colocado por cima, de maneira gradual, até que haja o desaparecimento da água. Caso contrário, endurece antes do tempo. Seria, pois, nesta circunstância, pertinente alguma observação quanto à ordem de mistura dos ingredientes.

amostra. Como se podia ver exactamente onde havia formação de vapores, dispensava-se a agitação constante.

Avaliando-se os resultados dos ensaios feitos com o auxílio do equipamento desenvolvido, constatou-se que houve algumas divergências entre as várias medidas efectuadas com a mesma matéria-prima. Seria indicado fazer uma quantidade muito maior de ensaios, para averiguar melhor o comportamento dos materiais e a reprodutibilidade do ensaio com o uso do dispositivo criado. Só que talvez fosse interessante utilizar, a princípio, um único tipo de calcário, que tivesse inclusive facilidade de ser conseguido. De qualquer modo, os testes realizados serviram para se ter uma ideia aproximada do comportamento dos materiais. Os resultados obtidos foram os seguintes¹²⁰⁹:

Matéria-prima	Temperatura a 4 min (°C)	Temperatura a 10 min (°C)	Tempo total de extinção (min)	Temperatura final (°C)
Pedra lioz	75,5	---	4	75,5
Mármore branco	57,7	61,2	10	61,2
"Cabeça de carneiro"	45,0	57,8	15	61,8
<i>Meandrina braziliensis</i>	29,5	36,8	31	73,4
Casca de ostras	37,2	59,2	20	70,2
Casca de "lambretas"	37,8	66,7	16	74,2

Os gráficos com as curvas correspondentes ao comportamento de cada uma das matérias-primas analisadas encontram-se no anexo 4.

Nos textos consultados, foi frequente a menção à extinção da cal sob uma camada de areia. Por esta razão, pensou-se em verificar, com o mesmo equipamento desenvolvido, as variações de temperaturas ocorridas com cada matéria-prima ao natural e sob areia, no intuito de constatar eventuais divergências entre os dois processos. Isto no sentido de verificar se tais divergências poderiam acarretar em problemas na obra, como, por exemplo, extinção incompleta do material, quando o mesmo permanecesse por tempo insuficiente dentro da água. No entanto, o frasco térmico desenvolvido não tinha capacidade para receber a mesma quantidade de cal e ainda no mínimo o dobro da quantidade de areia¹²¹⁰, de modo que fosse possível ter algum elemento de comparação. Além do mais, encontrou-se certa dificuldade na obtenção de determinadas matérias-primas¹²¹¹, e seria necessário conseguir uma quantidade maior para a realização desse novo ensaio. Fica, pois, a sugestão para uma investigação futura.

¹²⁰⁹ Optou-se pela avaliação da temperatura a quatro minutos por este ter sido o tempo total de extinção do lioz. As outras colunas correspondem às indicações da norma utilizada.

¹²¹⁰ O traço mínimo a ser experimentado devia ser 1:2, já que foi um dos mais comuns encontrado na bibliografia.

¹²¹¹ Principalmente os corais dos géneros estudados, que já não são encontrados com tanta facilidade na Baía de Todos os Santos.

5.6.4 – Variações de massa e volume

Com relação a este aspecto, Vitrúvio ensinou que as “pedras de cal”, após cozidas, conservavam o seu volume inicial, mas diminuía num terço o seu peso. Muitos dos autores consultados concordaram com esta opinião, e a expressaram claramente, o que foi demonstrado ao longo deste texto.

No já citado texto atribuído a António Rodrigues, encontrou-se a recomendação para a realização de um teste prático para se saber se o material estava cozido. Tal teste consistia exactamente na verificação do que Vitrúvio dizia: pesava-se uma pedra antes de acender o forno, e tornava-se a pesá-la quando se suspeitasse que já estava cozida, facto que seria atestado quando a pedra apresentasse uma redução de massa em, pelo menos, um terço¹²¹².

Esta variação de massa foi verificada em laboratório, constatando-se, para o caso das matérias-primas estudadas, que houve redução de cerca de 44% do valor inicial, em cinco, dos seis materiais estudados. A massa do mármore reduziu cerca de 47%, pois o material é dolomítico.

Quanto à variação volumétrica entre o material sob a forma bruta, moído, e o mesmo material, já calcinado, observou-se que o volume permaneceu constante em quatro das amostras, o que era esperado, de acordo com informações constantes da bibliografia consultada. Entretanto, no caso das amostras de calcários marinhos, em uma delas houve aumento de volume, e em outra, redução.

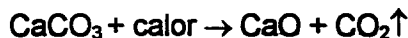
Não se pode afirmar com segurança a razão para o facto, porém até mesmo o tamanho e a forma dos fragmentos, assim como das partículas resultantes e sua arrumação na proveta graduada, onde as avaliações foram feitas, podem ter contribuído para isto. Os resultados destas averiguações são fornecidos na tabela:

Matéria-prima	Redução de massa (%)	Variação volumétrica (%)
Pedra lioz	44,23	0,00
Mármore branco	47,25	0,00
“Cabeça de carneiro”	44,33	0,00
<i>Meandrina braziliensis</i>	43,70	0,00
Casca de ostras	43,99	- 5,66
Casca de “lambretas”	44,56	+ 4,65

Os factores que devem ter afectado para que outrora fosse constatada a redução do peso em apenas 33%, conforme relato na bibliografia pesquisada, foram a falta de controle da temperatura de queima e a eventual presença de impurezas nas matérias-primas utilizadas. Como, nos testes realizados em laboratório, a temperatura foi controlada e mantida constante, obteve-se uma calcinação de maior parte do material, o que pode ser verificado através dos dados anteriormente indicados.

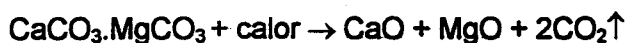
¹²¹² [RODRIGUES, António], [Tratado de arquitectura], [Lisboa], Cód.3675 (BNL), [séc. XVI]. Cap. VII, fls. 17. Apud MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada).

Ao fazer-se o cálculo da variação de peso molecular ocorrida por ocasião da calcinação do carbonato de cálcio, no que diz respeito ao óxido de cálcio, pode-se verificar que a perda total teórica é de 44%, o que confere, de maneira aproximada, com os valores encontrados:



A perda verificada no peso molecular, comparando-se o carbonato¹²¹³ (100 u.m.a.) com o óxido de cálcio (56 u.m.a.), corresponde exactamente a 44 u.m.a., que é equivalente à quantidade de gás carbónico produzido e libertado na reacção.

No caso de uma cal dolomítica¹²¹⁴, entretanto, o cálculo estequiométrico indica que a perda de peso molecular é correspondente a 47,8%, conforme explicitado a seguir:



Comparando-se o peso molecular da dolomita¹²¹⁵ (184 u.m.a.) com a soma dos pesos moleculares dos óxidos resultantes (96 u.m.a.), a perda é de 88 u.m.a., correspondente ao gás carbónico libertado.

Lembra-se que não há alteração de massa a quando da hidratação do material, o que é demonstrado através das variações dos pesos moleculares entre os constituintes presentes, nas equações que regem o processo:



5.6.5 – Caracterização das matérias-primas e das cais

Para efeito de caracterização das cais estudadas em laboratório, por ocasião da elaboração deste texto, foram identificados, por meio de espectroscopia de emissão atómica por plasma indutivamente acoplado (ICP-AES) (il. 68), diversos elementos. A partir dos valores encontrados para cada um deles, foram calculados os percentuais dos óxidos importantes na determinação de propriedades do aglomerante.

A determinação da presença de estrôncio e bário foi feita no intuito de verificar se algum destes elementos poderia vir a servir para caracterização da utilização de algumas das matérias-primas usadas, ou de algumas das cais preparadas. Concluiu-se, por exemplo, que o óxido de bário não pode ser usado com este fim, visto que em todos os tipos de cais estudados apresenta-se em quantidades muito ínfimas. No entanto, ao verificar-se os teores de óxido de estrôncio presentes nas diversas amostras, constata-se que as cais provenientes de corais talvez possam ser identificadas através desse elemento, pois os valores obtidos foram muito superiores aos demais. Para se ter a certeza que uma cal teria sido feita da queima de corais, no entanto, um maior número de ensaios teria que ser feito, avaliando-se, inclusive, outros tipos de corais diferentes.

¹²¹³ Em unidades de massa atómica, Ca = 40, C = 12 e O = 16.

¹²¹⁴ Caso do mármore ensaiado.

¹²¹⁵ O peso molecular do Mg é 24 u.m.a.

Por outro lado, concluiu-se que não é possível, simplesmente com base nesta mesma análise, assegurar qual o tipo de coral que teria sido usado no fabrico da cal. Isto seria, inclusive, difícil, no caso de ter sido empregue uma matéria-prima composta por uma mistura de materiais diferentes, como ocorria a quando do uso do cascalho da ilha de Itaparica, ao qual já foi feita alusão. Outras indagações seriam necessárias para se chegar a uma conclusão definitiva.

5.6.6 – Índice hidráulico

O índice de hidráulico é determinado através da correlação entre os percentuais de determinados óxidos presentes nas argamassas. Apesar desta correlação somente ter sido estabelecida pelo engenheiro francês L. J. Vicat, no século XIX, optou-se por verificá-la, no âmbito da presente investigação. Tomou-se tal decisão pelo facto de terem, por vezes, sido mencionadas, em textos do século XVIII ou de séculos anteriores, cais que endureciam dentro da água.

A título de ilustração, destaca-se que foi encontrado, na Biblioteca da Ajuda, em Lisboa, um manuscrito recriminando o uso de cal feita com conchas em obras aquáticas¹²¹⁶. Este documento, apesar de ter servido para comprovar a utilização de cais desta proveniência, terminou por levantar uma suspeita, que dificilmente pode ser verificada: as conchas outrora usadas pelos portugueses no fabrico do aglomerante não apresentavam propriedades hidráulicas, daí não serem recomendadas em obras aquáticas. Só que existem cais hidráulicas provenientes de alguns tipos de conchas, conforme verificado ao analisar os resultados da constituição das cascas de ostras e de "lambretas": a cal de ostra estudada, por exemplo, foi considerada como hidráulica, e a de "lambretas", aérea, o que vai ser detalhado mais adiante.

Quanto à determinação do índice hidráulico, a bibliografia brasileira actual apresenta uma pequena divergência na sua fórmula: alguns autores consideram apenas a relação entre os percentuais de sílica, alumina e óxido de ferro e o percentual de óxido de cálcio; enquanto que outros também incluem na fórmula os percentuais de óxido de magnésio presentes na amostra. As duas fórmulas mencionadas para cálculo do índice hidráulico (i) são, pois:

a) Conforme o engenheiro brasileiro Eládio Petrucci¹²¹⁷ (séc. XX):

$$i = \frac{\%SiO_2 + \%Fe_2O_3 + \%Al_2O_3}{\%CaO}$$

b) Conforme o também engenheiro brasileiro José Eptácio Guimarães¹²¹⁸:

$$i = \frac{\%SiO_2 + \%Fe_2O_3 + \%Al_2O_3}{\%CaO + \%MgO}$$

¹²¹⁶ BAJ, cota: 51-IX-21, p. 40. Carta sobre fortificação de Angola.

¹²¹⁷ PETRUCCI, Eládio G. R., *Materiais de construção*, 8ª ed., Porto Alegre, Globo, 1987. Cap. VI, p. 326.

¹²¹⁸ GUIMARÃES, José Eptácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 91.

Julga-se mais conveniente esta última possibilidade, pois muitos dos calcários utilizados na fabricação da cal, de maneira geral, são dolomíticos. Assim sendo, tal fórmula é que foi adoptada para os cálculos dos índices dos materiais ora ensaiados.

Com relação à classificação das cais conforme o seu índice, encontrou-se, igualmente, subtis diferenças entre certos autores. As indicações de cada um deles é apresentada a seguir:

a) Para José Eitácio Guimarães¹²¹⁹, as cais podem ser classificadas em:

Fracamente hidráulica: $0,10 < i < 0,16$

Moderadamente hidráulica: $0,16 < i < 0,40$

Eminentemente hidráulica: $0,40 < i < 0,50$

b) Eládio Petrucci¹²²⁰, ao invés de considerar a existência da categoria das moderadamente hidráulicas mencionada por José Eitácio Guimarães, distribuiu os valores desta faixa nos seguintes grupos: medianamente hidráulicas ($0,16 < i < 0,30$) e francamente hidráulicas ($0,30 < i < 0,40$), mantendo os mesmos valores nos casos de cais fracamente hidráulica e eminentemente hidráulica.

c) J. Paz Branco¹²²¹, autor português do século XX, ratificou as indicações de Vicat, que são um pouco diversas das duas anteriormente citadas:

Gorda ou magra: $0,0 < i < 0,10$

Debilmente hidráulica: $0,10 < i < 0,16$

Medianamente hidráulica: $0,16 < i < 0,31$

Hidráulica padrão: $0,31 < i < 0,42$

Eminentemente hidráulica: $0,42 < i < 0,50$

Para aferir o grau de hidraulicidade das cais, segundo José Eitácio Guimarães, existe ainda outro índice, o índice de cimentação (IC), também calculado com base nos percentuais presentes dos mesmos óxidos¹²²². Só que foram usados alguns factores de correcção, conforme pode ser constatado através da análise da fórmula:

$$IC = \frac{2,8 \%SiO_2 + 0,7 \%Fe_2O_3 + 1,1 \%Al_2O_3}{\%CaO + 1,4 \%MgO}$$

De acordo com este índice, as cais podem ser classificadas nas mesmas categorias previstas anteriormente:

Fracamente hidráulica: $0,30 < i < 0,50$

Moderadamente hidráulica: $0,50 < i < 0,70$

Eminentemente hidráulica: $0,70 < i < 1,10$

¹²¹⁹ GUIMARÃES, José Eitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 91.

¹²²⁰ PETRUCCI, Eládio G. R., *Materiais de construção*, 8ª ed., Porto Alegre, Globo, 1987. Cap. VI, p. 327.

¹²²¹ BRANCO, J. Paz, *Manual do pedreiro*, Lisboa, LNEC, 1981. Cap. I, p. 41.

¹²²² GUIMARÃES, José Eitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 91 e 266.

Como já informado, a cal de cascas de ostras preparada em laboratório foi considerada como hidráulica, enquanto que a de cascas de "lambretas" foi classificada como aérea. Comparando-se os percentuais dos diversos óxidos usados na determinação do índice de hidraulicidade, constatou-se que seus teores são muito parecidos, à excepção da sílica, que está presente nas cascas de ostras numa quantidade muito superior. Logo, pode-se atribuir a este constituinte, no caso específico, a responsabilidade em conferir hidraulicidade ao produto final.

Quanto às demais cais produzidas no NTPR, apenas aquela oriunda de "cabeça de carneiro" foi considerada como hidráulica.

Com a finalidade de mostrar, de maneira mais directa, as características de todas as matérias-primas e cais preparadas e estudadas em laboratório, foram elaboradas duas tabelas comparativas (tabelas 2 e 3), disponíveis, respectivamente, nos anexos 7 e 8. No caso da cal feita a partir de cascas de ostras, destaca-se que o percentual de sílica encontrado foi muito maior do que aquele presente nas demais cais preparadas em laboratório¹²²³. É possível que o material contivesse areia como impureza, o que, segundo J. W. Herath, é comum em cais de corais e conchas¹²²⁴.

¹²²³ O mesmo se deu na análise da matéria-prima usada na sua confecção.

¹²²⁴ HERATH, J. W., «Lime industry in Sri Lanka», HILL, Neville, HOLMES, Stafford, MATHER, David, *Lime and other alternative cements*, Exeter, ITP, 1992, Cap. VII, p. 56-64. p. 61.

6 – AREIA

O desconhecimento da composição deste material, de suas propriedades e até mesmo da sua origem, perdurou séculos. Tanto que muitas especulações foram traçadas no sentido de explicar estes pontos, como pode ser verificado no desenrolar deste capítulo.

6.1 – DEFINIÇÕES GENÉRICAS

O material denominado areia, na acepção actual, é composto por um determinado tipo de partículas presentes no solo, partículas essas cujas dimensões estão contidas numa faixa granulométrica específica (0,15 - 4,8mm). De modo que até mesmo a pozolana foi considerada, antigamente, em vários textos anteriores ao século XIX, como uma areia. Suas características, contudo, serão comentadas oportunamente.

No entanto, apesar de constituir-se numa fracção granulométrica específica do solo, as areias distinguem-se das argilas, siltes e pedregulhos, não apenas pelo tamanho de seus grãos, mas também pela sua constituição mineralógica e química.

De constituição geralmente silicática (quartzosa), as areias quase não apresentam reactividade, daí serem normalmente consideradas como inertes. No entanto, podem também ser encontradas areias carbonáticas, dependendo do tipo de rocha a partir do qual foi gerada. Isso ocorre, por exemplo, na península de Yucatán, México, região de solo eminentemente calcário, cuja areia de praia (praia de Cancún), analisada no NTPR, apresenta em sua constituição 95,5% de carbonato. Esse tipo de areia, ao que parece, não era comum nos locais utilizados antigamente como fontes de matérias-primas para as construções, pois nenhum dos autores consultados fez menção a respeito de alguma reacção da mesma com ácido. Pelo contrário, eventualmente são encontradas na bibliografia recomendações do uso de ácido para demonstrar que a areia não era atacada por este produto.

A grande importância de dedicar-se, nesse estudo, um capítulo específico à areia – material actualmente classificado como agregado miúdo –, reside no facto deste ser um dos componentes básicos presentes nas argamassas tradicionais, e que ainda hoje continua a ser usado com a mesma finalidade. Já se fez menção a esse material por diversas vezes, ao falar-se das argamassas, porém procura-se dar agora uma visão pormenorizada sobre o mesmo.

O primeiro texto encontrado, no âmbito dessa investigação, a indicar as qualidades e características das areias como material de construção, foi o célebre tratado de Vitruvius. Assim como as demais informações dadas sobre outros materiais, o que este autor escreveu sobre as areias foi repetido pela maioria daqueles que o sucederam, que eventualmente complementaram a informação do mestre romano ou até mesmo fizeram alguma espécie de crítica. Vitruvius não deu uma definição específica para o material, mas descreveu os diversos tipos que conhecia e estabeleceu a sua utilização.

Segundo o mestre romano, deveria ser dada preferência à areia de jazida, que secava rapidamente, suportava peso e quando usada em revestimento propiciava sua boa durabilidade. No entanto, esse tipo de areia, se recém-escavado, era inconveniente para rebocos (misturado com palha e cal), por fissurar. Por outro lado, não poderia permanecer exposto às intempéries por um período muito longo, para não se deteriorar.

Na falta desta, recomendou usar a de rio, que, por sinal, era a melhor de todas, em sua opinião, para estuque. A de mar, em último caso podia ser usada, mas demorava a secar, não suportava o carregamento e os sais nela presentes afectavam o reboco¹²²⁵.

Giovanni Branca informou que alguns autores acreditavam que a areia era um conjunto de pequenas pedras. Na opinião destes, a melhor era aquela que entrasse em menor quantidade na argamassa de cal¹²²⁶.

Considerar a areia como um conjunto de pedras pequenas, fazia até algum sentido. Porém a referência à argamassa forte, como sendo indicativa da boa qualidade da areia, está truncada. Na realidade, é da qualidade da cal que ela depende. Sabe-se, hoje, que a participação da areia (SiO₂) nas argamassas dá-se apenas no sentido de redução do custo e alteração da porosidade do material resultante. Logo, quando a cal é de boa qualidade, ela comporta muita areia, formando uma boa argamassa, e barateando o custo da obra. Se a areia for igualmente de boa qualidade e puder entrar em maior quantidade na argamassa, melhor, pois reduzirá as despesas da construção sem se constituir numa fonte de problemas.

É interessante constatar, através da referência de Giovanni Branca, que como maneira de identificar se a areia apresentava características desejáveis à construção, ou não, já que até o momento não havia ensaios laboratoriais de caracterização do material, recomendava-se preparar uma argamassa¹²²⁷. Deste modo, o veredicto final possivelmente era dado com base no traço que, na prática, fosse considerado como adequado à execução da obra. Briseux também recomendou que assim se procedesse, sugerindo, inclusivamente, que fosse feita uma pequena parede-teste, de modo que, após secagem, pudesse ser verificada a capacidade de aderência da argamassa¹²²⁸.

Esta observação não é de todo válida, pois como outros autores informaram, nem só da qualidade da areia depende a excelência da argamassa, mas também da bondade da cal (e da água), sem esquecer todavia a elaboração da mistura. Além do mais, as propriedades da argamassa também dependem do uso ao qual ela se destina. Porém a informação serve ao menos como o indicativo da

¹²²⁵ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IV, p. 42.

¹²²⁶ BRANCA, Giovanni, *Manuale d'architettura*, comentários e acrescentos de Giovanni Soli, 5ª ed., Modena, Soc. Tipografica, 1789. L. I, Cap. IV, p. 8 – "...non è l'arena, che una quantità di minutissime pietre, e quella sarà migliore, di cui se vedrà entrarne meno in una misura di calce".

¹²²⁷ Indicação implícita na afirmação de Branca.

¹²²⁸ BRISEUX, Charles Etienne, *L'art de bâtir des maisons de campagne*, Paris, Prault Pere, 1743. vol. II, Parte II, Cap. III, p. 39.

preocupação que os autores tinham pela boa qualidade do material e aplicação de método experimental empírico.

É, contudo, interessante a metodologia recomendada por Briseux: elaborar-se um protótipo para tentar prever o comportamento do material após a aplicação. Em muitos casos, principalmente quando se trata de uma obra de conservação e restauro, isto é actualmente indicado, dentro do princípio da prudência que tanto recomendou Piero Sanpaolesi¹²²⁹ (séc. XX).

No texto setecentista *Principii di architettura civile*, atribuído a Milizia, a areia foi definida da seguinte forma:

*“Un ammasso di particelle disgiunte, scabrose, rigide, cristalline, impenetrabile dall’acqua, indissolubili dall’acqua-forte, scintillante alle percosse dell’acciario, resistente al fuoco, e vetrificabil”*¹²³⁰.

Embora, naquela época, não se conhecesse bem a constituição dos materiais (inclusivamente, no mesmo capítulo em que se encontrou a citação acima, verificou-se que ainda foi falado ser a areia composta por sais¹²³¹), pode ser notado que, pelo menos, o autor do texto já havia considerado vários aspectos do material. No entanto, algumas das observações estavam erradas, ou incompletas, como se demonstra a seguir:

- Sabe-se, hoje, que as areias, de maneira geral, são quartzosas. Assim sendo, não seriam realmente atacadas por água forte (solução aquosa de ácido nítrico)¹²³². O que ocorre é que existem areias carbonáticas, que reagem com o ácido, dissolvendo-se e libertando gás carbónico, o que não foi indicado;
- Apesar de imperceptível, a areia apresenta porosidade. No Brasil, existe uma norma para avaliá-la, na qual os grãos são moídos e submetidos ao vácuo¹²³³.

6.2 – FORMAÇÃO DAS AREIAS

Actualmente, sabe-se que a origem das areias é a fragmentação de diversos tipos de rochas, basicamente por acção do intemperismo, processo para o qual concorrem os animais e vegetais, o gelo-degelo, as variações de temperatura, as águas e os deslizamentos, dentre outros factores naturais menos comuns. Porém, até mesmo o homem pode dar a sua colaboração para que isto ocorra, como

¹²²⁹ GURRIERI, Francesco, «Piero Sanpaolesi, il restauro come scienza», *Piero Sanpaolesi: il restauro, dai principi alle tecniche*, Catálogo da VI Assembleia Geral do ICOMOS, Florença, Fac. de Architettura dell’Università degli Studi di Firenze/Regione Toscana (Dip. Istr. e Cultura), 1981, p. 7-12. p. 12.

¹²³⁰ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Parte III, L. I, Cap. IV, p. 35.

¹²³¹ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Parte III, L. I, Cap. IV, p. 41.

¹²³² Os ácidos, de maneira geral, não atacam a sílica. Tanto que se usa, actualmente, com a intenção de estimar o traço de uma argamassa antiga de cal, misturá-la com o ácido clorídrico (HCl). O ácido dissolve o aglomerante, porém a sílica nada sofre.

¹²³³ NBR-9777 – Agregados – Determinação da absorção de água em agregados miúdos. RJ, ABNT, Março/1987.

acontece na formação dos solos em geral. Pode, também, por britamento, fabricar, por assim dizer, areia. São as chamadas areias artificiais.

As areias naturais são encontradas em jazidas, nos leitos dos rios, à beira-mar ou nas proximidades deste, em dunas. Pelo facto de apresentarem origem diversificada, os vários tipos de grãos que compõem as areias possuem, como era de se esperar, coloração e composição mineralógica diversas.

Pelo que se pode depreender dos textos antigos, a origem das areias era um assunto envolvido num grande mistério. O que se notou, através da leitura de tais textos, foi a referência a origens diferentes para cada um dos tipos de areia, classificados conforme o local onde se acumulavam em maior quantidade (areia de rio, de jazida ou de mar).

Alguns dos autores consultados acreditavam, por exemplo, que a origem de algumas areias estava na queima de um determinado tipo de terra por um fogo subterrâneo. O próprio Vitruvius assim mencionou, ao citar a areia denominada "carbúnculo". Este material, que apresentava uma coloração distinta das demais areias, até hoje não foi identificado com segurança. Segundo Paolo Portoghesi, comentarista de uma das edições actuais do tratado de Alberti, era uma areia a apresentar fragmentos rochosos negros¹²³⁴.

Alberti atribuiu a formação de areia à fragmentação das rochas¹²³⁵. Scamozzi foi mais além, ao acrescentar que isto se dava por acção das intempéries e do transporte fluvial¹²³⁶, o que não foi verificado em outros textos, e já reflecte a realidade tal qual como hoje a compreendemos. O profundo senso de observação e a intuição dos antigos, como fica patente, por vezes conseguiam justificar alguns fenómenos, o que as ciências ainda não tinham tido condições de fazer.

Nos textos do século XVIII, entretanto, foi notado com frequência que muitos autores não faziam a menor ideia deste processo: atribuíam, por exemplo, a formação da areia à água, não como agente de fragmentação das rochas, nem de transporte, mas como gerador da areia. Pelo menos essa é a impressão que tais autores passaram em seus textos, como será verificado mais adiante.

Segundo o autor do livro *Memoires critiques d'architecture*, as areias podiam ter duas origens: ou teriam criação divina, sendo por conseguinte tão velhas quanto o planeta Terra, ou eram formadas pela união de sais e terra, a exemplo da maioria das areias de rio. A diferença fundamental entre estes dois tipos de areia, em sua opinião, era que as formadas desde a criação do mundo continham terra, enquanto que as formadas diariamente, não a possuíam, por serem constantemente lavadas pelas águas¹²³⁷.

¹²³⁴ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. I, L. II, Cap. XII, p.160, Nota 1.

¹²³⁵ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. I, L. II, Cap. XII, p. 160.

¹²³⁶ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. vol. II, Parte II, L. VII, Cap. XX, p. 232.

¹²³⁷ [FREMINE], *Memoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702, p. 114/115.

A natureza das areias surgidas juntamente com a Terra dependia, para o autor de tal texto, da ordem do Criador e do ambiente no qual estavam presentes. Ainda conforme o mesmo autor, nos locais mais áridos, as areias eram mais secas e menos terrosas; em locais que apresentavam humidade relativa mais elevada, as areias seriam mais húmidas e mais terrosas do que aquelas formadas nos locais mais secos¹²³⁸:

*“Sur cela même je conçois qu’où les terres sont humides, le sable que s’y trouve est plus doux, parce que l’humidité attendrissant tous les êtres où elle sejourne, les sables qui sont dans ces lieux-là y ont moins de sels, & par conséquent moins d’aridité & de seicheresse”*¹²³⁹.

Notou-se, na passagem acima, a crença no facto da areia ser composta por sais, o que não confere com o conceito que se tem hoje do material. Possivelmente, exactamente por pensar que as areias eram compostas por sais solúveis, é que este autor deveria imaginar que a água, estando presente em grande quantidade, os lixiviaria. Só que, se assim o fosse, quanto menor a quantidade de sais presentes, mais secas deveriam ser as areias.

No texto atribuído a Fremin, consta ainda que as areias que todos os dias eram geradas não se encontravam em jazidas, mas sim dispersas em vários locais, e os grãos que as compunham apenas se reuniam por meio das chuvas. Estas, por lixiviação, os transportavam para os rios, onde tais areias podiam ser colectadas para desempenharem o seu papel na construção.

Pode-se perceber que tais afirmações realmente não tinham nenhuma base científica. A justificação encontrada para as mesmas é que, como não se tinha domínio das ciências a ponto de dar-se uma explicação plausível para determinados fenómenos, apelava-se para algo imperceptível aos olhos humanos (por exemplo, algo que ocorria sob o solo), ou para o sobrenatural (um acto do Criador).

A geologia e a mineralogia, ciências complementares cujo entendimento é fundamental para uma boa compreensão acerca da formação das areias, só vieram a se desenvolver em finais do século XVIII, época em que já se sentia a necessidade do conhecimento mais profundo deste material, conforme pode ser verificado, por exemplo, através da citação de Mathias Ayres, reproduzida por Negreiros:

*“...he preciso conhecer aquella materia commumente conhecida”*¹²⁴⁰,
*mas não conhecida, ou bem entendida commumente...*¹²⁴¹.

Quanto à afirmação que as areias eram formadas por sais, era um reflexo da falta de desenvolvimento da química. J. F. Blondel, por exemplo, ao diferenciar a areia dos pedregulhos e das pedras, também demonstrou acreditar nisto:

¹²³⁸ [FREMIN], *Memoires critiques d’architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702, p. 114/115.

¹²³⁹ [FREMIN], *Memoires critiques d’architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702, p. 113.

¹²⁴⁰ A areia.

¹²⁴¹ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte II, Cap. II, p. 7 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792, fls. 148.

*"...c'est une espèce de gravier de différentes grosseurs, qui est diaphane ou opaque, rude, âpre, raboteux, & sonore, selon la qualité différente des sels dont il est formé, & des divers terrains où il se trouve"*¹²⁴².

Ou seja, em sua opinião, eram exactamente os sais que constituíam as areias os responsáveis pelas suas características.

Ainda com relação à origem da areia, encontrou-se, no texto *Principii di architettura civile*, que este material se constituía na cristalização da "terra primigenia", conhecida como *vitrificável*¹²⁴³.

Que terra vitrificável seria esta, como ela se cristalizaria, e por quê? A observação teria sido feita apenas pelo facto de ser notório que a areia, juntamente com determinados ingredientes, se submetida a altas temperaturas, converte-se em vidro, e sendo esta uma diferença fundamental entre terra e areia, consistiria na única distinção entre os dois materiais¹²⁴⁴? Aparentemente, o autor deste texto deveria estar a defender o princípio de Vitruvius: algum fogo subterrâneo, ao agir sobre um tipo específico de terra, transforma-la-ia de modo a torná-la parecida com cristais. Deste modo, seu aspecto e sua textura seriam então mudados. Em decorrência deste facto, ao se observar detalhadamente alguns grãos de areia e outros de terra, a impressão que se teria é que, apesar de serem materiais a grosso modo semelhantes, apresentavam diferenças visíveis a olho nu. Segundo Bouillet, "terre vitrifiable" seria sílica pura¹²⁴⁵.

A informação mais curiosa, entretanto, acerca da génese das areias, aparece no texto de Mathias Ayres, reproduzida em *Jornada pelo Tejo*, de Negreiros: algumas pessoas consideravam a areia como "uma terra como qualquer outra, só distinta na figura, mas indistincta nos efeitos". Negreiros, entretanto, acrescentou não compartilhar desta opinião, pois julgava que a areia também apresentava "todos os seus efeitos distintos", já que era possível, por exemplo, obter-se vidro misturando areia com barrilha. Isto não ocorreria se a terra fosse empregue na mistura.

A respeito deste assunto, Mathias Ayres deu ainda a seguinte informação, repetida por Negreiros:

"Não he pois a areia actualmente terra nem especie alguma della; a duvida só pode subsistir, em se foi terra antes de ser areia; questão esta muito duvidoza.

¹²⁴² BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, Cap. V, art. II, p. 185/186.

¹²⁴³ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Parte III, L. I, Cap. IV, p. 35.

¹²⁴⁴ Segundo Antoni (PAPACINO, Alessandro Vittorio d'Antoni, *Institutions Physico-Mechaniques, à l'usage des Écoles Royales d'Artillerie et du Genie de Turin*, Strasbourg, Bauer & Treuttel, 1777. t. I, Cap. V, p. 73), a "terre vitrifiable" seria composta por "les cailloux pour paver les rues, le sable à maçonner & les pirites; lesquelles matieres étant mêlées en outre [sic] avec une dose suffissante de soute [sic], ou d'un alkali compétent, servent à former les différentes especes de verre dont nous nous servons".

¹²⁴⁵ BOUILLET, M. N., *Dictionnaire universel des sciences, des lettres et des arts*, 12^a ed., Paris, Hachette et C^{ie}, 1877. p. 1689.

A opinião mais seguida na fyzica hé, que a areia he um corpo solido, fuzivel, e cristalino; sendo examinada com o microscopio, he verdadeira produção da agoa, para o que não intervem algum outro corpo manifesto; Por isso, aonde ha agoa, ha commu'mente areia. [Nas praias, nas margens dos rios, não por serem levadas pelas torrentes, mas] porque nestas mesmas, se forma a areia, como se forma igualmente em todo o ambito da terra donde as agoas deixam hum especie de fermento lapidifico, que com o calôr do sól, ou da mesma terra, fica conversivel, e se converte em areia verdadeira¹²⁴⁶.

Mathias Ayres, no entanto, discordou da existência de um líquido com a capacidade de gerar areia, justificando que, apesar de muitos defenderem essa opinião, nunca uma pessoa ao menos o tinha visto:

“O haver nas entranhas da terra hum succo «lapidifico» he o mesmo que suppôr a existencia de hum corpo physico, que só he considerado mentalmente; porque na verdade nunca foi visto, nem achado¹²⁴⁷.

Curiosamente, o próprio Mathias Ayres afirmou que existiam factos na face da terra aos quais não se podia atribuir uma razão lógica, apesar de observados com frequência. Para exemplificar esse seu pensamento, narrou a geração instantânea de sapos, sempre que ocorria uma tempestade súbita numa região onde o solo fosse argiloso e estivesse bastante ressecado, como muitos já haviam tido a oportunidade de constatar¹²⁴⁸.

Continuando com as considerações de Negreiros sobre a formação das areias, tem-se também:

“Nos lugares subterraneos em que o callor he forte, e na superficie da terra onde o sol he mais intenso, ahi se forma a areia abundantemente; porque todas as materias seminaes, e productrizes, necessitão de callor para terem lugar as acçoens que lhes são proprias; e regularmente sem callor a Natureza não obra; e nos compostos artificiaes, aquillo que se lhe faz he com fôgo; sendo certissimo o axioma que diz, – In sole, et sale, natura sunt omnia¹²⁴⁹.

Ou seja, Negreiros defendia igualmente que o “fermento lapidifico” só agiria em presença de calor intenso, subterrâneo ou solar.

Sua ideia sobre o assunto não tinha, realmente, fundamento: a água e o calor são apenas coadjuvantes no processo, mas o “actor principal” do processo é a rocha, cuja participação nem foi cogitada.

Com relação à substância contida na água, e que forma a areia, tem-se que:

¹²⁴⁶ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte II, Cap. II, p. 7/8 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 148v/149.

¹²⁴⁷ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte II, Index, p. 335 a 337.

¹²⁴⁸ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. III, p. 56 a 62.

¹²⁴⁹ O sol e o sal estão presentes em tudo na natureza.

“Aquella mesma colla, ou gluten que a agoa tem, e que por meio do callor e successão do tempo he transmutavel em areia; tãobem he a primeira cauza, ou origem primitiva, de toda a vegetação”¹²⁵⁰.

Não se dispõe de elementos para concluir a partir de que certos autores achavam ser a areia material oriundo unicamente da água. Seria pelo facto de desconhecerem um material semelhante que existisse num local totalmente fora de contacto com este líquido, já que até as areias de jazida eram eventualmente banhadas por águas pluviais, ou mesmo pelo orvalho, de modo que a água poderia, em sua opinião, servir de agente para que a transformação se processasse? Ou será que isto ocorria pelos autores serem seguidores de Thales de Mileto, de modo que acreditavam ser a água a origem de tudo¹²⁵¹? Impossível afirmar.

Ainda no intuito de diferenciar terra de areia, Negreiros disse que em lugares subterrâneos havia água, minerais e areia, mas raramente terra, e que a areia não alterava seu aspecto e consistência na água. Além do mais, as areias eram compostas por partículas indivisíveis e não sofriam variações volumétricas¹²⁵².

Notou-se que o autor, ao emitir sua opinião a respeito da areia, tentou fazer, na medida do possível, uma observação minuciosa do material. Constatou, inclusive, que este material era composto por grãos que apresentavam uma determinada dimensão, dimensão esta que não era alterada em si, por exemplo, pela acção da água, como ocorre com a argila, permanecendo sempre do mesmo tamanho. O que Negreiros não percebeu foi que, quando o grão de areia entra em contacto com a água, esta adere à sua superfície, causando o chamado inchamento, variação entre o volume húmido e o volume seco do material.

Ainda com relação à preferência notada nos textos antigos sobre determinados tipos de areia, Mattheus do Couto relacionou, em ordem decrescente, quais eram, na sua opinião, as melhores areias a serem utilizadas na construção:

“...saybro, q he hu'a aréa alionada, e sobre o grosso, e não muito solta (...) e sem pó algum”; areia de jazida; areia de rio; areia de mar¹²⁵³.

Eis que surge um problema, quando da análise da passagem acima, sob o ponto de vista do conhecimento actual: é muito difícil afirmar, sem medo de errar, qual o material considerado na época como saibro, já que várias definições foram encontradas nos diversos documentos investigados. Seguramente não é o que hoje se conhece com esta denominação no Brasil, pois a característica básica do material é conter “pó” (argila).

¹²⁵⁰ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 150.

¹²⁵¹ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. VIII, Introdução, p. 195.

¹²⁵² NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 149v.

¹²⁵³ COUTO, Mattheus do (o Velho), *Tractado de architectura*, [Lisboa], Cód. F. 7752 (BNL), 1631. L. II, Cap. IX, p. 37 – Na opinião deste autor, a areia de mar poderia ser usada nos muros das paredes, porém de preferência só em fundações, por causa dos sais nela presentes.

No texto *Declaraçoens de obras*, escrito em terras brasileiras em 1684, cuja autoria é atribuída a Frei Bernardo de São Bento, encontra-se referência a certa argamassa feita com água, *saibro* e cal. Segundo Silva-Nigra, que transcreveu e comentou esse trabalho, *saibro* era simplesmente uma “*areia grossa misturada com pedrinhas roladas*”¹²⁵⁴. Nesta definição poderia ser, talvez enquadrado o “*saybro*” mencionado por Mattheus do Couto.

Por outro lado, o padre Vasconcellos comentou o seguinte:

*“Se usa, novamente, nesta cidade de Lisboa, acharem os pedreiros huma terra vermelha, que chamão saibro, a qual alguma area tem misturada, (ainda que muito pouca) e se vê pela experiencia, que faz boa liga com a cal; e levando deste saibro meya parte, e outra meya de area de mina, tambem faz bom misto, e congolotina bem, levando a sua conta da cal...”*¹²⁵⁵.

A indicação é curiosa, considerando-se que era praxe, entre os tratadistas, recriminar o uso de toda e qualquer areia associada a partículas de argila, exactamente por alegarem que a cal não se uniria bem ao material. Atente-se, entretanto, para o facto que, mesmo tendo escrito isso, o autor disse textualmente concordar com Vitruvius quanto à inadequação do uso de areias que continham terra nas argamassas¹²⁵⁶.

Na opinião de Diogo Vellozo, *saibro* era apenas o nome dado à areia de jazida, material, em sua opinião, melhor do que a areia fluvial¹²⁵⁷.

Já Negreiros o descreveu da seguinte forma:

*“O saibro commu’mente chamado he uma areia imperfeita, cuja baze he huma terra delgada com similhaça de areia; porquanto o verdadeiro saibro he raro; e o que for verdadeiro he como a melhor areia; mas quazi sempre (...) [aproveitam-se] do que achão mais perto da obra sem sellecção”*¹²⁵⁸.

Para descobrir a areia legítima, este autor sugeriu a colocação de uma amostra do material a ser identificado dentro de um frasco com água, e a posterior observação do seu comportamento. Este procedimento nada mais era do que um processo de sedimentação:

“...a verdadeira areia deve logo precipitarse ao fundo, deixando a mesma agoa clara, sem cedimento terreo na sua parte superior; e a que não he verdadeira, deixa a agoa turva por algum espaço, imprimindo-lhe a côr que lhe he propria, até que fazendo assento sobre a areia, mostra distinctamente o que he terra na parte superior, e na parte inferior o que he areia; esta como mais pezada, assenta logo, e a outra como mais leve sustenta-se mais tempo

¹²⁵⁴ SILVA-NIGRA, Clemente da (D.), *Fr. Bernardo de São Bento*, Salvador, Tipografia Beneditina, 1950. p. 119.

¹²⁵⁵ VASCONCELLOS, Ignacio da Piedade (Pe.), *Artefactos symmetriacos, e geometricos*, Lisboa Occidental, Joseph Antonio da Sylva, 1733. p. 377/378.

¹²⁵⁶ Ver item 4.2.1 desta tese.

¹²⁵⁷ VELLOZO, Diogo da Sylveyra, *Architectura militar*, Pernambuco, Cód. 49-III-3 (BAj), 1743. Parte II, Cap. XXV, fls. 221v.

¹²⁵⁸ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 151v.

*incorporada na agoa, até que tãobem se precipita sobre a areia em forma de polme ou limoterreo*¹²⁵⁹.

Pela descrição dada e pelo tipo de teste prático indicado, concluiu-se que o material identificado como saibro por Negreiros – em sua opinião, a areia que não é verdadeira, ou uma areia imperfeita – deveria ser o mesmo que hoje, no Brasil, recebe esta denominação¹²⁶⁰. Isto por consistir num solo constituído por uma fração de areia, porém a apresentar um teor elevado de silte e argila, daí ser considerado como uma massa um tanto líquida¹²⁶¹. Só que, pela explicação dada por Negreiros, não ficou claro qual seria o saibro verdadeiro, que seria tão bom quanto a melhor areia.

No texto de Briseux, encontrou-se referência ao uso alternativo, nas argamassas, de um material denominado “*petite argille*”. Aparentemente, este seria o saibro, no actual conceito dado à palavra, no Brasil:

“...petite argille, qui est une terre jaune, sablonneuse, & un peu grasse. Celle qu'on trouve sous la grosse argille, est la meilleure, & approche le plus du sable: Il faut rejeter celle qui se trouve sur la superficie de la terre, & ne prendre que l'argille qui est au dessous. Cette sorte de terre consume plus de chaux que le sable, & il faut redoubler son attention, pour en faire du mortier; car étant plus difficile à corroyer, les ouvriers y employent beaucoup d'eau, & ce mortier mal corroyé n'ayant aucune consistance, se réduit aisément en poudre lorsqu'il est sec”¹²⁶².

Em Portugal, actualmente, o saibro, segundo alguns autores, é um material composto por uma mistura de argila, areia grossa e pedras¹²⁶³. A definição que se encontrou para o saibro, num dicionário do século XIX, foi:

“SAIBRO, s.m. do lat. “sabulo” ou “gearea”, fr. “gravier”, it. “sabbia”, (archit.) areia grossa e escura ou vermelha, composta de pedrinhas globosas, extrahida das margens do mar e dos rios, que serve para fazer boa argamassa, especialmente para a que chamam “formigão”, e tem outras aplicações uteis na arte de edificar”¹²⁶⁴.

Actualmente, em argamassas de cal, o saibro também é utilizado, e não há problemas em não se conseguir uma boa união desses dois materiais, como aventado por certos autores antigos.

¹²⁵⁹ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 152.

¹²⁶⁰ Destaca-se que, em certas regiões do país, o mesmo material recebe o nome de arenoso, e em Pernambuco, curiosamente é chamado, de maneira vulgar, como traço.

¹²⁶¹ MORAIS SILVA, António de, *Grande dicionário da língua portuguesa*, 10ª ed., Lisboa, Confluência, 1955. vol. VIII, p. 467, verbete “polme”.

¹²⁶² BRISEUX, Charles Etienne, *L'art de bâtir des maisons de campagne*, Paris, Prault Pere, 1743. vol. II, Parte II, Cap. III, p. 40 – O interessante é que este autor recomendou textualmente que não fosse usada areia contendo terra.

¹²⁶³ RODRIGUES, Maria João Madeira, SOUSA, Pedro Fialho de, BONIFÁCIO, Horácio Manuel Pereira, 2ª ed. rev., *Vocabulário técnico e crítico de arquitectura*, Coimbra, Quimera, 1996. p. 239.

¹²⁶⁴ RODRIGUES, Francisco de Assis, *Diccionario tecnico e historico de pintura, esculptura, architectura e gravura*, Lisboa, Imprensa Nacional, 1875. p. 335/336.

6.3 – CARACTERIZAÇÃO

Além de definições e considerações diversas acerca da origem das areias, são abordados, nos textos consultados, outros aspectos, como a distinção conforme o local de onde são extraídas, a presença de terra juntamente com os grãos, sua coloração, a aparência dos grãos e o uso ao qual se destina o material, aspectos por vezes interrelacionados, daí nem sempre poderem ser tratados isoladamente.

Nos textos de arquitectura e engenharia estudados, as considerações acerca desse importante constituinte das argamassas foram geralmente agrupadas num capítulo específico. Mas eventualmente podem ser encontradas informações sobre as areias ao ser comentada a fabricação das argamassas ou a execução de uma determinada parte da construção (uma fundação, uma parede ou um revestimento, por exemplo).

Vitrúvio chamou a atenção para o facto de que as areias não podiam conter solo, no que vários autores concordavam, o que já foi comentado. Baseado neste princípio, ensinou, e foi exaustivamente repetido, um teste prático que servia para a identificação das areias adequadas: só aquelas que não manchassem um lenço branco eram boas para a construção.

Sanvitali indicou, igualmente, para as argamassas areia sem terra. Completou a informação dizendo que a areia deveria ser composta por grãos de tamanho médio. Isto porque, se fosse muito fina, quando usada na argamassa, não lhe conferiria consistência e causava o seu esfarelamento. No caso de utilizada a areia de rio, sugeriu que ela fosse retirada de preferência do meio do seu leito. Poderia ser usada a areia da margem, desde quando eliminada a camada superficial, para se excluir a presença da terra¹²⁶⁵, o que foi ratificado por Jombert¹²⁶⁶.

J. F. Blondel também concordou com a opinião dos autores acima, o que pode ser comprovado na citação extraída do seu texto *Cours d'architecture*:

“ Le sable de riviere est le plus estimé pour faire de bon mortier, ayant été battu par l'eau, & se trouvant par là dégagé de toutes les parties terreuses dont il tire son origine”¹²⁶⁷.

Christiano Rieger disse que a areia só se uniria bem com a cal e com os elementos das alvenarias se estivesse completamente seca e fosse áspera, daí a inconveniência de seu uso em mistura com terra:

“La arena, ni deve ser muy gorda, ni muy sutil, porque la primera no es cómoda para el trabajo, y menos lo es la segunda, que nunca úne bien con la cal”¹²⁶⁸.

¹²⁶⁵ SANVITALI, Federico (Pe.), *Elementi di architettura civile*, Brescia, Giammaria Rizzardi, 1745. Parte I, Cap. I, Prop. XII, p. 23/24.

¹²⁶⁶ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, C. A. Jombert, 1764. L. I, Cap. IX, art. III, p. 42.

¹²⁶⁷ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, Cap. V, Art. II, p. 185.

¹²⁶⁸ RIEGER, Christiano (Pe.), *Elementos de toda la arquitectura civil*, Madrid, Joaquín Ibarra, 1763. Parte IV, Cap. I, p. 223/224.

Pierre Patte concordou com Vitruvius quanto às características das areias, mas sugeriu um teste diferente para verificar se o material continha ou não elementos terrosos: pegar uma pequena porção da areia a analisar e lavá-la em água quente dentro de um vaso, a princípio agitando-a bem, e depois reduzindo a velocidade, de modo a permitir o assentamento das partículas mais pesadas no fundo. Em seguida, escoar a água, que carregaria as partículas finas. Pesando-se o material antes desta operação¹²⁶⁹ e depois, ter-se-ia condições de verificar qual a quantidade de partículas terrosas¹²⁷⁰ que estavam misturadas com os grãos de areia¹²⁷¹. Tal procedimento é uma técnica viável do ponto de vista analítico. Quanto ao uso de água quente, serviria para dissolver os sais solúveis eventualmente presentes no agregado e funcionar como defloculante.

Como informação adicional, para justificar a recriminação do uso de areia misturada com terra, no texto atribuível a Milizia foi ensinado que terra crua e cal não se combinavam¹²⁷². O interessante é que este texto foi escrito no século XVIII, e já se tinha noção há algum tempo da combinação desses dois materiais, pelo menos no caso da estabilização de solos. À guisa de exemplo, cita-se que o mestre das obras da cidade de Salvador, Luís Dias, por ocasião de sua fundação, no século XVI, em carta enviada ao Reino, contou que parte das muralhas de taipa da cidade não eram resistentes por serem mal feitas, exactamente pelo facto de serem "um pouco altas para taipa sem cal", conforme indicado na transcrição parcial do documento efectuada num texto contemporâneo¹²⁷³.

Andrea Palladio aceitou a indicação de Vitruvius para não empregar areia que contivesse argila¹²⁷⁴. O interessante, quanto a este aspecto, é que a maioria dos autores sempre repetiu esta informação, porém nenhum deles afirmou ter utilizado areia misturada com argila, para comprovar que a argamassa não apresentava as características requeridas. Provavelmente, consideravam como verdade o que lhes era transmitido, sem o menor questionamento, visto que as reflexões neste sentido só vieram a se desenvolver em época posterior, com Descartes. Infelizmente, ainda hoje podem ser encontrados autores que se comportam de maneira similar àqueles anteriores ao século XVIII.

No texto atribuído a Fremin foi declarado que a areia fluvial era a melhor¹²⁷⁵ para argamassas, pela menor quantidade de elementos terrosos que continha. As areias de jazida, embora fossem também boas, deviam ser lavadas, para se conseguir eliminar as partículas de terra ali presentes¹²⁷⁶. Notou-se, pois, a

¹²⁶⁹ Não foi especificado, mas para saber qual a quantidade de partículas terrosas que teriam sido lixiviadas, o material pesado deveria estar seco, tanto antes, quanto depois da pesagem.

¹²⁷⁰ Silte e argila.

¹²⁷¹ PATTE, *Mémoires sur les objets les plus importants de l'architecture*, Paris, Rozet, 1769. Cap. III, Art. II, §IV, p. 117.

¹²⁷² [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Parte III, L. I, Cap. IV, p. 38.

¹²⁷³ CARNEIRO, Edison, *A cidade do Salvador*, 2ª ed., Salvador, Econômico e Administração, s.d. Cap. III, item 7, p. 65.

¹²⁷⁴ PALLADIO, Andrea, *I quattro libri dell'architettura* (Veneza, Dominico de'Franceschi, 1570), fac-símile, Milano, Hoepli, 1968. L. I, Cap. IV, p. 8.

¹²⁷⁵ Esta opinião contraria a de vários outros autores, como já comentado.

¹²⁷⁶ [FREMIN], *Mémoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702. p. 115/116.

concordância deste autor com aquilo que Vitruvius dizia, quanto ao facto da presença de solo ser prejudicial às argamassas. A justificação dada era que a terra bloquearia a porosidade da pedra e impediria a penetração da cal.

Na realidade, a depender do tipo de argilomineral presente, a terra poderia ser prejudicial à argamassa, porém na maioria dos casos isto não ocorria. O que é certo é que, para ser considerada como adequada à construção, a areia deve ser isenta de impurezas orgânicas, apresentar baixa ou nenhuma reactividade química e apenas um pequeno percentual de silte e/ou argila.

Quanto à proveniência, Vitruvius ensinou que havia areias de rio, de jazida ou de mar, sendo este último tipo inconveniente para as argamassas, mas com eventual possibilidade de utilização. Faventinus e Palladius Rutilius concordaram com Vitruvius que a melhor areia era a de jazida, e que este material não deveria conter solo¹²⁷⁷.

Na concepção do padre Vasconcellos, a areia de rio não apresentaria bons resultados numa argamassa porque ficaria sempre húmida¹²⁷⁸, o que não é verdade, tanto que, hoje em dia, areias desta proveniência são muito utilizadas. Possivelmente, o que ocorria era que os pedreiros deviam empregar a areia das margens do Tejo em trechos onde a água já era salobra, à semelhança do que acontecia no caso do preparo da cal de Alcântara, que apresentava alguns problemas pelo facto de utilizarem a água do rio, naquele local, e porque esta já continha sal¹²⁷⁹. A presença de sal na argamassa faz com que, por higroscopicidade, este material, após seco, absorva a humidade do ar e apresente manchas, e mesmo desagregação.

Ao discorrer sobre características e qualidades das areias, Alberti opinou que, dentre as de jazida, a carbunculosa era a mais indicada para a confecção de argamassas, e a branca a menos, seguindo-se da *"ghiaia di tipo più fine, specialmente se è di forma poligonale e affatto pura da mescolanza con la terra"*¹²⁸⁰. Depois, a areia de rio (do meio do leito e sob a primeira camada, para que o material colectado não contenha impurezas) e, por último, a areia de mar¹²⁸¹.

Cataneo, ao se referir às areias a serem empregues na construção, por exemplo, concordou com Vitruvius na classificação quanto aos tipos e cores existentes, recomendou o mesmo teste prático para verificação da presença de

¹²⁷⁷ PLOMMER, Hugh, *Vitruvius and later Roman building manuals*, Cambridge, The University Press, 1973. p. 34.

¹²⁷⁸ VASCONCELLOS, Ignacio da Piedade (Pe.), *Artefactos symmetricos, e geometricos*, Lisboa Occidental, Joseph Antonio da Sylva, 1733. p. 378.

¹²⁷⁹ NEGREIROS, José Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 143v/144 – Segundo este autor, era necessário *"...prohibirse com penas e castigos rigorosos inalteravelmente executados, que a cal fosse caldeada com agoa salobra ou salgada"*.

¹²⁸⁰ A tradução encontrada para o termo *"ghiaia"* foi *"saibro"*. Entretanto, lendo-se o resto da frase, pode-se concluir que o material deveria ser similar ao definido por Francisco de Assis, comentado no final do item 6.2 deste texto.

¹²⁸¹ ALBERTI, Leon Battista, *De re aedificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. L. II, Cap. XII, p. 160.

terra ao qual já se fez referência e, de maneira curiosa, disse, com relação a este último assunto:

"...& in tutto sono da fuggire quelle rene, che tengono de terra e loto"¹²⁸².

Citação semelhante foi encontrada em outros textos de mesma época ou escritos posteriormente a *I quattro primi libri di architettura*. Na realidade, é comum notar-se que alguns dos textos estudados apresentam transcrições de outros mais antigos, de modo que um autor fazia suas as ideias do seu antecessor.

No capítulo referente às propriedades da cal, do tratado atribuído a António Rodrigues¹²⁸³, por exemplo, ao ser mencionado o uso da areia do mar nas argamassas, tem-se que este autor também recriminava o uso de areia misturada com terra e com sal, e recomendava a sua lavagem:

"...de todas as tres sortes que ha de area, as quais são area do mar, area do ryo, e area da cava, a da cava é a melhor de todas, por ser myneyro predozido por sua natureza he não per artefisyo, como he area do ryo e do mar, a qual é por artefisyo predozida, porque area do ryo e a do mar não he outra couza emge'drada senão da terra que cay no ryo, e a agoa lava esta terra e o que fica por ser grave se vay ao fundo e fica em area.

Esta sorte de area, por seu nasymento ser mesturado cõ a propria terra, não he tam perfeyta como aquela harea que he produzida per myneyro de sua natureza propria. H'area de mar é de todas as tres sortes a peor per duas rezoyz: – a permeira he que yamais se podera tomar desta area que não traga po hou tera cõsygo, ha segunda he que por ser assalitrada não pode fazer boa preza cõ a cal. Portamto se deve de fogyr que com esta tal sorte de area se não fabryque nenh'ua couza, salvo se a nesesidade ho costramger a fazer. E sendo costragydo de nesesydade lhe buscarão remedio pera que se poçam servir dela, ho qual sera que amtes que seya traçada cõ a cal sera esta area muyto bem lavada em agua dose para lhe tirarem ho salytre e o po que tem, he emtamses despois de lavada emtão a traçarão cõ a cal..."¹²⁸⁴.

Segundo este texto, a melhor areia para construção era, pois, a de jazida, seguida pela de rio, e em último lugar a de mar, que só deveria ser usada em última instância. A razão para a de jazida ser considerada como a melhor era por ser isenta de terra e de sal. Destaca-se que, dentre os autores consultados, nenhum ignora os problemas decorrentes da existência de sais nas argamassas. Quando alguns permitiram o uso da areia de mar, fizeram-no normalmente com ressalvas.

¹²⁸² CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. L. II, Cap. IIII, fls. 29.

¹²⁸³ MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada). Nota 27 – Segundo Rafael Moreira era a reprodução praticamente *"ipsis verbis"* do capítulo IV, do L. II, de Cataneo.

¹²⁸⁴ [RODRIGUES, António], [Tratado de arquitectura], [Lisboa], Cód. 3675 (BNL), [séc. XVI]. Cap. VIII, fls. 19. Apud MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*. Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada) – Grafia original.

Se fosse imprescindível o uso de areia de mar, a lavagem realmente era uma boa opção. Só que, pela leitura dos diversos textos, notou-se, por exemplo, que, no caso da extinção da cal, a água do mar era usada com frequência. Logo, se esta precaução, que era mais fácil, não era tomada, não se acredita que a areia de praia fosse lavada. Aliás, a utilização da areia salgada, ocorre até hoje quando os fornecedores não criteriosos vendem o material sem alertar os consumidores para a sua proveniência.

Quanto à presença de terra na areia do mar, isto só deveria ocorrer quando a areia fosse retirada nas proximidades da foz de algum rio, ou em zona bem próxima da margem, onde havia argila.

Vitrúvio receitou ainda o uso de areia de rio na execução de reboco fino, por ser um material menos “gordo”, e admitiu o uso da areia do mar na confecção das argamassas, caso não se dispusesse de outra¹²⁸⁵. Alberti, contudo, lembrou que até mesmo dentre as diversas areias marinhas havia aquelas de grão mais grosso, que deveriam ser preferidas¹²⁸⁶.

Andrea Palladio, ao mencionar as características das areias, disse que as de rio se prestavam a revestimento; as de jazida, por se fenderem muito, deviam ser destinadas a argamassas de assentamento; as de mar, por secarem muito rápido, humedecerem novamente igualmente com rapidez e se desfazerem por causa dos sais, não suportavam cargas¹²⁸⁷.

No texto atribuível a Milizia, foi comentado que a areia fluvial diferia do material de jazida pelo facto de eventualmente apresentar terra e outros elementos transportados pela água, daí este autor também sugerir a sua lavagem. Esta informação entra em contradição com outras já mencionadas, pois a presença de terra foi indicada na areia de mar. Por outro lado, o mesmo autor acrescentou que os grãos das areias fluviais ficavam mais arredondados devido ao movimento das correntes, o que ainda não havia sido abordado em outros textos, e realmente reflecte a realidade. Quanto às suas recomendações para as areias de jazida, o autor concordou plenamente com os ensinamentos de Vitrúvio¹²⁸⁸. Em *La science des ingenieurs*, da autoria de Belidor¹²⁸⁹, e no texto *Architecture militaire*, atribuído a Cormontaigne¹²⁹⁰, as indicações foram mais específicas, pois prescreveram dois tipos de areia: grossa, para alvenaria de pedra, e fina, para cantaria e alvenaria de tijolos.

¹²⁸⁵ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IV, p. 42.

¹²⁸⁶ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. L. II, Cap. XII, p. 160/162.

¹²⁸⁷ PALLADIO, Andrea, *I quattro libri dell'architettura* (Veneza, Dominico de'Franceschi, 1570), fac-símile, Milano, Hoepli, 1968. L. I, Cap. IV, p. 8.

¹²⁸⁸ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Parte III, L. I, Cap. IV, p. 38 a 40.

¹²⁸⁹ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. vol. I, L. VI, Cap. III, p. 19/20.

¹²⁹⁰ [CORMONTAIGNE], *Architecture militaire*, Haia, Jean Neaulme et Adrien Moetjens, 1741. Parte I, Cap. XXII, p. 94.

Na opinião de d'Aviler, tinha-se que:

"...la meilleur sable est celui de riviere qui est graveleux: ensuite le sable rouge ou blanc, mais qui a le grain le plus gros; & enfin le sable noir de cave. Il faut sur tout observer que le plus sec, & qui s'attache le moins à tout ce qu'il touche est le plus propre pour bastir [sic]"¹²⁹¹.

No texto *Principii di Architettura civile*, no entanto, informou-se que, dentre os tipos de areia conhecidos – de jazida, fluvial e de mar – embora o costume fosse dizer, genericamente que a areia de jazida era a melhor, as demais também eram boas, se convenientemente utilizadas¹²⁹².

É bem verdade que alguns pessoas defendem, acertadamente, hoje em dia, que, em princípio, todos os materiais de construção são bons. Basta sabê-los usar de maneira adequada¹²⁹³, por vezes criando detalhes de projecto que venham a colaborar com o seu bom desempenho. O que é preciso é exactamente que o profissional tenha lucidez, competência e perspicácia para saber usá-lo, de modo a propiciar-lhe a maior durabilidade possível, o que levará a uma maior longevidade da obra. No caso específico da escolha de areias, teria que se verificar as características que se tencionasse utilizar (granulometria, constituição, presença de sais), de modo a se poder tomar as providências necessárias para a sua escolha e uso adequado.

Na realidade, é difícil dar-se uma regra genérica para os materiais produzidos pela natureza, já que nem sempre são iguais. As características importantes que devem ser identificadas nas areias são a granulometria do material (que tem que ser adequada à finalidade ao qual se destina), a ausência de impurezas (tanto orgânicas, quanto inorgânicas) e a composição mineralógica do material, para que não se comporte de maneira imprevista quando utilizado na confecção das argamassas. No entanto, mesmo não tendo a noção correcta disto, muitos dos antigos autores indicaram, intuitivamente, a necessidade de testar-se as areias, assim como também recomendaram que se devia fazer o mesmo com a cal e com outros materiais de construção. Isto claramente demonstra que tinham ideia de que suas propriedades variavam dependendo do material disponível.

Quanto ao emprego de areia marinha, foi julgado impróprio no texto atribuído a Fremin. A justificação para este facto foi dada com base em experiências feitas por profissionais da sua época, tidos como peritos, que haviam concluído o seguinte:

- Após a lavagem, o material combinar-se-ia melhor com cal, ou seja, os sais eram inconvenientes e, por conseguinte, deviam ser expurgados;

¹²⁹¹ D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture*, 3ª ed., Amsterdão, George Gallet, 1699. vol. I, p. 213/214.

¹²⁹² [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Parte III, L. I, Cap. IV, p. 36 – "...anco le altre hanno il loro buon uso, quando sieno adoperate con discernimento".

¹²⁹³ OLIVEIRA, Mário Mendonça de, «A prancheta, o canteiro e a durabilidade do construído», *Revista RUA*, Salvador, MAU, 1989. vol. II, n.º 3, p. 117-131. p. 124.

- Possivelmente, o problema apresentado pela areia de mar era ser constituída, em sua maior parte, por grãos finos, e além disto tinha a capacidade de reduzir o vigor¹²⁹⁴ da cal¹²⁹⁵. Esta opinião foi compartilhada por J. F. Blondel, em finais do mesmo século¹²⁹⁶.

Actualmente, na Bahia, a areia de rio é sempre que possível empregue, desde que seja retirada de certa distância da foz, quando o rio desagua no mar, para que não contenha sais solúveis, e não apresente muitos resíduos orgânicos. Em Salvador, por exemplo, como a areia de jazida apresenta granulometria muito fina, a de rio é recomendada. Até poucos anos atrás, a areia fluvial utilizada na construção local provinha da dragagem do rio Paraguaçu, rio perene localizado no Recôncavo Baiano, cujas margens foram ocupadas desde o primeiro século da colonização portuguesa¹²⁹⁷; só que por questões ecológicas a exploração foi suspensa e geralmente hoje as areias que abastecem a capital do Estado da Bahia provém de jazidas de Camaçari, município da Região Metropolitana.

No entanto, também em Salvador, muito recentemente, eram verificadas explorações clandestinas das muitas dunas existentes ao norte da cidade, formadas por areia de granulometria muito fina, e que eram comercializadas sem ao menos serem lavadas, para uso em argamassas feitas com cimento tipo Portland. Assim sendo, podem ser verificados, em algumas construções, problemas decorrentes da presença de doses maciças de cloreto de sódio dentro do material. Hoje isto não mais ocorre com tanta frequência pelo facto da região ser protegida pelo IBAMA¹²⁹⁸ e pela Lei Orgânica do Município.

Félibien, autor que escreveu pouco sobre areia, repetiu mais uma vez as indicações do mestre Vitrúvio¹²⁹⁹, com quem concordou, inclusive, quanto à areia de rio ser a melhor para uso em estuque¹³⁰⁰.

Vitrúvio ensinou que, com relação à cor, os tipos existentes de areia que se prestavam a uso em argamassas apresentavam tonalidades preta, cinza, vermelha e carbúnculo¹³⁰¹; Faventinus omitiu o tipo cinza e Palladius Rutilius, o carbúnculo, mas este último autor foi o primeiro a indicar que a areia vermelha era a melhor, seguida pela cinza e por fim a preta. Hugh Plommer estranhou o facto de Faventinus ter omitido a areia cinza, que teria sido utilizada mesmo antes do

¹²⁹⁴ Diminuir a actividade.

¹²⁹⁵ [FREMINE], *Memoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702. p. 117 – "...qu'il étoit plus de limon que de gravier; que proprement ce n'étoit pas un vray gravier; mais plutôt un sablon limoneux qui fixoit tout d'un coup les esprits ignez de la chaux & les opprimoit".

¹²⁹⁶ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1771. vol. VII, t. V, Cap. V, Art. II, p. 186.

¹²⁹⁷ Logo, provavelmente desde então aquela areia deve ter sido, ao menos, empregue naquela região.

¹²⁹⁸ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

¹²⁹⁹ VITRÚVIO, L. I, Cap. XII, p. 34 – Não foi especificado qual a edição do texto utilizada, daí esta referência estar incompleta.

¹³⁰⁰ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve et Jean Baptiste Coignard Fils, 1699. p. 510.

¹³⁰¹ SARAIVA, F. R. dos Santos, *Novissimo dictionario latino-portuguez*, [Rio de Janeiro], Garnier, s.d. p. 183 – "*Carbunculus – Vitr. areia avermelhada*". Esta definição de Saraiva aparentemente entra em contradição com a de Paolo Portoghesi, já referida, que indicava a presença de fragmentos negros na areia assim denominada.

período de Augusto¹³⁰². Scamozzi, entretanto, foi o primeiro, dentre os autores consultados, que indicou que as areias geralmente se apresentavam como uma mistura de grãos de várias cores¹³⁰³. Os outros, de maneira geral, mencionavam areias de cores específicas. No texto atribuível a Milizia, por exemplo, foi indicado que as areias fluviais poderiam ter coloração amarela, vermelha ou branca¹³⁰⁴. Ou seja, as cores também variavam.

Geralmente não é feita, explicitamente, nos textos antigos, alusão à escolha do tipo de areia tomando-se por base a granulometria. Os autores normalmente mencionavam areia de jazida, de rio¹³⁰⁵ ou de mar. No texto da autoria do mestre de obras de Valério de Oliveira, no entanto, ao ser recomendado o traço de uma argamassa, ficou implícita a noção de que se deveria procurar utilizar areias de determinado tamanho de grão, o que, na prática, poderia ser feito baseando-se em material de proveniência conhecida. Por exemplo, num trecho do seu texto, notou-se que as areias sugeridas não deveriam ser finas, o que consistia já numa boa indicação, daí a sugestão para uso da areia de Penha de França ou do Alfeite:

“Para os fasquiados a prumo, ou tectos, em que he necessario fazer cabeça pela parte de cima, tome-se area branca, e viva¹³⁰⁶, como dizem os Authores, que ha de ter o grão gordo da Penha de França, ou do Alfeite, tirada da vea, e não da praya salgadiça, misturada com rolão do pó de pedra, péga bem na madeira, e faz boa maça com bastante cortimento, e cal bastante, he muito forte, e duravel¹³⁰⁷”.

Certos autores, como Briseux, indicaram o uso de areias com grãos médios, sugerindo o peneiramento do material para a retirada eventual de material grosso¹³⁰⁸. Belidor também mostrou-se favorável ao peneiramento, sendo que recomendou o uso dos grãos finos. Isto foi o que se constatou, por exemplo, nas especificações para a cisterna da igreja paroquial de Calais, apresentada num de seus livros¹³⁰⁹.

¹³⁰² ASHBY, *Architecture of ancient Rome*, Londres, 1927. p. 32. Apud PLOMMER, Hugh, *Vitruvius and later Roman building manuals*, Cambridge, The University Press, 1973. p. 34 e 35.

¹³⁰³ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Cap. XXII, p. 238.

¹³⁰⁴ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Parte III, L. I, Cap. IV, p. 39.

¹³⁰⁵ Quanto ao uso da areia de rio, chama-se a atenção que, em sendo tirada das imediações da barra – como acontecia por vezes nas imediações de Lisboa, quando a areia era retirada da barra do Tejo –, deveria conter sais solúveis.

¹³⁰⁶ SANTOS, Vitor Manuel V. Lopes dos, *O sistema construtivo pombalino em Lisboa*, Lisboa, Fac. de Arquitectura da Universidade Técnica, 1994. Tese de doutoramento. vol. I, Parte I, Cap. IV, item 1, p. 55 – Conforme este autor, tal areia seria areia de esboço.

¹³⁰⁷ OLIVEIRA, Valério Martins de, *Advertencias aos modernos*, Lisboa, Antonio da Sylva, 1748. p. 89 (grafia original) – Como curiosidade, na mesma citação notou-se que o autor repudiou o uso de material contaminado com sal marinho, como outros também o fizeram.

¹³⁰⁸ BRISEUX, Charles Etienne, *L'art de bâtir des maisons de campagne*, Paris, Prault Pere, 1743. vol. II, Parte II, Cap. III, p. 36.

¹³⁰⁹ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. vol. I, L. VI, p. 76 – “Il sera du plus pur qui se trouvera dans le pays, sans mélange, & passé à la claye, laquelle sera fort fine, afin qu'il ne s'y trouve point de gallets”.

Belidor, inclusivamente, informou que a cor não tinha a menor influência na qualidade da areia, e que esta característica dependia unicamente do tamanho do seu grão¹³¹⁰. Pode-se notar que, pelo menos, de maneira geral, eram consideradas areias grossas e finas como adequadas para finalidades específicas.

Charles-Antoine Jombert também declarou que a cor não influía na qualidade das areias, mas que existiam tipos diferentes, uns melhores do que os outros, sendo cada um deles indicado para uma obra de determinada natureza¹³¹¹.

Ao dar esclarecimentos sobre as argamassas de revestimento outrora existentes em Lisboa, Vitor Santos falou em uso de areia de esboço e areia fina do rio¹³¹². Em contraposição à que era branca, com “o grão gordo da Penha de França ou do Alfeite”, mencionada por Valério Oliveira.

Já é visível, pois, nos textos antigos, uma certa preocupação com a granulometria do material, embora de maneira empírica e sem fundamentação clara.

Quanto ao tacto, grande parte dos autores recomendou que as areias deviam ser ásperas, como sugeriu Vitruvius. Jombert, por exemplo, ao descrever a areia de jazida, disse que aquela mais áspera¹³¹³ era a melhor – ou seja, aquela que não era muito fina –, no que concordou com Vitruvius e com a grande maioria dos autores consultados. Jombert indicou, também, que no caso de ser usada uma areia branca, a boa devia ser “rempli de petits cailloux brutes & opaques semblables à du gravier ou à des petits morceaux de pierre”¹³¹⁴.

Philibert de l’Orme, informou que a escolha da areia a ser utilizada na construção dependia do tipo de obra a que ela se destinasse, o que é correcto, sob o ponto de vista actual. Além disto, este mesmo autor mencionou a existência de areias tipos *macho* e *fêmea*, mas não forneceu maiores comentários a esse respeito¹³¹⁵.

Foram poucos os autores que compartilharam da opinião acerca da existência de areia *macho* e areia *fêmea*. Belidor foi um deles¹³¹⁶. Talvez esta terminologia tenha sido apenas uma forma que se criou para distinguir dois tipos de areias que aparentemente se diferenciavam pela coloração e pela uniformidade dos grãos, como indicou J. F. Blondel ao mencionar os tipos de areia existentes: de rio (amarela, vermelha e branca); de jazida (castanho escura, a *macho* com cor escura

¹³¹⁰ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. vol. I, L. III, Cap. IV, p. 10.

¹³¹¹ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Ch. A. Jombert, 1764. L. I, Cap. IX, art. I, p. 41.

¹³¹² SANTOS, Vitor Manuel V. Lopes dos, *O sistema construtivo pombalino em Lisboa*, Lisboa, Fac. de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 1994. Tese de doutoramento (policopiada). vol. I, Parte I, p. 49 e vol. I, Parte II, p. 22.

¹³¹³ “...celui qui a des grains comme de petits cailloux & qui fait du bruit quand on le manie...”

¹³¹⁴ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Ch. A. Jombert, 1764. L. I, Cap. IX, art. II, p. 41/42.

¹³¹⁵ DE L’ORME, Philibert, *Le premier tome de l’architecture* (Paris, Frederic Morel, 1567), fac-símile, *Traité d’architecture*, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XVII, fls. 28.

¹³¹⁶ BELIDOR, Bernard Forest de, *Dictionnaire portatif de l’ingénieur*, Paris, Charles-Antoine Jombert, 1755. p. 281.

e uniforme, e a *fêmea* de cor pálida e desigual); do mar (mais fina e a conter sais, daí imprópria para uso na construção)¹³¹⁷.

Uma outra possibilidade é que poderia ser esta uma consideração ainda embasada no pensamento dos alquimistas: se, na opinião deles, tudo aquilo que existia entre o céu e a terra, independente de ser vegetal, mineral ou animal, nascia, crescia e morria, retomando transmutado, ou seja, tinha vida¹³¹⁸, por que não atribuir um sexo aos diversos materiais? Permanece a dúvida, inclusivamente pelo facto de só as areias de jazida serem assim classificadas. Conforme a bibliografia consultada, rochas, areias e madeiras poderiam pertencer a ambos os géneros. Actualmente, é possível encontrar-se madeiras, ou melhor, vegetais, em geral, classificados como *macho* e *fêmea*, porém não os demais materiais. No caso, são denominados *machos* aqueles que não dão frutos, o que apresenta certa analogia com os integrantes do reino animal. Já que os integrantes do reino vegetal também são seres vivos, não há nada estranho nesta classificação.

Como era de se esperar, no que diz respeito às características e propriedades das areias, há contradições entre o pensamento dos diversos autores, pois alguns julgavam ser a areia de rio melhor do que a de jazida, outros o inverso; foram também encontradas diferenças entre as colorações disponíveis. No entanto, era praticamente aceite que a areia do mar só devia ser usada caso não se tivesse possibilidades do emprego de outra, e mesmo assim se fosse bem lavada, de modo a retirar-se-lhe os sais. O problema é que antigamente, como inclusive ainda ocorre, as areias eram eventualmente utilizadas sem lavagem, não por desconhecimento dos problemas que causariam, mas por comodismo, economia ou descuido dos responsáveis pela construção, o que acarretaria seguramente em problemas à obra após a sua conclusão.

J. F. Blondel sugeriu ainda que, caso não houvesse disponibilidade de areia no local onde se desejasse construir, que fossem feitas bolas de "*terre franche*"¹³¹⁹. Estas bolas deveriam ser levadas a cozimento e depois desfeitas, usando-se o material pulverizado resultante em lugar da areia. Isto produziria, no seu entender, uma argamassa excelente, pois compensar-se-ia, desta maneira, os problemas decorrentes da má qualidade da areia¹³²⁰.

6.4 – CUIDADOS DE UTILIZAÇÃO

Notou-se, com frequência, na bibliografia consultada, a recomendação da utilização de areias secas na confecção de argamassas. Não pelo facto da água nelas presente interferir na dosagem da argamassa, por ocasionar o seu

¹³¹⁷ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1771. vol. VII, t. V, Cap. V, Art. II, p. 185.

¹³¹⁸ AROMATICO, Andrea, *Alchimia*, Italia, Electa/Gallimard, 1996. p. 20 – "...viveva, cresceva, si moltiplicava e, finito il suo ciclo, moriva per ritornare trasmutato".

¹³¹⁹ DUHAMEL DU MONCEAU, Henri-Louis, *De l'exploitation des bois*, Paris, H. L. Guerin & L. F. Delatour, 1764. Parte I, L. I, art. IV, p. 56 – Segundo este autor, as "*terres franches ou limoneuses*" seriam "*terres substantieuses & fertiles*", de consistência intermediária entre as argilas e as areias, capazes de reter humidade por um longo tempo.

¹³²⁰ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, Cap. V, art. II, p. 187.

inchamento, o que, sabe-se hoje, levaria a uma alteração do volume, mas sim porque a água atenuaria os sais que a compunham, "apagaria o seu fogo"¹³²¹ e a impediria de penetrar nas pedras¹³²².

Tal afirmação errónea foi mais uma explicação transcendental encontrada para justificar um facto que não se conseguia entender correctamente, na época. Justificava, mas não explicava o que realmente acontecia.

Apesar de recomendar a utilização de areias secas, os citados textos, entretanto, não mencionaram como secá-las, nem como verificar se realmente estavam secas. Existem até mesmo, em alguns destes textos, como nos de Belidor¹³²³ e de J. F. Blondel¹³²⁴, tabelas onde foram indicadas as massas unitárias de areias de rio, de jazida e de mar. Só que não se sabe em que condições estes materiais foram avaliados.

Actualmente, por ocasião dos doseamentos de argamassas e betões, costuma-se avaliar, em laboratório, o teor de humidade apresentado pelos agregados miúdos, de modo que seja possível a reprodução fiel do traço desejado, quando na obra. Isto porque o inchamento desses materiais leva a diferenças nas quantidades utilizadas, caso sejam efectuadas as medições em volume húmido, o que normalmente ocorre.

Jean-Baptiste Bullet (1667-1737) recomendou, sinteticamente, que a melhor areia deveria ser limpa e isenta de terra, com grãos de tamanho médio e que estivesse seca, pois nesta condição os poros não estariam cheios de água, de modo que a cal poderia aderir melhor à mesma¹³²⁵, o que foi repetido por Briseux¹³²⁶. Apesar dos agregados miúdos apresentarem alguma porosidade, possivelmente a água à qual Bullet e Briseux se referiam era aquela que aderiria à superfície dos grãos da areia, e que provava o seu inchamento.

Com relação à areia de jazida, Vitrúvio recomendou cuidado com sua utilização, no sentido que não fosse deixada ao relento muito tempo, para não se degradar por acção das intempéries¹³²⁷. Briseux ainda indicou, de modo semelhante a Vitrúvio, que a areia destinada a reboco não devia ser utilizada logo após escavada, pois sua rápida secagem levaria ao aparecimento de fissuras; e se o destino do material fosse a construção de paredes, não devia ser deixado por

¹³²¹ Possivelmente, esta expressão deveria significar que se a areia estivesse molhada, a água reduziria a sua capacidade de reagir. No entanto, sabe-se, actualmente, que a areia, de maneira geral, não reage na mistura.

¹³²² [FREMINE], *Memoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702. p. 118/119 – "...émouseroit ses sels, attiendoit son feu & l'amortiroit, & l'empêcheroit consequemment de s'insinuer dans les pierres".

¹³²³ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. vol. I, L. III, Cap. IV, p. 25.

¹³²⁴ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1771. vol. VIII, t. VI, Cap. I, Art. VIII, p. 41.

¹³²⁵ BULLET, Jean-Baptiste, *L'architecture pratique*, Paris, Ch. J. B. Delespine & Jean-Th. Herissant, 1741. p. 160.

¹³²⁶ BRISEUX, Charles Etienne, *L'art de bâtir des maisons de campagne*, Paris, Prault Pere, 1743. vol. II, Parte II, Cap. III, p. 39.

¹³²⁷ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*; tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IV, p. 43.

muito tempo a sofrer a acção do meio ambiente, para não terminar por se transformar em terra¹³²⁸.

Talvez alguns autores antigos assim pensassem porque a areia, depois de um longo período de exposição, ficava muito misturada com matérias orgânicas e outras impurezas – o que se podia constatar pela aparência do material ao natural e dentro d'água e pela sua coloração e cheiro. Consequentemente, ficaria imprestável à construção.

A questão das impurezas das areias foi levantada por Alberti¹³²⁹, Belidor¹³³⁰ e Jombert¹³³¹, por exemplo, que sugeriram, para a verificação da qualidade da areia, a colocação de uma amostra dentro de um recipiente com água e, após agitação, a observação do comportamento do material: se a água ficasse escura e borbulhante, a areia era gorda e terrosa; se permanecesse limpa, era pura e adequada ao uso.

Quando a água fica escura e apresenta bolhas é porque a areia contém certamente muita matéria orgânica, o que a torna realmente inadequada para uso nas argamassas, de modo que o teste prático sugerido pelos diversos autores realmente servia para a identificação de material de má qualidade. Hoje em dia tem-se condições de, através de ensaios simples, verificar a presença de matéria orgânica na areia, e por meio de ensaios mais apurados, quantificar o seu percentual¹³³².

Com relação à areia marinha, seu uso só era indicado na falta de outra, pois acarretaria em lentidão de secagem das paredes, além do facto das argamassas com ela elaboradas não suportarem grandes cargas e levarem ao aparecimento de manchas, por higroscopicidade. O arquitecto francês Louis Savot (Ca. 1579-1640), por exemplo, nem a incluía dentre os tipos existentes, o que denota que alguns autores realmente não a aprovavam como material de construção¹³³³. O padre Federico Sanvitali concordou que tal tipo de areia podia ser usado em última instância, porém bem lavado para a retirada dos sais solúveis¹³³⁴. No texto atribuído a Milizia também se encontrou a afirmação que a areia do mar era boa para uso se completamente livre, por meio de lavagem, dos sais solúveis nela presentes¹³³⁵. Principalmente se a intenção fosse misturá-la com cal forte e gorda:

¹³²⁸ BRISEUX, Charles Etienne, *L'art de bâtir des maisons de campagne*, Paris, Prault Pere, 1743. vol. II, Parte II, Cap. III, p. 40.

¹³²⁹ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. vol. I, L. II, Cap. XII, p. 160.

¹³³⁰ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. IV, p. 11.

¹³³¹ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Ch. A. Jombert, 1764. L. I, Cap. IX, art. II, p. 42.

¹³³² NBR-7220 – Agregados – Determinação de impurezas orgânicas húmicas em agregado miúdo. Rio de Janeiro, ABNT, Ago/1987.

¹³³³ SAVOT, Louis, *L'architecture françoise des batiments particulieres*, Paris, 1624. Cap. XXXVIII, p. 264.

¹³³⁴ SANVITALI, Federico (Pe.), *Elementi di architettura civile*, Brescia, Giammaria Rizzardi, 1745. Parte I, Cap. I, Prop. XII, p. 24.

¹³³⁵ Vitruvius não fez referência alguma à conveniência da lavagem da areia de mar, de modo a minorar-se os problemas decorrentes da presença de sais solúveis, especialmente cloretos, o que foi notado em outros textos.

“...pel sopradetto principio chimico, che nel miscuglio di due sali differenti il più abbondante attrae a se quello di minor copia. Il contrario accaderebbe, se si volesse unire con calce debole; più debole diverrebbe la calce”¹³³⁶.

Mais uma vez notou-se que muitos autores consultados realmente pensavam ser a areia composta por sais, e ainda por cima tinham uma teoria de que, se dois sais diferentes fossem colocados em contacto íntimo, haveria uma interacção entre eles, o que levaria a uma melhora, ou piora, de suas características. Mais uma prova da falta que os conhecimentos da química faziam ao bom entendimento das características e propriedades dos materiais, há alguns séculos.

D’Aviler relacionou as areias, de maneira genérica, e disse qual era a melhor segundo sua proveniência e coloração. Além disto, recomendou que se devia usar a areia mais seca, que fosse menos untuosa (indício de que conteria argila), e a que apresentasse um tamanho maior de grão¹³³⁷. Para este autor não se devia, pois, simplesmente levar em consideração a cor do material quando da sua escolha, o que é correcto, mas sim outras características, também importantes.

O padre Vasconcellos, ao descrever a utilização da areia, reprovou o uso da fluvial, alegando que não apresentava bons resultados, pois ficava sempre húmida¹³³⁸. Indicação estranha, pois tal facto não se constata nas construções executadas com este material, actualmente.

A presença de sal na argamassa faz com que, por higroscopia, a humidade do ar seja absorvida e a superfície argamassada apresente manchas escuras de molhação. A água, então, pode ensejar o aparecimento de microorganismos, que se proliferam quando encontram condições favoráveis, ou manchas esbranquiçadas decorrentes da cristalização salina. Estas, por sua vez, em se desenvolvendo, podem até mesmo levar à escamação da parede e descolamento das camadas mais externas, o que ocorre devido ao aumento de volume dos cristais de sal dentro da porosidade do material.

Além disto, o humedecimento das paredes ocasiona a degradação de outros materiais de construção contíguos a elas, como madeiras e tijolos, por exemplo. Apesar do uso de areia do mar ainda ser condenado pelas razões supramencionadas, até hoje são comuns problemas oriundos do seu emprego, em desobediência às normas que regem a construção civil, no Brasil.

Nas cidades litorâneas da costa brasileira pode-se verificar, com relativa frequência, que não apenas as populações de baixa renda utilizam esse material nas construções de suas casas, como também pessoas de classes mais abastadas, por adquirir o material na mão de vendedores que as comercializam de maneira ilícita, ou por comprarem imóveis prontos os quais foram executados de má fé pelas construtoras.

¹³³⁶ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, Parte III, L. I, Cap. IV, p. 41.

¹³³⁷ D’AVILER, Augustin Charles, *Cours d’architecture*, 3ª ed., Amsterdão, George Gallet, 1699. vol. I, p. 213/214.

¹³³⁸ VASCONCELLOS, Ignacio da Piedade (Pe.), *Artefactos symmetricos, e geometricos*, Lisboa Occidental, Joseph Antonio da Sylva, 1733. L. IV, Cap. XVI, p. 378.

Exemplo recente é o caso do desabamento inesperado de uma ala de vinte e dois andares do edifício Plaza II, construção em zona privilegiada do Rio de Janeiro, que levou à necessidade de implosão do restante da edificação com todos os pertences dos seus moradores.

A causa do desabamento, comprovada em laudos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo divulgados pela imprensa, foi o uso de materiais de má qualidade, inclusivamente de areia do mar. Além da existência de conchas, que foram detectadas no betão estrutural, o problema foi agravado pelo facto de que a presença de sal em argamassa de cimento leva ao seu enfraquecimento.

O princípio da nocividade da água salgada é conhecido há muito tempo. Por exemplo, ao citar as areias utilizadas em sua época, em Lisboa, Mathias Ayres e Negreiros mencionaram claramente que deviam estar isentas do sal proveniente de água salgada ou salobra¹³³⁹. Diogo Vellozo, ao mencionar o uso da areia do mar, citou o que Alberti pensava sobre o facto desse tipo de areia não ser *“bem empregada em paredes que resguardão o Sul, he melhor porem naquellas que resguardão o Norte”*¹³⁴⁰.

Deduz-se que a opinião de Alberti era válida no caso da orientação ser correspondente ao vento mais húmido na região, o que levaria a um humedecimento mais rápido da parede. No entanto, o que Diogo Vellozo fez foi apenas dar uma demonstração de erudição ao citar Alberti, pois para assumir tal posição como válida para as terras pernambucanas seria preciso comparar os ventos dominantes na Itália, com aqueles do nordeste do Brasil, o que não foi feito. Vellozo repetiu, simplesmente, o que leu nos importantes tratadistas europeus que citou¹³⁴¹, o que era praxe, séculos atrás. Mas não verificou, ou ressalvou, a validade da informação para o local onde trabalhava. Teria sido mais interessante, ao invés da simples reprodução de ideias de outras pessoas, que fosse feito seu julgamento crítico.

¹³³⁹ EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de arquitectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777. Parte I, Cap. VIII, p. 143 // NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Additamento ao livro Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 3760 (BNL), 1797. vol. III, fls. 41.

¹³⁴⁰ VELLOZO, Diogo da Sylveyra, *Architectura militar*, Pernambuco, Cód. 49-III-3 (BAJ), 1743. Parte II, Cap. XXV, fls. 222.

¹³⁴¹ Vitruvius, Scamozzi, Palladio, entre outros.

7 – OUTROS INGREDIENTES DAS ARGAMASSAS

Além da cal e da areia, materiais utilizados na maioria das argamassas antigas estudadas, vários outros constituintes foram eventualmente a eles adicionados, ou adotados em seu lugar. Como exemplo, citam-se os seguintes: pozolana, cerâmica moída, pó de mármore, terraços fluviais do Baixo Reno, cinzas de Tournai, carvão, sangue, suco de frutas ou de vegetais, leite, queijo, palha, pêlo animal, cerveja, arroz, açafrão, açúcar, resinas, óleos, sebo, vinho, urina, clara de ovo, algodão, amido, banha de porco, cabelo, excremento, fibras, gesso¹³⁴².

Pela leitura da relação acima, pode-se verificar que tanto adições orgânicas, quanto inorgânicas, foram utilizadas no decorrer dos séculos¹³⁴³. Cada uma, entretanto, tinha uma função específica.

Belidor, por exemplo, sugeriu como ingrediente opcional na confecção de argamassas hidráulicas, pó oriundo da pulverização de pedaços de vasos e “*machefer*”¹³⁴⁴ proveniente de hulha queimada associada a pó de material cerâmico e pedra de mó de moinho e calcário¹³⁴⁵.

Já que não se tem condições de relacionar todos os exemplos interessantes encontrados na bibliografia, nem é possível discorrer sobre todos os aditivos supramencionados, serão tecidas, neste capítulo, considerações apenas acerca de alguns deles, dos quais se obteve maiores detalhes nas fontes consultadas: pozolana, pó cerâmico, terraços fluviais do Baixo Reno e cinzas de Tournai.

7.1 – POZOLANA

A primeira reserva natural de pozolana descoberta no mundo encontrava-se em Pozzuoli, nas imediações da actual cidade de Nápoles (Itália). Por esta razão Vitruvius referiu-se ao material como “*pó de Pozzuoli*”, e caracterizou-o como uma terra especial daquela região, que produzia efeitos maravilhosos quando misturada com cal e pedra moída¹³⁴⁶. Quase todos os livros consultados ratificam isto.

Material de origem vulcânica, a pozolana confere hidráulicidade às argamassas, o que também é amplamente aceite pelos autores estudados. Esta propriedade propicia a sua utilização em locais húmidos ou mesmo alagadiços, daí ser recomendada pelo mestre romano, e por outros que lhe sucederam, na construção de portos. Não obstante, o material pode ser utilizado em locais secos,

¹³⁴² SANTIAGO, Cybèle Celestino, *Aditivos orgânicos em argamassas antigas*, Salvador, UFBA, 1992. Dissertação de mestrado (policopiada). Cap. III, p. 16.

¹³⁴³ No capítulo sobre argamassas, algumas receitas à base de componentes pouco convencionais foram indicadas.

¹³⁴⁴ BOUILLET, M. N., *Dictionnaire universel des sciences, des lettres et des arts*, 12^a ed., Paris, Hachette et C^{ie}, 1877. p. 1002 – “*Machefer – ...scories à demi vitreuses, qui s'agglomèrent dans les foyers des forges où l'on travaille le fer et forment le résidu de diverses houilles qu'on brûle. Elles sont composées d'oxydes terreux, de schistes et d'un peu d'oxyde de fer*”.

¹³⁴⁵ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. IV, p. 12.

¹³⁴⁶ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. VI, p. 45.

adquirindo boa resistência após o endurecimento, conforme igualmente evidenciado nos textos analisados, desde que durante o processo a argamassa seja mantida húmida. As argamassas pozolânicas endurecem exactamente devido à reacção cal-pozolana que ocorre em presença de água¹³⁴⁷. Isto porque o material apresenta elevada porosidade, o que favorece a reacção entre a pozolana e a cal extinta, com a formação de compostos hidráulicos.

Constatou-se, através da bibliografia, que a origem das pozolanas foi atribuída à acção de fogos subterrâneos, sem que fosse indicada uma ligação directa entre o material e a actividade vulcânica, de maneira geral.

No texto atribuível a Milizia, no qual a pozolana foi considerada como a areia mais adequada para as construções¹³⁴⁸, tem-se que Vitruvius, conforme Filandro¹³⁴⁹, teria dito que:

*"...la pozzolana altro non sia che un miscuglio di terra con tufo, con bitume, e con qualche altra parte sulfurea, miscuglio preparato da fuochi sotterranei"*¹³⁵⁰.

Na tradução de Blánquez, a descrição dada por Vitruvius não foi esta. Pelo que parece, ocorreu outro problema com alguma das traduções, ou com a interpretação do texto. O que se têm em idioma espanhol é o seguinte:

*"...en las entrañas de aquellos montes hay tierra y numerosas fuentes de agua caliente, que no existirían si no estuviesen debajo fortísimos fuegos, alimentados o por azufre o por alumbre o por betún. Este fuego y estas llamas, al penetrar y actuar a través de los meandros y venas de la tierra, la hacen ligera, y el tufo (o la toba) que allí existe es lúmido y enjuto"*¹³⁵¹.

O betume, o enxofre ou o alúmen serviriam, pelo que se pode deduzir do texto traduzido por Agustín Blánquez, apenas para alimentar o fogo subterrâneo, e não estariam presentes na composição da pozolana, como parece pela indicação dada no texto atribuível a Milizia.

Para Gioseffe Viola Zanini, a pozolana consistia em um tipo de terra queimada pelo fogo¹³⁵²; Belidor informou que a pozolana, material considerado como um pó, era constituída por terra e tufa queimadas pelos fogos subterrâneos que saíam das montanhas, nas proximidades dos locais onde era tirada, daí sua admirável propriedade de endurecer debaixo da água ou em presença de humidade¹³⁵³.

¹³⁴⁷ MASSAZZA, Franco, PEZZUOLI, Mario, «Some teachings of a roman concrete», *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings* (actas do simpósio de Roma, 3-6.11.1981), Roma, ICCROM, 1982, p. 220-245. p. 220.

¹³⁴⁸ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, L. I, Cap. IV, p. 39.

¹³⁴⁹ Guillaume Philander, um dos famosos comentaristas do tratado vitruviano (séc. XVI).

¹³⁵⁰ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, L. I, Cap. IV, p. 37.

¹³⁵¹ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L.II, Cap. VI, p. 45.

¹³⁵² ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, 2ª impr., Pádua, Giacomo Cadorino, 1677. L. I, Cap. XV, p. 66.

¹³⁵³ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. IV, p. 11.

Ambos os autores foram, pois, favoráveis à origem deste material ser decorrente da sua queima por fogos subterrâneos.

Negreiros foi mais específico. Considerou a pozolana como uma espécie de areia e destacou que era um material vitrificado, daí ser resistente à humidade e secar com rapidez:

*"...a dita areia chamada pussolana [sic], he uma materia vitrina, e porisso rezistente ás humidades e muito desecante, que, segundo o pensar de muitos, soffreu a acção dos antigos vulcanos"*¹³⁵⁴.

Com relação às reservas naturais do produto, durante muito tempo, a única fonte conhecida de pozolana foi, aparentemente, a indicada por Vitruvius¹³⁵⁵.

Muitos autores, ao discorrerem sobre as características do material, mencionaram o facto claramente, o que é ora exemplificado através da transcrição de passagens retiradas dos textos dos autores listados a seguir:

- Plínio – *"Sonci anchora oltra queste altre specie di terra: & chi non si maraviglierebbe, che la peggior parte d'essa, & perciò chiamata polvere, ne' colli di Pozzuolo, si mettesse per riparo con l'onde del mare? Laqual polvere subito ch'è tuffata diventa pietra d'un pezzo, ch'ogni di si fa piu inespugnabile & piu forte, massimamente mescolandosi con calcina di Cuma"*¹³⁵⁶;
- Alberti – *"Nella zona di Pozzuoli vi è in abbondanza un tipo di polvere che mischiata all'acqua di mare si indurisce in pietra"*¹³⁵⁷;
- Cataneo – *"La polvere pozzolana di campagna intorno al monte Vessuvio [sic], porta il vanto di tutte le rene: peroche, essendo di tufo secco arsicciato, essendone uscito il liquore, ne diviene piu leggiera, & migliore: & nel mescolarla dipoi con la calcina, & con l'acqua, ricevendo subito il liquore, fanno insieme corpo; & con prestezza ricevendo l'humore, fanno le fabriche durissima presa, alle quali non solo la fortuna del mare, & la possanza dell'acqua non può nuocere, ma si indurisce di maniera la fabrica, massime la parte sotto l'acqua, che di una solo pietra tutto il muro si dimostra, & ciò non è meraviglia: quando vogliono, che, ponendo in mare la detta polvere pozzolana, da per se sola diventa pietra..."*¹³⁵⁸.

J. F. Blondel considerou a pozolana como:

"...matière bitumineuse, qui se trouve dans les environs du Vesuve, laquelle est composée de parties métalliques & de petits cristaux très âpres

¹³⁵⁴ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 54v.

¹³⁵⁵ Em Pozzuoli, imediações de Nápoles (Itália).

¹³⁵⁶ PLINIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, G. Ferrari, 1561/1568. L. XXXV, Cap. XII, p. 1113.

¹³⁵⁷ ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. t. I, L. II, Cap. IX, p.142.

¹³⁵⁸ CATANEO Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964. Cap. III, fls. 29 – Destaca-se que esta informação foi dada por Cataneo no capítulo sobre areia.

*au toucher: En mêlant cette pozzolane avec de la chaux de marbre ou de coquillage, il en résulte un mortier que l'eau affermit au lieu de le détruire*¹³⁵⁹.

Não é possível afirmar, sem efectuar alguns ensaios, porque Blondel especificou que a argamassa com pozolana deveria ser feita apenas com cal de mármore ou de conchas¹³⁶⁰. Contudo, chama-se a atenção para este detalhe e deixa-se esta sugestão para uma futura investigação. Por outro lado, da análise das citações de Alberti e Cataneo acima transcritas, verificou-se que a pozolana, sozinha, tinha a capacidade de endurecer na água. Nos demais textos, foi indicada a mistura do material com areia, ou com areia e cal.

É curiosa a caracterização do material como uma matéria betuminosa, o que deve ter ocorrido por causa da sua propriedade de resistir à acção da água.

Quanto à descoberta de novas jazidas, além daquela das imediações do Vesúvio, sabe-se que, posteriormente, pozolanas de outras proveniências foram utilizadas em construções, não apenas na Península Itálica, mas em outros países, o que pode ser notado em outros textos, como naquele atribuível a Milizia:

*"Vitruvio, dal non vedere cave di pozzolana che ne' contorni di Napoli, si lambiccò il cervello a spiegare, perchè altrove non ve ne fossero: ma altrove ve n'erano; e Roma, dove viveva Vitruvio, ne abbondava più di qualunque altro luogo. Possibile ch'ei non le vedesse! Forse non si erano ancora scoperte*¹³⁶¹.

Os textos de Belidor¹³⁶² e Negreiros¹³⁶³ também podem ser citados como exemplos do conhecimento de outras jazidas. Na segunda edição do texto de Giovanni Branca, datada de 1718, foi mencionada, por exemplo, a pozolana de Roma, conforme informação constante da edição consultada¹³⁶⁴. Além disto, nesse mesmo texto informou-se que, na falta da pozolana, se devia preparar a argamassa com um material similar:

*"...minuzzoli di peperino di S. Fiorge con certa terra di color bigio nericcio, che cavata a Monte Rotondo in luogo detto Rene, materia ambedue vetrine, e perciò resistente all'umidità come la pozzolana di Roma materia vetrina anch'essa, e che a giudizio d'alcuni ha sofferto l'azione di antichi vulcani*¹³⁶⁵.

¹³⁵⁹ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. VI, Cap. III, p.127.

¹³⁶⁰ Lembra-se que Plínio recomendou a cal de Cuma, para se obter um produto final de óptima qualidade.

¹³⁶¹ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, L. I, Cap. IV, p. 38.

¹³⁶² BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. IV, p. 11 – Este autor indicou pozolanas na Itália e nos Países Baixos.

¹³⁶³ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 54v – Foram mencionadas, nesse texto, pozolanas vermelhas e pretas em Portugal.

¹³⁶⁴ BRANCA, Giovanni, *Manuale d'architettura*, comentários e acrescentos de Giovanni Soli, 5ª ed., Modena, Soc. Tipografica, 1789. L. I, Cap. IV, p. 9.

¹³⁶⁵ BRANCA, Giovanni, *Manuale d'architettura*, comentários e acrescentos de Giovanni Soli, 5ª ed., Modena, Soc. Tipografica, 1789. L. I, Cap. IV, p. 9.

O material citado, que consiste em peperino¹³⁶⁶ alterado, apresenta propriedades pozolânicas, embora muito menores do que aquelas das pozolanas oriundas dos tufos vermelhos e cinzas.

No já citado texto atribuível a Milizia, também foi encontrada referência a outro tipo de material similar à pozolana, de origem vulcânica, existente nas imediações do Vesúvio:

*"In Napoli e ne' suoi contorni trovansi soterra strati copiosi d'una certa specie di pietruzze simili a piccole pomici, e alquanto giallette come pezzi di tegola o di coppi pesti, dette colà rapilli, cioè lapilli. Anche questa materia è produzione di vulcani, e fa ottima lega colla calce"*¹³⁶⁷.

Este material, que também apresentava, segundo o autor do texto, características pozolânicas, era possivelmente o mesmo ao qual Scamozzi, conforme Rodolico, havia feito referência, como pode ser verificado através da leitura da passagem a seguir transcrita:

*"...sotto a' tuffi cavano la pozzolana di color bianco alquanto rimesso, et ottima nelle malte, e sotto alla pozzolana ritrovano il grapello ovvero serepillo (come essi dicono), il quale è una materia alquanto gialletta, e come pezzetti di tegoli o embrici pesti: il quale serve a far i terrazzi, e del più minuto l'adoprano per granzolo nell'intonacar le mura"*¹³⁶⁸.

Consultando-se directamente o texto de Scamozzi, encontrou-se outros pormenores do material:

*"In Napoli oltre à molti altri luoghi del regno cavano una certa materia, laquale chiamano grapillo, che à parer nostro è una specie di tufo duro, & in ciottolini como avellanne [sic], e nocciuoli, e de' più minuti, di color tendente al giallo: laonde del più grosso, e del mezano si servono per far terrazzi, e del più minuto lo serbano per meschiar nelle malte, per intonacar le mura; essendo che cosi in quelli come in questi fa una presa grandissima"*¹³⁶⁹.

Possivelmente tal material era a pozolana correspondente ao tufo amarelo napolitano.

Ao escrever sobre cal, Filarete informou que, segundo a crença, a melhor era aquela extinta sob uma camada de uma espécie de areia chamada pozolana. Tal ingrediente, em sua opinião, oferecia grande vantagem se usado em substituição da areia. Foram indicadas no seu texto várias jazidas, além daquela situada nas imediações do Vesúvio¹³⁷⁰.

¹³⁶⁶ Tufo dos montes Albanos, na província de Roma.

¹³⁶⁷ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, L. I, Cap. IV, p. 38.

¹³⁶⁸ RODOLICO, Francesco, *Le pietre della città d'Italia*. 2ª ed., Florença, Felice le Monnier, 1953. p. 392 – "Grapello" e "serepillo" são nomes dialetais dos locais de extracção das pozolanas (sublinhados não existentes no original).

¹³⁶⁹ SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, n.º 9, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Parte II, L. VII, Cap. XXI, p. 236 – Sublinhado não existente no original.

¹³⁷⁰ FILARETE (Antonio Averlino), *Trattato di architettura*, Milão, Il Polifilo, 1972. vol. I, L. III, p. 66 – "...e questa la cavano delli campi e strade como si fa ancora qui a Milano".

Manuel Losada considerou a pozolana como uma areia de cor de porcelana, pois disse o seguinte:

*“La arena de color de porcelana, la qual en las obras, y fabricas que se hacen en las aguas, hace grandissimo efecto, porque con presteza hace grandissima presa, y los edificios salen fueritissimos”*¹³⁷¹.

O material apontado por este autor devia, realmente, ser a pozolana, pois apesar de ter sido chamado de areia, foi recomendado como substituto desta¹³⁷² e pra uso em obras aquáticas. Outros materiais eventualmente poderiam ser usados do mesmo modo, e com a mesma finalidade, porém requeriam procedimentos mais específicos por ocasião do preparo da argamassa, o que deveria ter sido explicitado, se fosse o caso.

Philibert de l’Orme, ao citar Plínio – que havia falado na diversidade de terras e da areia de *Putzoli*, e em outros tipos de terras que endureciam como se fossem pedras –, também utilizou o termo “*pourcelane*”, informando que era uma “*areia*” negra¹³⁷³. Tendo em vista a denominação similar à de Manuel Losada e ao facto de mencionar a “*areia*” de Pozzuoli, não restam dúvidas de que o material ao qual se atribuía esta denominação era a pozolana. Só que, considerando-se que a cor atribuída ao dito material como foi a negra, e inicialmente as porcelanas não são desta cor, acredita-se que Losada tenha feito alguma confusão a quando da utilização do termo. Ou então a palavra “*porcelana*” tinha um significado diverso daquele que hoje se conhece.

No texto *Principii di architettura civile*¹³⁷⁴, e em outros, como nos de Félibien e de Rieger¹³⁷⁵, que o antecederam, a pozolana foi considerada como areia. Félibien a indicou como óptimo material por propiciar uma boa ligação, podendo até ser usado em abóbadas. Só que, estranhamente, não mencionou seu uso em obras hidráulicas, a utilidade maior deste material¹³⁷⁶.

Destaca-se que, no catálogo da exposição internacional havida em Londres, em 1862, ao fazer-se referência às pozolanas de Santarém (ilha de São Miguel) e da ilha Terceira, elas foram chamadas de “*massapez*”¹³⁷⁷.

No Brasil, a denominação massapê significa um solo rico em calcário constituído basicamente por argila montmorilonite, bastante frequente, dentre outros locais, no Recôncavo Baiano¹³⁷⁸. Frisa-se este ponto apenas para que se

¹³⁷¹ LOSADA, Manuel, *Crítica y compendio especulativo-practico de la arquitectura civil*, Madrid, Antonio Marin, 1740. t. I, tratado I. Proemiales. Proposição V, p. 11/12.

¹³⁷² Neste caso, também não foi mencionada a mistura com cal.

¹³⁷³ DE L’ORME, Philibert, *Le premier tome de l’architecture* (Paris, Frederic Morel, 1567), fac-símile, *Traité d’architecture*, Paris, Léonce Laget, 1988. L. I, Cap. XVII, fls. 28.

¹³⁷⁴ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, L. I, Cap. IV, p. 37.

¹³⁷⁵ RIEGER, Christiano (Pe.), *Elementos de toda la arquitectura civil: con las mas singulares observaciones de los modernos*, Madrid, Joaquín Ibarra, 1763. Parte IV, Cap. I, p. 235, §227.

¹³⁷⁶ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l’architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve et Jean Baptiste Coignard Fils, 1699. L. I, Cap. XII, p. 34.

¹³⁷⁷ CATALOGUE DES PRODUITS minéraux du Portugal: Exposition Universelle de Londres (1862), London, C. Whiting/Beaufort House, 1862. p. 23/24.

¹³⁷⁸ Região que envolve a Baía de Todos os Santos.

fique atento para as eventuais confusões decorrentes de termos similares para produtos completamente diferentes, o que fatalmente leva a erros de interpretação, principalmente quando se trata do estudo de materiais antigos¹³⁷⁹. Já se teve a oportunidade de abordar o problema ao tecerem-se considerações acerca do saibro, no capítulo sobre areia, por exemplo.

Segundo Manuel Hijosa, o tradutor para o idioma espanhol do texto de Giovanni Branca, na versão italiana teria-se falado de pozolana, produto usado na Itália em substituição à areia, mas como esse material não tinha uso em Espanha, não foi traduzido o trecho correspondente¹³⁸⁰. Porém Hijosa, como alguns dos autores consultados, não considerou a pozolana como areia, mas, sim, como um eventual substituto para aquele material. Isto é mais condizente com a realidade, do ponto de vista actual, tendo-se em mente a definição de areia.

Negreiros, por sua vez, classificou a pozolana como areia. Este era, de acordo com o seu texto, o único material de construção que não havia em Portugal na época, pois os demais eram disponíveis, e de óptima qualidade. Ainda na opinião do mesmo autor, a areia disponível em Portugal só apresentava o inconveniente de uma secagem mais lenta do que a pozolana, porém propiciava o mesmo resultado, após seca¹³⁸¹.

Uma argamassa feita simplesmente com cal (aérea) e areia não apresenta hidraulicidade. Logo, não poderia ter o mesmo comportamento de uma argamassa feita com pozolana. O que se pode inferir é que, ou Negreiros fez a comparação baseado no uso de uma mistura à base de cal hidráulica, ou analisou obras executadas em locais secos. Neste último caso, a pozolana funcionaria possivelmente como um inerte.

Negreiros, em outra passagem do seu texto, disse que a pozolana, apesar de apresentar secagem mais rápida do que uma argamassa tradicional de areia, adquiria tanta solidez que propiciava aos construtores a redução da espessura das paredes, o que estava a ser colocado em prática na Itália, na época¹³⁸².

Da análise desta informação, conclui-se, mais uma vez, que o desempenho final de uma argamassa de cal e areia não podia ser realmente igual aquele de uma argamassa de cal e pozolana, como este mesmo autor havia afirmado anteriormente.

Para Belidor, autor anterior a Negreiros, a argamassa que continha pozolana era a melhor do mundo, tanto para lugares secos quanto húmidos¹³⁸³. Num texto do século XIX, da autoria de Berthault-Ducreux, entretanto, já se destacava que o

¹³⁷⁹ Enquanto a pozolana requer a presença da água para funcionar de maneira satisfatória, o solo denominado como massapê sofre muitas variações volumétricas, a quando em sua presença, podendo, nestas circunstâncias, causar problemas muito grandes.

¹³⁸⁰ BRANCA, Juan, *Manual de arquitectura*, trad., comentários e acrescentos de Manuel Hijosa, [6ª ed.], Madrid, la Viuda de D. Joaquín Ibarra, 1790. L. I, Cap. IV, p. 9/10.

¹³⁸¹ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 54v.

¹³⁸² NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 55.

¹³⁸³ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. IV, p. 11.

comportamento do material a seco era diferente daquele obtido em ambiente húmido, o que se pode perceber através da transcrição feita¹³⁸⁴.

“Non seulement la bonne poudre de brique, mais encore la meilleure pouzzolane, se conduit avec la chaux, à peu près comme une poudre inerte, si le mortier dont elle fait partie n’est pas immergé, ou au moins maintenu à l’humidité”¹³⁸⁵.

A areia funciona como carga, na argamassa. Logo, qualquer outro material pulverulento, que não reagisse com a cal, funcionaria de modo semelhante. Isto aconteceria quando as argamassas com pozolana ou pó cerâmico não estivessem imersas, ou não fossem mantidas húmidas.

Como Negreiros e Belidor diziam que o material se comportava a contento a seco, supõe-se que as propriedades hidráulicas do material não estavam sendo consideradas, no momento. De facto, as argamassas de cal e areia teriam comportamento completamente diferente se usadas em ambientes secos ou húmidos.

Sobre argamassas com pozolana, Alessandro Vittorio d’Antoni Papacino deu uma informação diversa dos demais autores investigados:

“Deverá haver toda atenção precisa na construção destes edificios, para que pela continuação do tempo se não introduza a humidade que resulta das chuvas, e neve nos armazens, que devem ser bem secos. Para isto he necessario, que não só no tempo da construção, mas ainda depois, estes edificios estejam cubertos naquelles paizes que por serem sugeitos a geadas, fica inutil o uso da possolana”¹³⁸⁶.

Este foi o único autor encontrado a mencionar que a argamassa com pozolana não serviria em locais sujeitos a geadas. Talvez porque a água usada na mistura de endurecimento da argamassa, congelando-se, não permitisse que a reacção cal-pozolana ocorresse, de modo que a argamassa não adquiriria propriedades pozolânicas.

O português António Coutinho (séc. XX) informou que era possível a classificação do magma a partir do qual uma determinada rocha teria sido formada, através da análise química, em óxidos elementares, da dita rocha¹³⁸⁷. No entanto, este mesmo autor julgou que era difícil concluir-se a que tipo de magma pertencia uma determinada pozolana, visto que seria necessário um alto grau de alteração da rocha para que se tivesse um material com altas propriedades pozolânicas. Mas complementou:

¹³⁸⁴ Ver outras considerações à p. 275 deste texto, trecho correspondente à nota 1347.

¹³⁸⁵ BERTHAULT-DUCREUX, *Théorie et pratique des mortiers et ciments romains*, Paris, Carillion-Goeury, 1833. p.127.

¹³⁸⁶ PAPACINO, Alessandro Vittorio d’Antoni, *Architectura militar*, trad. de Pedro J. Xavier, Lisboa, Typ. Regia Silviana, 1795. t. IV, p. 243.

¹³⁸⁷ COUTINHO, António de Sousa, *Pozolanas, betões com pozolanas e cimentos pozolânicos*, Lisboa, LNEC, 1958. Memória n.º 136. Parte II, Cap. V, p. 53.

“...o conhecimento destas rochas permite não só uma armação lógica dos diferentes tipos de pozolana, mas também prever mesmo o comportamento pozolânico de certas rochas lávicas”¹³⁸⁸.

A pozolana é um tipo de solo especial, de origem vulcânica, que contém uma componente altamente vítrea e vários minerais associados. Actualmente, já é possível, através de ensaios de laboratório, identificar-se, numa argamassa antiga, de qual vulcão provém a pozolana eventualmente nela presente. Isto é conseguido pela análise dos minerais associados, com o auxílio da difracção de raios-X. Por exemplo, os italianos Franco Massazza e Mario Pezzuoli (séc. XX), ao mencionarem os resultados dos ensaios realizados em amostras do betão romano utilizado nas fundações do Coliseu, informaram terem detectado, por meio de difracção de raios-X, leucite, diopsite, melilite e quartzo (provenientes dos finos e da pozolana, materiais não retidos na peneira de malha 40µm), e hidróxido de gehlenite e calcite (resultantes da reacção pozolânica e da carbonatação da cal)¹³⁸⁹.

De maneira similar, através de análises laboratoriais, foi identificada a pozolana usada por Michelangelo Buonarroti (1475-1564) na Capela Sixtina como sendo do Lazio, da região ao Norte de Roma, e não da região da Campania, como se pensava. Isto porque os minerais associados à pozolana, na argamassa analisada, eram típicos de um vulcão existente no Norte de Roma, e não estavam presentes nos outros vulcões das imediações daquela cidade¹³⁹⁰.

Sabe-se que José Trindade Chagas detectou pozolana em algumas das amostras da taipa do castelo de Alcácer do Sal, em Portugal. No entanto, de acordo com a bibliografia, as jazidas portuguesas desse material eram desconhecidas na época em que a obra foi erguida. Valeria a pena confrontar as características das amostras encontradas na taipa do supracitado castelo com as das pozolanas provenientes de jazidas conhecidas no país. Desta maneira, verificar-se-ia se o material utilizado foi local ou veio de alhures, trazidos por antigos navegantes. Sugere-se a execução de um trabalho similar ao que o italiano Giacomo Chiari (séc. XX) e outros investigadores fizeram para o mausoléu de Sant'Elena¹³⁹¹.

A título de ilustração, indicam-se elementos que podem estar presentes nas pozolanas: óxidos de cromo, alumínio, ferro, magnésio, manganês, cobalto e níquel¹³⁹²; feldspatos sódicos, potássicos, calco-sódicos (plagioclases), cálcicos; feldspatóides (leucites, nefelinas, sodalites, noseanas ou noselites, hauynas,

¹³⁸⁸ COUTINHO, António de Sousa, *Pozolanas, betões com pozolanas e cimentos pozolânicos*, Lisboa, LNEC, 1958. Memória n.º 136. Apêndice I, p. 143.

¹³⁸⁹ MASSAZZA, Franco, PEZZUOLI, Mario, «Some teachings of a roman concrete», *Actas do Simpósio Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings*, Roma, ICCROM, 1982. p. 220-245. p. 222.

¹³⁹⁰ Informação dada pela Dra. Marisa Laurenzi-Tabasso, do ICCROM (Roma/Itália).

¹³⁹¹ CHIARI, Giacomo et al, «Le malte pozzolaniche del mausoleo di Sant'Elena e le pozzolane di Torpignattara», *Materiali e strutture: problemi di conservazione*, Roma, L'Erma di Breschneider, 1996. n.º 1 (ano VI), p. 1-36.

¹³⁹² COUTINHO, António de Sousa, *Pozolanas, betões com pozolanas e cimentos pozolânicos*, Lisboa, LNEC, 1958. Memória n.º 136. Apêndice II, p. 147.

melilitas); além desses, podem ainda ser encontrados piroxenas, olivinas, biotites, apatites, zircónios, magnetites, ilmenites e homblendas¹³⁹³.

Actualmente, na realização de ensaios padronizados pelo grupo Normal¹³⁹⁴, usa-se a pozolana superventilada de Salone (Toscânia). Procede-se desta maneira de modo a evitar divergências de comportamento entre os vários tipos de pozolanas existentes na natureza¹³⁹⁵.

É inviável a identificação da presença de pozolana em uma argamassa antiga, unicamente através da análise da sua composição química. Por este meio, pode-se apenas constatar que o material apresenta características hidráulicas (pozolânicas), mas não é possível afirmar se a responsabilidade por tais características foi decorrente da inclusão de pozolana à mistura.

O comportamento pozolânico de determinada argamassa pode ser atribuído a diversas composições. De maneira geral, *“todos os minerais que, por aquecimento, originam a perda de iões OH da sua rede cristalina, e que, depois dessa perda, são susceptíveis de mudarem de rede, mostrarão comportamento pozolânico”*¹³⁹⁶.

Logo, o universo dos materiais considerados como pozolanas é muito amplo. Norman Davey, por exemplo, subdividiu as pozolanas em dois grandes grupos, a saber¹³⁹⁷:

a) Pozolanas naturais:

- Pozolanas italianas;
- Terra de Santorim (Grécia);
- “Trass” (Alemanha);
- Cinzas vulcânicas do Japão, Portugal, França e Espanha;
- Terras diatomáceas, diatomitas, trípoli, calcário silicoso decomposto, farinha fóssil.

b) Pozolanas artificiais:

- Argila xistosa queimada, diatomita e pumicita queimadas, cerâmica queimada;
- Cerâmica pulverizada e fragmentos cerâmicos;
- Algumas escórias.

¹³⁹³ COUTINHO, António de Sousa, *Pozolanas, betões com pozolanas e cimentos pozolânicos*, Lisboa, LNEC, 1958. Memória n.º 136. Apêndice I, p. 143/144.

¹³⁹⁴ Comité criado na Itália, há alguns anos, para discutir e padronizar os ensaios e as análises necessárias para se caracterizar de maneira satisfatória os materiais de construção, no âmbito da conservação e do restauro.

¹³⁹⁵ Em decorrência de diferentes constituições de materiais, quer entre os tipos dos minerais associados presentes, quer no que diz respeito aos seus percentuais.

¹³⁹⁶ COUTINHO, António de Sousa, *Pozolanas, betões com pozolanas e cimentos pozolânicos*, Lisboa, LNEC, 1958. Memória n.º 136. Apêndice IV, p. 151.

¹³⁹⁷ DAVEY, Norman, *A history of building materials*, London, Phoenix House, 1961. Cap. XII, p. 102.

Alberto de Castro e António Lima (séc. XX), por sua vez, deram a seguinte definição:

*“Materiais naturais, artificiais ou certos subprodutos industriais de natureza siliciosa, aluminosa que revelam a propriedade de se combinarem, à temperatura ordinária, e em presença da água, com o hidróxido de cálcio e outros componentes do cimento hidratado, originando compostos de grande estabilidade química na água e com propriedades aglutinantes”*¹³⁹⁸.

Leduc, ao mencionar os materiais usados pelos holandeses, informou que, na falta de pozolana, usavam “trass”¹³⁹⁹ de Andernach, tufo vulcânico das margens do Reno (trecho do vale de Brohebach)¹⁴⁰⁰.

Apesar da análise química não ser suficiente para identificar as pozolanas, a microscopia permite uma clara caracterização do material: além da diferença entre os diversos minerais associados, facilmente visível, a pozolana aparece sob uma forma característica¹⁴⁰¹ (il. 69). Esta é mais uma prova da importância da interdisciplinaridade para a conservação e o restauro: se o profissional se valesse apenas da colaboração de um químico na identificação deste componente das argamassas, a resposta obtida não seria conclusiva, mas com a contribuição de um geólogo, não restariam dúvidas se o material era ou não uma pozolana.

Além de divergências já mostradas quanto à classificação das pozolanas, notou-se, também, na bibliografia consultada, discrepância nas informações a respeito das colorações existentes. Quanto a este aspecto, destacam-se, a título de ilustração, as definições dadas por Belidor e por J. F. Blondel, que são muito similares:

*“Pozzolane. Terre rougeâtre qui tient lieu de sable en Italie, & qui, mêlée avec de la chaux, fait un excellent mortier qui durcit à l'eau”*¹⁴⁰².

*“Cette poudre est rougeâtre, & n'est autre chose que de la terre brute mêlée avec le tuf, par les feux souterrains qui sortent des montagnes aux environs desquelles on la tire”*¹⁴⁰³.

Enquanto estes dois autores fizeram referência somente a pozolanas avermelhadas, Negreiros também mencionou a existência de pretas.

Girolamo Masi, autor que considerou a pozolana como uma espécie de terra e defendeu o princípio que, se misturada com a cal, a argamassa resultante seria a

¹³⁹⁸ CASTRO, Alberto Gomes de, LIMA, António Vasconcelos, *Ciência e tecnologia dos materiais*, Gondomar, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1988. Cap. VI, p. 497.

¹³⁹⁹ Já foi informado que “trass” é uma pozolana natural alemã, e não um produto diverso.

¹⁴⁰⁰ LEDUC, E., *Chaux et ciments*, 2ª ed., Paris, J. B. Baillièrre et fils, 1919. Cap. I, p. 12.

¹⁴⁰¹ Quando analisada numa lâmina delgada, a pozolana é conhecida por sua estrutura fenocástica vítrea e pelas figuras de “quenching”, além de sua elevada porosidade. É esta elevada porosidade que favorece as reacções pozolana-cal extinta, com a formação de compostos hidráulicos.

¹⁴⁰² BELIDOR, Bernard Forest de, *Dictionnaire portatif*, Paris, Charles-Antoine Jombert, 1755. p. 253 – Sublinhado do autor.

¹⁴⁰³ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, De la maçonnerie, Cap. V, Art. IV, p. 193.

melhor possível¹⁴⁰⁴, indicou como sendo de óptima qualidade para a construção o tipo existente nos arredores de Roma e de Pozzuoli, também avermelhado, porém tendente ao preto. Em sua opinião, no entanto, a pozolana branca, também disponível naqueles locais, era inadequada para os mesmos fins¹⁴⁰⁵.

Jean-Baptiste de Romé de l'Isle ainda citou, além das pozolanas pretas, vermelhas e brancas, outros tipos existentes:

*“Les pouzzolanes grises, brunes, noires, jaunâtres, rougeâtres, &c. qui ne sont qu'un détritús de ces mêmes laves poreuses & cellulaires, passant avec le temps à l'état ocreux ou argileux, & dont on fait ce ciment si vanté pour les constructions sur l'eau”*¹⁴⁰⁶.

Sabe-se que há pozolanas de várias cores. A simplificação da indicação, por parte de alguns dos autores consultados, deve ter sido ocasionada pelo seu desconhecimento de muitas das variedades existentes. A cor, entretanto, não é responsável por diferenças no seu comportamento, porém dá indícios de proveniências diversas e outras diferenças, principalmente no que diz respeito à sua fase vítrea¹⁴⁰⁷.

No supracitado texto de De Romé de l'Isle, foi dito que as pozolanas terminavam por se converter em um pó argiloso vermelho ou amarelado, macio e untuoso ao tacto¹⁴⁰⁸.

Não ficou claro se o autor julgava que as pozolanas se transformavam ainda em seu estado natural ou após utilizadas na argamassa, nem a qual tipo específico se referiu. Pelos comentários feitos, a impressão que se teve foi que o material ao qual De Romé de l'Isle fez menção foi realmente uma argila.

7.2 – PÓ CERÂMICO

O pó cerâmico teve ampla utilização em argamassas, no decorrer dos séculos (il. 70). Referências a este ingrediente são encontradas na bibliografia, ao menos desde a época vitruviana, tendo sido frequentemente citado com a denominação de “ciment” ou “cymen”. O que variou, ao longo de todo este período, foi o tipo de cerâmica utilizada na pulverização (tijolos ou telhas, novos ou velhos), sua proporção, a inclusão, ou não, de outros componentes na mistura e o tipo de aglomerante usado.

¹⁴⁰⁴ Tanto para obras aquáticas como para aquelas em terrenos secos.

¹⁴⁰⁵ MASI, Girolamo, *Teoria e pratica di architettura civile*, Roma, Antonio Fulgoni, 1788. Cap. I, §I, p. 35.

¹⁴⁰⁶ DE ROMÉ DE L'ISLE, Jean-Baptiste, *Cristallographie*, 2ª ed., Paris, L'Imprimerie de Monsieur, 1783. t. II, p. 640, § III – Sublinhado do autor.

¹⁴⁰⁷ CHIARI, Giacomo et al, «Le malte pozzolaniche del mausoleo di Sant'Elena e le pozzolane di Torpignattara», *Materiali e strutture: problemi di conservazione*, Roma, L'Erma di Breschneider, 1996, n.º 1 (ano VI), p. 1-36. p. 7.

¹⁴⁰⁸ DE ROMÉ DE L'ISLE, Jean-Baptiste, *Cristallographie*, 2ª ed., Paris, L'Imprimerie de Monsieur, 1783. t. II, p. 656, § III.

Vitrúvio¹⁴⁰⁹, Faventino e Paládio Rutilio¹⁴¹⁰ aconselharam a adição do pó cerâmico para melhorar a qualidade da argamassa, se feita com areia de rio. Francesco di Giorgio Martini, no entanto, sugeriu uma mistura mais complexa envolvendo este componente, de modo a conferir certa impermeabilidade ao produto final, como pode ser constatado através da citação a seguir:

*“Si alcuno smalto, stucco o calcestruzzo overo lastrico fare vorremo, pigliarai polvare di tegole staia due, calcina staia due, scaglia di ferro staia mezzo. E questi intrisi e misti con dicozioni di bucce d’olmo. E cosi per tempo di di quindici rimenando imbeverando, dipoi smaltando quello che vuoi, colla cazzuola ogni giorno deffregando con morca d’olio o lardo per infin tanto vedrai che l’acqua rendr”*¹⁴¹¹.

Neste caso, entretanto, foi acrescentado, aparentemente com a intenção de melhorar o desempenho da mistura, o sedimento do azeite ou a gordura.

D’Aviler, seguindo as indicações vitruvianas, não recomendou o uso de solo nas argamassas, apenas do material cerâmico pulverizado, além da cal e da areia, quando a intenção fosse conferir hidráulidade à mistura¹⁴¹².

Ressalta-se que este autor era de mesma opinião que os que sugeriam preferencialmente o uso de pó de telha, ao invés de tijolos, e recomendou que fosse misturado com cal viva, na proporção 1:1,5 (cal, “ciment”). Este foi o primeiro autor estudado que fez referência explícita à mistura de pó de material cerâmico com a cal viva¹⁴¹³.

Sendo o pó um inerte, não deveria reagir, ao ser misturado com o óxido de cálcio, ao longo do processo de extinção deste. Logo, possivelmente não deveria haver diferença em misturar o pó com a cal viva, ou com a cal extinta.

Em vários textos antigos, principalmente dicionários especializados, como, por exemplo, naquele da autoria de Félibien, encontrou-se, acerca do uso do “ciment”, a seguinte informação:

*“...nostre [sic] ciment à faire du mortier, qui est de la tuile cassé...”*¹⁴¹⁴.

Já no dicionário de Belidor, a definição dada foi semelhante, mas no mesmo verbete, foi indicado que este material poderia ser empregue em argamassas em contacto com a água:

¹⁴⁰⁹ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. V, p. 44.

¹⁴¹⁰ PLOMMER, Hugh, *Vitruvius and later Roman building manuals*, Cambridge, The University Press, 1973. p. 37.

¹⁴¹¹ MARTINI, Francesco di Giorgio, «Architettura civile e militare», *Trattati di architettura, ingegneria e arte militare*, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. vol. I, p. 115/116 – Esta citação é similar à de Cataneo, indicada na nota 938, p. 191/192.

¹⁴¹² D’AVILER, Augustin Charles, *Cours d’architecture*, 3^aed., Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, p. 214.

¹⁴¹³ D’AVILER, Augustin Charles, *Cours d’architecture*, Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, p. 214 – “...il se broye avec de la chaux vive dont un tiers suffit sur deux tiers de ciment”.

¹⁴¹⁴ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l’architecture*, 3^a ed., Paris, la Veuve & Jean Baptiste Coignard fils, 1699. p. 376.

*“Ciment. C’est du tuileau concassé, qui mêlé avec de la chaux fait le meilleur mortier, & qui est d’un bon usage pour les ouvrages fondés dans l’eau”*¹⁴¹⁵.

Na bibliografia pesquisada foram ainda encontradas outras referências ao uso de material cerâmico moído nas argamassas, com a indicação que deveria ser oriundo de telhas, como no exemplo acima. Já em outros textos, como em *La science des ingenieurs*, do próprio Belidor, foi especificado que o material deveria provir de telhas velhas, bem cozidas, pulverizadas, sendo o pó passado por peneira de padeiro:

*“Celui qui sera employé aux renduits & citeraux, tant du dedans que du dessus, sera fait avec tuileaux de vieilles tuiles bien cuites, sans qu’il soit employé aucune brique; il sera bien battu, pulverisé, & passé au tamis du boulanger, & le mortier fait avec deux cinquièmes de chaux vive de Boulogne, & trois cinquièmes du dit ciment, le tout bien battu, & démêlé tous les jours consecutivement jusqu’à ce qu’il soit employé”*¹⁴¹⁶.

Notou-se a indicação do uso de cal viva no caso desta argamassa, feita com o traço 1:1,5 (cal, pó de telha)¹⁴¹⁷. O mesmo tipo de argamassa foi também recomendado em outros trechos de seu livro, com a mesma finalidade¹⁴¹⁸. Belidor indicou ainda o traço 1:1 (cal, pó de telha) para obras *“...qui ne sont point de la derniere conséquence, mais qui méritent pourtant quelqu’attention”*¹⁴¹⁹.

Em *Architecture hydraulique*, Belidor descreveu um engenho para o preparo do *“ciment”*¹⁴²⁰, apresentando inclusive uma gravura elucidativa do mesmo¹⁴²¹ (il. 71).

No preparo do *“ciment”*, certos autores recomendaram que fosse feito com o pó de tijolo, ao invés de ser usado pó de telha, como a maioria indicava. Foram levantadas algumas hipóteses para justificar a sugestão para o pó cerâmico ser obtido unicamente a partir da pulverização de telhas, e de preferência, velhas:

- Por ser um material que deveria sempre ter um melhor cuidado no preparo, no que diz respeito à moldagem e ao cozimento, já que teria que ser utilizado como agente de protecção contra a penetração da água nas construções, ou seja, em coberturas, revestimento de paredes sujeitas a constantes chuvas, sistemas e poços;
- Pela maior oferta do material;

¹⁴¹⁵ BELIDOR, Bernard Forest de, *Dictionnaire portatif de l’ingénieur*, Paris, Charles-Antoine Jombert, 1755. p. 65.

¹⁴¹⁶ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. VI, p. 76 – Esta informação consta das especificações para a cisterna de Calais.

¹⁴¹⁷ Neste caso, a areia não foi, ao menos aparentemente, incluída na mistura.

¹⁴¹⁸ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. IV, Cap. XII, p. 82 – Por exemplo, neste capítulo isto também ocorre.

¹⁴¹⁹ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. V, p. 15.

¹⁴²⁰ BELIDOR, Bernard Forest de, *Architecture hydraulique*, Paris, Jombert Jeune, 1782/1790. t. I, Parte I, L. II, Cap. III, p. 359.

¹⁴²¹ BELIDOR, Bernard Forest de, *Architecture hydraulique*, Paris, Jombert Jeune, 1782/1790. t. I, Parte I, L. II, Cap. II, Prancha 4, Fig. 5.

- Porque, talvez, por alguma razão, o material velho, intemperizado conferisse melhores propriedades à argamassa¹⁴²²;
- Se fossem usadas telhas novas, aparentemente se estaria desperdiçando mão-de-obra. Assim sendo, a telha só deveria ser usada após haver cumprido a sua função básica: cobrir os imóveis, impedindo o ingresso da água de chuva. O problema que podia ocorrer, neste caso, seria a introdução de sais solúveis na argamassa, caso as telhas fossem provenientes de coberturas nas proximidades do mar, zona rica em aerossol salino¹⁴²³;
- Por ser um material de pouca espessura, haveria possibilidade de ser mais bem queimado que o tijolo.

J. F. Blondel explicou que o “*ciment*” deveria ser de pó de telha, porque o tijolo era mais terroso que a telha. Deste modo, o seu pó não teria tanta capacidade de resistir a cargas. Logo, só deveria ser utilizado quando não houvesse telha disponível¹⁴²⁴.

Quanto à recomendação para o pó ser peneirado, dada por certos autores, era plenamente justificável: propiciaria uma maior homogeneização do produto final, e conseqüentemente, a argamassa apresentaria propriedades similares em sua totalidade.

Na opinião do autor do texto *Memoires critiques d'architecture*, já que a cal, sozinha, não servia para unir as pedras, podia ser misturada com o material cerâmico pulverizado, de modo a ter o seu uso viabilizado¹⁴²⁵. O “*ciment*”, em sendo constituído por pó cerâmico¹⁴²⁶, seria feito de terra alterada pelas chuvas, que lhe acrescentaria sais vitríólicos e de enxofre¹⁴²⁷, daí o produto reter a causticidade dos seus sais:

“Lá pulverisation ou le concassement du ciment luy donne different configuration; il est plein de pointes, sa substance est ferme; c'est pourquoy il ne s'écrasse point sous aucun autre mineral, il en soutien tout le poids; l'abondance de ses sels & la multiplicité de ses angles luy acquierent sa tenacité, & ils luy fournissent des moyens plus prompts & plus vifs de s'accrocher, c'est de cette vive adhesion, qu'est venu le proverbe, il bâtit à chaux et à ciment, parce qu'un ouvrage de cette sort est éternel”¹⁴²⁸.

O autor concluiu, pois, que o pó de telha, ao ser misturado com a cal, emprestar-lhe-ia a abundância de sais e sua dureza e, pelo facto de ser

¹⁴²² O material, por ser mais poroso, poderia dar origem a um pó mais macio. O problema seria a eventual presença de sais e de microorganismos, nunca mencionado nos textos consultados.

¹⁴²³ É comum, ainda hoje, quando as telhas fissuram, a penetração da água por estes pontos, carreando os sais solúveis eventualmente depositados em sua superfície para o interior da construção.

¹⁴²⁴ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, Cap. V, Art. III, p. 187.

¹⁴²⁵ A colocação do autor deste texto foi mal feita, pois uma argamassa feita simplesmente com cal e areia também estaria “viabilizada”.

¹⁴²⁶ No caso, foi indicado o uso de telha moída.

¹⁴²⁷ [FREMIN], *Memoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702. p. 105.

¹⁴²⁸ [FREMIN], *Memoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702. p. 108 – Sublinhado não existente no original.

multifacetado, melhora as características do material. Deste modo, se poderia obter uma obra de grande durabilidade.

Pensar-se que o “*ciment*” era composto por vários tipos de sais é apenas mais uma prova do desconhecimento da constituição dos diversos materiais usados na construção. Quanto à melhoria da qualidade da mistura devido à angulosidade apresentada pelas partículas de materiais cerâmicos, a observação faz sentido, pois propicia, de facto, uma maior aderência entre os componentes da argamassa.

Uma obra feita com bons materiais, realmente, possui grande durabilidade, daí o autor do texto acima transcrito ter feito alusão ao conhecido provérbio. Porém considerar a obra como eterna era um exagero que se admite somente como metáfora. No entanto, esta não foi a única referência encontrada dizendo que um determinado material poderia propiciar durabilidade infinita a uma edificação¹⁴²⁹.

O “*ciment*” foi material de ampla difusão até o século XVIII, sempre que se desejava conferir certa hidraulicidade a uma argamassa. Foi considerado por alguns autores contemporâneos, precisamente por esta sua propriedade, como um aditivo pozolânico. John Ashurst, por exemplo, afirmou o seguinte:

*“«Pozzolana» has become a generic name for any additive which will react with lime to produce a hydraulic set (...) Roman builders also used bricks, tiles and pottery crushed to dust and ground iron slag as «pozzolanic additives»”*¹⁴³⁰.

Através dos ensaios de capilaridade ascendente realizados no NTPR, concluiu-se que a função do pó cerâmico em uma argamassa, no sentido de evitar a penetração da humidade, não estava correlacionada à inibição da capilaridade¹⁴³¹, mas, sim, à distribuição da porosidade¹⁴³². Sabe-se que o tamanho problemático dos poros está compreendido entre 0,1 e 1 μ . A inclusão de pó cerâmico na mistura aparentemente é responsável pela redução da quantidade de poros com esta dimensão. Logo, a argamassa realmente resiste mais à acção da água, tomando-se menos susceptível à degradação dos sais, por cristalização.

Em Salvador, foram encontrados, nas escavações arqueológicas efectuadas no Forte de Santo Alberto, construção do período colonial, maciços de argamassas compostas por cal, areia e material cerâmico pulverizado. Estes maciços, que até hoje se apresentam bastante íntegros, foram executados nas plataformas das canhoneiras, de modo a absorverem o impacto transmitido às carretas pelos disparos dos canhões. Esta é uma prova concreta da utilização da argamassa com

¹⁴²⁹ Considerações similares acerca da pedra lioz foram feitas às p. 109 e 147 desta tese, no capítulo que diz respeito às rochas.

¹⁴³⁰ ASHURST, John, *Mortars, plasters and renders in conservation*, Londres, EASA/RIBA, 1983. p. 12.

¹⁴³¹ OLIVEIRA, Mário M. de, SANTIAGO, Cybèle C., AMARAL, Allard M. do, MONTEIRO, Tersandro Paes do R., «Soil-containing mortars in the restoration of monuments», Texto apresentado no IV ICAN, Cancún, 1995.

¹⁴³² OLIVEIRA, Mário M. de, SANTIAGO, Cybèle C., JESUS, José Augusto Brito de, OLIVEIRA, Teresa Cristina M. de, «Argamassas bastardas: origens e propriedades», *Actas da 2ª Semana Pensando em Argamassas*, Salvador, DCTM/EPUFBA, Março/96, p. 24-34. p. 29.

pó cerâmico, mas não se tentou avaliar, na época em que foram feitos os ensaios, há cerca de dez anos, qual a proveniência do dito pó.

7.3 – TERRAÇOS FLUVIAIS DO BAIXO RENO

Este ingrediente, mencionado por vários autores franceses e italianos do século XVIII, aparentemente ainda não foi estudado pelos investigadores contemporâneos que estão envolvidos com a constituição das argamassas antigas. Ao menos não se encontrou em livros, revistas especializadas, nem nas actas de congressos recentes sobre o assunto nada especificamente a este respeito¹⁴³³. Tampouco se conseguiu descobrir investigações em andamento no Centro Gino Bozza (CNR-Milão), no laboratório da Superintendência dos Bens Históricos e Artísticos (Veneza) e no LNEC. No entanto, em um texto de finais do século XIX, da autoria de Castanheira das Neves, foi citado um material que teria propriedades similares às pozolanas, e que deveria ser este ao qual se faz referência neste item:

“...«trass» de Holanda (rocha feldspathica muito abundante nas margens do Reno...)”¹⁴³⁴.

A definição dada por Belidor, em *La science des ingenieurs*, para este material, foi a seguinte:

“Terrasse de Holande. C’est une espèce de poudre fait d’une terre qui se trouve assez près du bas Rhin en Allemagne & aux environs de Cologne; on la cuit comme le plâtre; & on la réduit ensuite en poudre. Cette poudre est excellente pour la composition du mortier quand on veut bâtir dans l’eau”¹⁴³⁵.

Além disto, neste texto foi informado que os terraços fluviais do Baixo Reno se constituíam num material cinza e, quando puro – o que era raro, no entender de Belidor – era óptimo para obras aquáticas e para resistir às intempéries.

No dicionário do próprio Belidor, texto publicado vinte e seis anos depois de *La science des ingenieurs*, também se encontrou exactamente a mesma definição¹⁴³⁶, o que prova que este material, com propriedades hidráulicas, ainda era empregue, ao menos em França, naquele período.

A preparação de uma argamassa com tal produto era feita colocando-se uma camada do mesmo sobre uma camada de cal viva, previamente molhada. Após um repouso de dois a três dias, misturava-se tudo¹⁴³⁷.

¹⁴³³ Como exemplo de congressos cujas actas foram consultadas, citam-se: Simpósio do ICCROM (1981), congressos da RILEM (1990, 1993), congressos sobre degradação e conservação da pedra (1994, 1996).

¹⁴³⁴ CASTANHEIRA DAS NEVES, J. da P., «Estudo sobre algumas caes hydraulicas e magnesianas nacionaes», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Lisboa, t. XXIII, Jul./Set. 1892, n.º 271 a 273. p. 207-304. p. 208.

¹⁴³⁵ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. IV, p. 12.

¹⁴³⁶ BELIDOR, Bernard Forest de, *Dictionnaire portatif de l’ingénieur*, Paris, Charles-Antoine Jombert, 1755. p. 306.

¹⁴³⁷ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. V, p. 16.

Como é possível constatar, os terraços fluviais do Baixo Reno entravam na argamassa em substituição da areia, apesar de se ter, pela simples leitura da definição dada por Belidor, a impressão de que o material seria um aglomerante hidráulico, e não um agregado¹⁴³⁸.

J. F. Blondel, por sua vez, descreveu o “terrasse” como sendo:

“...une pierre de couleur grisâtre, qu'on trouve près du Bas-Rhin, en Allemagne, & dans les Pays-Bas. Celle-ci si prépare comme le plâtre, & on l'écrase ensuite pour la détremper avec de la chaux”¹⁴³⁹.

No texto atribuível a Milizia, publicado em 1785, também foram encontradas informações a respeito do uso deste material:

“Ne' contomi di Colonia e del basso Reno si usa una specie di polvere grigia, detta terrazza di Olanda, e si fa di una terra, che si cuoce e si macer come il gesso (...) Anche i ciotoli di qualunque luogo roventati, e ridotti in polvere, danno una specie di terrazza d'Olanda, che unita colla calce fa un ottimo cemento”¹⁴⁴⁰.

Por mais de meio século, pelo menos, este material foi utilizado na confecção de argamassas. Supõe-se que os chamados terraços fluviais do Baixo Reno deveriam consistir em tufo ou lava vulcânica, já que a bacia do Reno é rica nesse tipo de rocha, ou então eram materiais similares ao “trass”. Castanheira das Neves, por exemplo, citou o “«trass» de Holanda”, como visto na página anterior. Sendo assim, poderia ser incluído no rol das pozolanas naturais. Levanta-se a hipótese que o “trass” de Andernach, mencionado por Leduc¹⁴⁴¹, fosse o mesmo produto.

7.4 – CINZAS DE TOURNAI

De acordo com os ensinamentos de Belidor, o material conhecido como “cinzas de Tournai” era muito utilizado em argamassas, na sua época. Entretanto, ninguém havia explicado bem suas propriedades até então. Por esta razão, tal engenheiro militar se propôs a dar algumas informações a respeito do assunto. Estas informações constam tanto do livro *La science des ingenieurs*, quanto do *Dictionnaire portatif*. A definição apresentada por Belidor foi a seguinte:

“Cendrée de Tournai. Les environs de Tournai fournissent une pierre très-dure, dont on fait une chaux excellente. Quand cette pierre est dans le four, il s'en détache de petites parcelles qui tombent sous la grille, où elles se mêlent avec la cendre du charbon de terre; et comme cette cendre n'est autre chose que de petites parcelles de houille calcinée, c'est le mélange qui s'en fait qui

¹⁴³⁸ Isto porque foi informado que o material era submetido a queima e reduzido a pó.

¹⁴³⁹ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VII, t. V, Cap. V, Art. IV, p. 193.

¹⁴⁴⁰ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, p. 41.

¹⁴⁴¹ Ver p. 284 desta tese, trecho correspondente à nota 1400.

*compose ce qu'on appelle cendrée de Tournai, qui se débite telle qu'on la tire du four*¹⁴⁴².

Belidor ensinou, ainda, que as cinzas de Tournai eram ótimas para obras aquáticas, pelo facto do material apresentar similaridades à mistura de cal com carvão ou “*mache-fer*” pulverizados. Ambas as argamassas compostas com estes ingredientes teriam, pois, boa hidraulicidade.

O material foi definido de maneira similar no texto setecentista atribuível a Milizia¹⁴⁴³ e, também, no dicionário de Bouillet, do século XIX, como pode ser verificado a seguir:

*“...mélange de pierre à chaux calcinée et de cendres de charbon de terre, qui sert de ciment pour les coupelles et qu'on emploi aussi quelquefois comme ciment hydraulique”*¹⁴⁴⁴.

As cinzas de Tournai consistiam, provavelmente, em uma mistura de “*pierre bleu*” de Tournai com hulha, calcinadas em conjunto. Infelizmente, nenhum dos especialistas no estudo de rochas e argamassas antigas contactados conhece o material, e até o momento, não se encontrou informação escrita a respeito de suas análises. Deste modo, deve-se aceitar as definições encontradas nos livros e conjecturar sobre o assunto:

- Sendo a “*pierre bleu*” de Tournai um calcário sem peculiaridade alguma, ou seja, que não apresenta constituintes que o diferenciam de outro qualquer, esta mistura provavelmente deve ter existido em outros locais, em decorrência da calcinação de outros tipos de calcários usando-se a hulha como combustível;
- Seria possível, através de alguma análise química ou microscópica, identificar as cinzas de Tournai dentro de uma argamassa, ou simplesmente se constataria ser uma argamassa com certa hidraulicidade? Talvez só se pudesse verificar a hidraulicidade da mistura. Não se pode afirmar isto, ao certo, sem o auxílio de ensaios laboratoriais. Existe, por exemplo, a possibilidade de, por meio da combinação de análises diversas¹⁴⁴⁵, concluir-se exactamente que este material estava presente em alguma amostra de argamassa antiga. Como, aparentemente, ninguém o conhece, seria necessário preparar-se algumas amostras conforme as descrições encontradas na bibliografia de modo a proceder-se uma análise comparativa. Dada a complexidade do assunto, não se realizaram no âmbito desta investigação. Mas seria importante o seu estudo, especialmente no sentido de propiciar um melhor conhecimento das argamassas antigas.

¹⁴⁴² BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. III, Cap. V, p. 16 // *Dictionnaire portatif de l'ingénieur*, Paris, Charles-Antoine Jombert, 1755. p. 54.

¹⁴⁴³ [MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. III, p. 41.

¹⁴⁴⁴ BOUILLET, M. N., *Dictionnaire universel des sciences, des lettres et des arts*, 12ª ed., Paris, Hachette et C^{ie}, 1877. p. 289.

¹⁴⁴⁵ Análise química e análise petrográfica, por exemplo, como no caso da identificação da pozolana.

8 – MADEIRA

8.1 – ASPECTOS HISTÓRICOS

Material de construção que teve ampla aplicação em grande parte do globo terrestre, durante muitos séculos, por ser encontrado em abundância na natureza, a madeira, hoje em dia, é um produto raro, em alguns locais, devido à exploração predatória.

Os países europeus praticamente já acabaram com suas reservas florestais, e contribuíram muito para devastar as matas de suas antigas colônias, situadas geralmente em zonas equatoriais e tropicais, regiões cujas madeiras são normalmente de melhor qualidade, de maiores dimensões e variedade. Assim sendo, são poucas as áreas do globo que ainda conservam suas florestas nativas. Algumas delas, como a Região Amazônica ou a Mata Atlântica, no Brasil, possuem sua exploração controlada por lei, apesar de muitos serem os violadores das normas que, em proveito próprio, resolvem empreender a devastação de grandes áreas. Por esta razão, os habitantes dos países em desenvolvimento são, por vezes, taxados como os responsáveis pela destruição dos remanescentes de florestas disponíveis.

Com relação à legislação existente no Brasil direcionada a impedir a exploração irracional das espécies florestais úteis, há registo que, ao menos desde o século XVIII, diversas tentativas foram feitas nesse sentido¹⁴⁴⁶. Outros documentos, que não tinham força de lei, foram escritos neste sentido e emitidos à Coroa Portuguesa, chamando a atenção para o facto. Como exemplo, cita-se a memória sobre as madeiras das matas do termo da vila de Cachoeira (Bahia)¹⁴⁴⁷, redigida pelo Juiz de Fôra¹⁴⁴⁸ Joaquim Amorim de Castro (1750-1818), em 1790, para D. Maria I¹⁴⁴⁹ (1734-1816).

Foram encontradas inúmeras referências sobre a madeira como material de construção em textos anteriores ao século XVIII. Cuidados com a produção¹⁴⁵⁰, indicação empírica das características mecânicas das espécies conhecidas, usos recomendados e alguns cuidados de projecto, de modo a assegurar-se uma maior durabilidade do material, foram alguns dos tópicos frequentemente abordados.

Só a partir do século XVIII, no entanto, é que foram efectuados registos sistemáticos de ensaios de peças de madeira visando averiguar sua resistência com maior precisão, para que se pudesse utilizar o material da maneira mais racional possível. Os primeiros ensaios dos quais se encontrou referência foram

¹⁴⁴⁶ Regimento da conservação das matas e corte das madeiras (AHU, CA, Bahia, vol. IV, Doc. n.º 20862), Carta Régia de 13/Março/1797 e *Bando Real*, assinado por D. Maria I (AHU, CA, SP, p. 256/257, Cx. 44, Doc. n.º 3507), são alguns exemplos de documentos encontrados que abordam o assunto.

¹⁴⁴⁷ AHU, CA, Bahia, vol. III, Doc. n.º 13769 (anexo ao Doc. n.º 13766).

¹⁴⁴⁸ Juiz conservador das matas.

¹⁴⁴⁹ Vigésimo sexto soberano do Reino Português. sendo a primeira rainha que exerceu o poder. Reinou desde a morte de D. José, em 1777, até 1799, quando D. João VI assumiu a regência.

¹⁴⁵⁰ Cuidados com a secagem da madeira antes de utilizá-la na construção, além de indicações quanto à época ideal para o seu corte.

realizados em França por Parent e pelo suíço Jakob Bernouilli (1654 ou 1655-1705), tendo sido publicados nas *Mémoires de l'Académie des Sciences*, em 1707. Ainda no século XVIII, Belidor, autor muito adoptado em todas as aulas de ensino militar em Portugal e no Brasil, reproduziu em dois de seus livros vários destes ensaios¹⁴⁵¹. Em 1773, o sábio físico francês Charles Auguste de Coulomb (1736-1805) levantou hipóteses sobre a resistência dos materiais. Antes dele, porém, o cientista italiano Galileo Galilei¹⁴⁵² (1564-1642), o físico francês Edme Mariotte¹⁴⁵³ (c. 1620-1684) e o físico inglês Robert Hooke¹⁴⁵⁴ (1635-1703), dentre outros, já haviam iniciado estudos sobre o tema. Stephan Timoshenko (séc. XX) informou que, no final do século XVII, eram geralmente usadas as expressões de Galileo no cálculo da resistência de materiais quebradiços e as de Mariotte no caso do cálculo da resistência da madeira¹⁴⁵⁵.

Era comum, já no século XVIII, o estudo dos materiais – dentre os quais a madeira está obviamente incluída – serem feitos por engenheiros militares (como Belidor). Estes profissionais objectivavam a utilização da madeira em projectos de carácter militar, ou mesmo na indústria voltada para a guerra, como, por exemplo, na construção de navios ou reparos de canhões.

No presente capítulo, encontram-se citações sobre a construção de reparos e de outras máquinas de guerra, pontes e armazéns para a estocagem de pólvora, em casos específicos que tais passagens dizem respeito à conservação ou à caracterização mecânica das madeiras, em geral, podendo por conseguinte ser consideradas como válidas para a madeira como material de construção.

Quanto aos ensaios cujas referências foram encontradas nos documentos consultados, algumas considerações vão ser feitas sobre o tema, a título de ilustração, mas a abordagem não será muito profunda, tendo em vista que o estudo da resistência dos materiais, por si só, não é objecto específico desta investigação.

O primeiro uso da madeira na construção, conforme referido na bibliografia estudada, deu-se sob a forma de ramos no seu estado natural. Os ramos funcionavam como estrutura de cabanas, sendo associados à terra, à pele de animais ou à palha, produtos facilmente encontrados na natureza e que, juntos, propiciavam a protecção do morador da acção dos agentes climáticos.

Posteriormente, as peças de madeira passaram a ser aparelhadas nas formas e dimensões desejadas (il. 72 a 74), sendo inclusive encontradas na bibliografia indicações relacionadas a maneiras racionais de proceder-se o corte das toras. Tais peças podiam ser usadas como fundação, estrutura de telhados e

¹⁴⁵¹ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingénieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L.IV, Cap. II/III, p. 8-31 // BELIDOR, Bernard Forest de, *Architecture hydraulique*, Paris, Jombert Jeune, 1782-1790. t. I, Parte II, L. I, Secção III, p. 92-102.

¹⁴⁵² Em seu texto *Dialogos*, de 1638.

¹⁴⁵³ Investigações desenvolvidas em torno de 1675.

¹⁴⁵⁴ HOOKE, Robert, *Philosophical tracts and collections*, Londres, s. n., 1678.

¹⁴⁵⁵ SANTIAGO, Cybèle Celestino, MIRANDA, Murilo Alves, «Caracterização de madeiras brasileiras: estudo de caso do século XVIII», *Actas do VI EBRAMEM*, UFSC, 1998, p. 77-89. p. 79/80.

de paredes¹⁴⁵⁶, no revestimento de pisos, paredes e tectos, em coberturas, em esquadrias, escadas, mobiliário, talha e similares.

Como material coadjuvante na construção, a madeira era – e é ainda – utilizada em formas (para taipas e adobes, por exemplo), como escoramento e na execução de andaimes. Actualmente, no entanto, a madeira pode ser também encontrada sob a forma de lâminas compensadas ou aglomerados, o que não existia no período investigado. O mesmo sucede com seu uso na confecção de lavatórios, ocasião em que recebe uma protecção de produtos especiais.

Dantes, a madeira também podia ser usada tanto ao natural, quanto com alguma camada protectora. Nos casos de adopção do material aparente, tirava-se em geral partido da sua coloração e textura, que normalmente variam de uma espécie para outra. O material podia ser protegido por vernizes e, outras vezes, quando não se desejava deixá-lo à mostra ou tencionava-se conferir-lhe uma maior durabilidade, era coberto por pinturas. Podem, por conseguinte, ser encontradas, em textos antigos, receitas de materiais utilizados para esses fins.

8.2 – CLASSIFICAÇÃO

Um problema comum, ao procurar-se entender o que foi dito pelos antigos, é saber especificamente sobre que tipo de árvore se pensava ao atribuir-lhe determinadas características.

João Stooter¹⁴⁵⁷, por exemplo, um estrangeiro que escreveu, em Portugal, na primeira metade do século XVIII, um texto interessante, rico em informações sobre tintas, colas e vernizes, mostrou a sua perplexidade quanto à inexistência de uma nomenclatura adequada à identificação das madeiras:

*“...em Portugal pello nome pão preto, se emtende, & comprehende, muitas qualidades de madeira do Brazil (...) & esta generalidade, fas huma bem grande confuzão, a falta de nomes certos a cada madeira, para uma clara expreção...”*¹⁴⁵⁸

Realmente, só com a introdução, por Lineu, em 1753, da nomenclatura binária para plantas, codificada na *Philosophia botanica*, de 1751, é que foi possível coordenar e sistematizar as diversas espécies até então conhecidas, assim como inúmeras outras que foram descobertas posteriormente¹⁴⁵⁹. No entanto, até mesmo hoje em dia, é ainda difícil, ou melhor, é às vezes impossível, indicar-se as características mecânicas de uma determinada madeira, tendo por base apenas a sua nomenclatura vulgar, caso não se tenha ao menos uma amostra do vegetal à mão. Isto porque uma mesma denominação pode abranger árvores de famílias

¹⁴⁵⁶ Associadas a outros materiais, como terra crua, materiais cerâmicos, pedra, estuque.

¹⁴⁵⁷ Nascido em Anveres, este autor era “*perito no lavar e rachar diamantes*”, como informado na introdução de seu texto *Arte de brilhantes vernizes*.

¹⁴⁵⁸ STOOTER, João, *Arte de brilhantes vernizes*, Anveres, Viúva de Henrico Verdussen, 1729.

p. 1 – Grafia original.

¹⁴⁵⁹ ENCICLOPEDIA ITALIANA di scienze, lettere ed arti, Roma, Istituto G. Treccani, 1934. vol. XXI, p. 215/216.

diversas, e muitas das características mecânicas correspondentes aos membros destas famílias são por vezes bastante diferentes.

Conhece-se pelo nome de jacarandá, por exemplo, os seguintes vegetais, que apresentam características diversas: *Cybista antispyhilitica* e *Jacaranda cuspidifolia* (família: Bignoniaceae); *Dalbergia miscolobium*, *Dalbergia nigra*, *Dalbergia villosa* e *Platymiscium floribundum* (família Leguminosae-Papilionoideae)¹⁴⁶⁰. Além do mais, há também uma variação muito grande entre as nomenclaturas vulgares, de região para região, mesmo dentro de um único país.

Dalbergia nigra, por exemplo, além de ser um vegetal identificado simplesmente por jacarandá, é também conhecido por vários outros nomes vulgares: jacarandá-da-Bahia, jacarandá-preto, caviúna, cabiúna, cabiúna-rajada, cabiúna-do-mato, caviúno, jacarandá-cabiúna, jacarandá-caviúna, jacarandá-una, pau-preto, graúna e jacarandazinho¹⁴⁶¹.

A título de exemplificação de dificuldades encontradas quando da identificação das características de madeiras citadas por nomes vulgares nos documentos consultados, observe-se a tabela 4 (anexo 9). Verifique-se que, no intuito de encontrar a correspondência entre os dados fornecidos na tabela das madeiras ensaiadas pelo Coronel Theodósio da Sylva Reboxo, no século XVIII, na Bahia (anexo 10) e os valores actuais, teve-se que apresentar, ao invés de um, diversos valores. Isto precisamente por não se ter certeza, ao certo, sobre quais os tipos de madeiras estudados, na época¹⁴⁶².

Quanto às madeiras mencionadas por Vitruvius, chama-se a atenção para eventuais divergências entre as várias traduções dadas para as denominações encontradas no texto latino, no decorrer dos séculos. Muitas de tais traduções basearam-se em suposições dos comentaristas do seu texto, como pôde ser verificado quando da leitura dos mesmos¹⁴⁶³. Nesse sentido, optou-se por fazer o tabelamento das mesmas, conforme as edições consultadas (tabela 5, anexo 11). No caso da tradução portuguesa, por exemplo, destaca-se que, segundo Carlos Antero Ferreira, Pedro Nunes teria traduzido o texto de Vitruvius para o português, em 1541. Esta edição, infelizmente desaparecida, seria muito importante para efeitos de comparação com a única conhecida neste idioma, recentemente traduzida por Helena Rua: por ter sido feita no século XVI e a partir do latim, talvez apresentasse diferenças semânticas da edição recente, ora utilizada.

Com a finalidade de facilitar a comparação entre os diversos tipos, foi criada uma outra tabela, comentada (tabela 6, anexo 12). Nesta tabela foram indicadas as

¹⁴⁶⁰ LORENZI, Harri, *Árvores brasileiras*, Nova Odessa (São Paulo), Plantarum, 1992. p. 36, 38, 199, 200, 201 e 223, respectivamente.

¹⁴⁶¹ Somente dentro de uma região do Brasil, por exemplo, estas variações podem ser sentidas.

¹⁴⁶² Note-se que, em alguns casos, não foi possível sugerir valor algum: não se conseguiu concluir que madeiras eram aquelas indicadas por determinados nomes vulgares em voga no século XVIII na Bahia, pois tais designações são hoje desconhecidas no Brasil.

¹⁴⁶³ FERREIRA, Carlos Antero, «Mathias Ayres, tratadista do Problema de arquitectura civil no séc. XVIII português», *Belas-Artes: Revista e Boletim da ANBA*, Lisboa, ANBA, 1985, 3ª série, n.º 7, p. 177-197. p. 189.

suas características, sua constituição com base nos quatro elementos e, eventualmente, seu uso, conforme Vitruvius¹⁴⁶⁴.

Numa memória oitocentista, foi mencionada a necessidade de criar-se um arquivo no Arsenal do Rio de Janeiro, o qual deveria possuir uma colecção de amostras de madeiras (xiloteca), tanto brasileiras, quanto estrangeiras, o mais vasta possível. O autor do texto informou, inclusive, já dispor, na ocasião, de uma colecção de dimensões reduzidas das madeiras *“da provincia do Rio de Janeiro para serem analizadas, e classificadas, e arranjadas segundo a ordem, que se observa nos grandes arsenaes da Europa”*¹⁴⁶⁵.

Havia, na época, interesse na identificação sistemática dos espécimes vegetais que podiam fornecer a madeira. Infelizmente, não foi localizada nenhuma colecção de amostras, de modo a verificar-se como elas haviam sido analisadas e classificadas. No entanto, se realmente fosse encontrado algo semelhante, possivelmente ao menos alguns problemas com a identificação dos tipos de madeira usados outrora podiam ser sanados. Principalmente se a classificação tivesse realmente sido feita por região.

8.3 – PROPRIEDADES

Algumas observações interessantes acerca das propriedades das madeiras foram dadas por Negreiros:

“De huma mesma arvore, a madeira mais perto da raiz he muito mais dura, e m^{to} mais resistente, da que fica mais para a ponta della.

Toda a madeira pelo comprimento da sua fevra, ou seja de sua veia, he mais resistente do que pela sua largura.

*Toda a madeira, quanto mais pezada for sendo bem sêca, he mais compacta, e por consequencia muito melhor pela sua duração”*¹⁴⁶⁶.

Este autor tinha razão ao fazer tais afirmações: a madeira mais pesada e a mais próxima da raiz são mais resistentes, assim como no sentido do comprimento das suas fibras. A madeira mais pesada quando seca, é realmente mais compacta e mais durável. O engenheiro e horticultor francês Henri-Louis Duhamel Du Monceau (1700-1781), num dos seus livros, apresentou uma série de experiências feitas com o objectivo de provar as mesmas suposições¹⁴⁶⁷.

Segundo Félibien, Plínio declarou que o cedro era um material de durabilidade tão grande que parecia não acabar¹⁴⁶⁸. Quanto a este aspecto, sabe-

¹⁴⁶⁴ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IX, p. 58 a 61.

¹⁴⁶⁵ AHM, «Memoria estatístico-económico-administrativa sobre o Arsenal do Exercito» (1822), *Boletim do AHM*, 1939, vol. IX, p. 91-119. p. 106, § 54º.

¹⁴⁶⁶ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 52 – Grafia original.

¹⁴⁶⁷ DUHAMEL DU MONCEAU, Henri-Louis, *De l'exploitation des bois*, Paris, H. L. Guerin & L. F. Delatour, 1764. Parte I, L. V, Cap. V, p. 689.

¹⁴⁶⁸ FÉLIBIEN, André, *Des principes d'architecture*, 3ª ed., Paris, la Veuve & Jean Baptiste Coignard Fils, 1699. L. II, Cap. III, p. 225.

se que se deve, em grande parte, à resina existente em tal tipo de madeira, que além de ser amarga, apresenta um odor muito forte, e afugenta os térmitas¹⁴⁶⁹, o que o próprio Vitruvius já havia ensinado. No entanto, em países de clima tropical, a essência desaparece com o passar do tempo, e o material é então destruído pelos xilófagos, que nestas zonas existem em profusão devido ao calor e à humidade¹⁴⁷⁰. Exemplos podem ser vistos tanto em detalhes construtivos, quanto em estatuária.

Já se teve a oportunidade de verificar, no Brasil, que obras de talha e escultura com mais de duzentos anos, executadas nessa madeira, sofreram grandes danos devido ao ataque por parte desses seres. Isto se deu exactamente porque, após este período, o princípio activo havia desaparecido. Há alguns anos, por exemplo, ao proceder-se a conservação e o restauro da talha dourada da Igreja de São Francisco, em Salvador, em certas partes só sobraram as folhas de ouro utilizadas em seu douramento e a base, pois a madeira não mais existia.

Com relação à construção de navios a serem usados na guerra, Vegécio recomendou que fossem feitos em cipreste, pinho, lariço e abeto¹⁴⁷¹. Logo, estas eram madeiras que apresentavam, no seu entender, boa durabilidade à água¹⁴⁷². Tais madeiras também eram usadas na construção, sendo normalmente recomendadas para sítios húmidos, conforme foi comprovado através da bibliografia: o lariço, por exemplo, foi usado nas fundações de Veneza¹⁴⁷³; o álamo preto, nas fundações de Ravena¹⁴⁷⁴; o pinho, nas construções da Baixa Pombalina, em Lisboa, de acordo com Jozé Manuel de Carvalho Negreiros¹⁴⁷⁵, Francisco Luiz Pereira de Sousa e Vieira da Silva¹⁴⁷⁶, José Sidónio Brazão Farinha¹⁴⁷⁷ (séc. XX), e

¹⁴⁶⁹ ONO, Ricardo, *Identificação biológica em estatuária sacra para fins de conservação*, Salvador, MAU/UFBA, 1996. Dissertação de mestrado (policopiada). p. 69 – Esse investigador ferveu água a conter alguns cubos de cedro e bebeu o líquido resultante, constatando ser efectivamente uma bebida amarga.

¹⁴⁷⁰ OLIVEIRA, Mário Mendonça de, *Tecnologia da conservação e da restauração*, Salvador, MAU/PNUD-UNESCO, 1995. Parte I, Cap. VII, p. 74/75 – Existem no Brasil, por exemplo, quatro famílias de isópteros (Ordem Isoptera), cada uma com mais de 2.000 espécies, enquanto que os coleópteros (Ordem Coleoptera) chegam a 350.000 espécies.

¹⁴⁷¹ VEGECIO, Flavio, *De re militare: instituciones militares*, trad. de Jose Maria de Castro y Calvo, Barcelona, Casa Provincial de Caridad, 1945. L. V, Cap. III, p. 413.

¹⁴⁷² Curiosamente, Vitruvius mencionou que o lariço afundava. Talvez estes autores tenham se referido a madeiras diferentes, mas que apresentavam denominações iguais.

¹⁴⁷³ MENICALI, Umberto, *I materiali dell'edilizia storica: tecnologia e impiego dei materiali tradizionali*, Col. Supermanuali, vol. III, Roma, La Nuova Italia Scientifica, 1992. Cap. VI, p. 184 – Este autor, por exemplo, informa que o lariço é uma madeira muito resistente, tanto em obras submersas, quanto naquelas sujeitas a oscilações de ciclo seco-húmido.

¹⁴⁷⁴ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IX, p. 60.

¹⁴⁷⁵ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 37.

¹⁴⁷⁶ Conforme FRANÇA, José Augusto, *Lisboa pombalina e o iluminismo*, Lisboa, Livros Horizonte, s.d. Cap. III, p. 108 – “Esta [a cidade de Lisboa], na sua parte central, era reedificada sobre pilares invisíveis, separados por intervalos de 30 centímetros, num pinho que a impregnação dos sais da água [do Tejo, que era um perigo constante para as habitações] tornava incombustível e imputrescível”.

¹⁴⁷⁷ FARINHA, José Sidónio Brazão, *O metropolitano e a Baixa de Lisboa*, Lisboa, Metropolitano de Lisboa, 1995. Cap. IV, p. 19.

Vítor Santos¹⁴⁷⁸ o que pode, hoje em dia, inclusive, ser comprovado por meio da visita de qualquer interessado ao Núcleo Arqueológico da Rua dos Correeiros, já que nas escavações foram deixadas à vista algumas das estacas encontradas (il. 75a).

No LNEC, teve-se a oportunidade de verificar o estado óptimo de conservação em que se encontra uma estaca pombalina, recolhida para fins de estudo. A olho nu não pôde ser notado, na peça, após todos estes anos, dano algum decorrente da presença da humidade, assim como também não se encontrou vestígio de elemento metálico porventura outrora existente acoplado à mesma com a finalidade de facilitar a sua cravação no terreno¹⁴⁷⁹ (il. 75b a 78).

Negreiros sugeriu que, no caso de areais húmidos ou terrenos paludosos, fossem feitos alicerces sobre estacaria de pinho verde, imediatamente após o corte, *“de sorte que a agoa lhes exceda na altura hum palmo e trez quartos, que he as duas grossuras”*. Segundo este autor, o pinho verde, quando em ambiente húmido, duraria séculos, enquanto que o ferro, na mesma situação, se degradaria rapidamente¹⁴⁸⁰.

Apesar de Negreiros ter dito anteriormente que só se devia usar madeira quando não houvesse disponibilidade de outro material, teve bom senso ao recomendar seu uso, nesta circunstância: o pinho realmente resiste mais do que o ferro na água.

Já Valério de Oliveira, ao tratar das fundações, disse o seguinte:

*“...se o lugar não for muito solido, aonde havemos de edificar, ou de má disposição para confiarmos nelle, se poderá meter estacaria de madeira de carvalho, ou de oliveira, que esta madeira subterrada debaixo da terra dura muitos annos, com sua grade muito forte por cima, com o mayor, e mais grosso lagedo, que houver, e se achar, e se der em agua, seja a estacaria de madeira de pinho da terra mansa, de que hoje usamos, e o mais fica na boa eleição, e disposição do artifice...”*¹⁴⁸¹

Notou-se, pois, que esse português igualmente recomendou o uso do pinho em locais húmidos, enquanto que em locais secos indicou a madeira de carvalho ou de oliveira. Tais madeiras, realmente, prestam-se para estas finalidades.

¹⁴⁷⁸ SANTOS, Vítor Manuel V. Lopes dos, *O sistema construtivo pombalino em Lisboa em edifícios urbanos agrupados de habitação colectiva*, Lisboa, Fac. de Arquitectura da Universidade Técnica, 1994. Tese de doutoramento (policopiada). Parte II, Cap. IV, p. 15.

¹⁴⁷⁹ FARINHA, José Sidónio Brazão, *O metropolitano e a Baixa de Lisboa*, Lisboa, Metropolitano de Lisboa, 1995. Cap. IV, p. 19 – Este autor também informou não terem sido encontrados vestígios de elementos metálicos nas estacas pombalinas descobertas por ocasião das escavações para a implantação do metro na Baixa de Lisboa.

¹⁴⁸⁰ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 37 e 39 – Grafia original.

¹⁴⁸¹ OLIVEIRA, Valério Martins de, *Advertencias aos modernos*, Lisboa, Antonio da Sylva, 1748. p. 28/29.

Em um documento setecentista da autoria de Jozé António de Macedo¹⁴⁸², falou-se que o pinho era tão, ou mais resistente, que o bordo holandês. Não ficou claro, no texto, a qual pinho o autor se referiu, se ao bravo, ao manso ou ao silvestre. Acredita-se ter sido ao bravo, pois dentre os três tipos foi o que teve mais ampla utilização na construção, na época.

No Brasil, a beriba era a madeira usada nas fundações, em terrenos secos, até pouco tempo atrás, antes de utilizar-se para esse fim estacas de betão, ou estacas metálicas. Em alguns casos, a depender do tipo de terreno, costumava-se utilizar estacas de madeira com ponta metálica, o que foi mencionado por Negreiros como prática em Lisboa, em finais do século XVIII. Por vezes acoplava-se um anel também metálico na extremidade superior da estaca, de modo a propiciar maior facilidade de cravação, evitando o fendilhamento com os golpes do "bate-estacas"¹⁴⁸³.

Com relação à construção de uma ponte para a fábrica de pólvora de Beirolas, encontrou-se a informação seguinte:

*"...em estacaria, bem he verdade se poderá fazer com menos despeza; mas este será de pouca duração pela repentina mudança de seccar, e molhar; em razão, de que na baixa mar os raios do sol, seccando a madeira, a penetrão, rechão, e fazem apodrecer, tirando-lhe a sua substancia. Poderá dizer-se, que a pratica, e a experiencia tem ensinado alguns remedios para conservar a madeira em semelhantes lugares muito mais tempo; porém pelo tempo adiante fica sujeita à podridão"*¹⁴⁸⁴.

Mais uma vez notou-se a preocupação dos antigos com a durabilidade da obra, assim como verificou-se que a observação feita era pertinente: certas madeiras, se completamente submersas, podem resistir por muito tempo. Caso utilizadas numa situação em que houvesse alternância de ciclos seco-húmido, fatalmente a zona sujeita a esta variação de condição higroscópica iria se degradar. Inclusive, o local seria atacado por cracas ou gusanos, que se encarregariam de acelerar o processo. A maior ou menor duração da peça, sem necessidade de substituição, iria depender do tipo de madeira empregue, da sua secção e do tipo de preservativos utilizados.

No mesmo documento da autoria do coronel de Infantaria, com exercício de engenheiro, e na Artilheria, Frederico Weinholtz (1700-1752), foi informado que os custos seriam inicialmente menores, caso fosse usada a madeira, porém com o passar do tempo, terminaria por custar mais. Hoje, por vezes, alguns profissionais optam por determinado material apenas pelo seu custo reduzido, e depois gastam

¹⁴⁸² AHM, 3ª Div., 13ª Secção, Cx. 1, Doc. n.º 53, 1760. Fábrica de Pólvora de Barquerena/ corte de madeira. Memórias de Jozé António de Macedo ao Dr. Luiz da Cunha, do ano de 1760.

¹⁴⁸³ Informação do engenheiro Lauro Fontes, profissional de engenharia civil que trabalha há mais de cinquenta anos no ramo, tanto na área da construção civil, quanto da conservação e do restauro, em vários estados brasileiros.

¹⁴⁸⁴ AHM, 3ª Div., 13ª Secção, Cx. 1, n.º 44, 1750. WEINHOLTZ, Frederico Jacob, *Copia das informaçoes: e respostas a algumas ordens, perguntas e objecçoes*, Lisboa, Mss. p. 13. (resposta à sexta questão) – Grafia original.

mais com a manutenção, ou eventual substituição do mesmo, do que se tivessem, a princípio, escolhido outro um pouco mais dispendioso¹⁴⁸⁵. Frisa-se que é necessário avaliar o custo-benefício dos materiais sempre que se efectua o planeamento de uma obra.

Do mesmo modo como Vitruvius fez ao tecer considerações sobre as rochas e o endurecimento das argamassas, as espécies de madeira citadas em seu texto foram analisadas com relação a aspectos da alquimia, nomeadamente quanto aos teores dos quatro elementos – água, terra, fogo e ar – presentes, no seu entender, em cada uma delas¹⁴⁸⁶. Esta informação também foi repetida por vários autores.

A partir de uma análise comparativa entre as quantidades dos elementos presentes e as características que lhes foram atribuídas por Vitruvius, notou-se, genericamente, que, em sua opinião, as madeiras que apresentavam:

- a) Muita água, não possuíam capacidade de suportar peso;
- b) Muita terra, eram compactas, pesadas e duras;
- c) Muito ar, eram leves;
- d) Muito fogo, criavam caruncho e eram facilmente combustíveis;
- e) Iguais quantidades de água, terra e fogo, apodreciam com a humidade, pois esta expulsava a terra e o fogo, como o próprio Vitruvius indicou para o ésculo.

Isto é o que se pode deduzir dos conselhos dados pelo mestre romano para as madeiras. Todavia, ao que parece, algum outro factor deveria influir nas características das mesmas. Caso contrário, por exemplo, o abeto e o álamo preto deveriam ter exactamente as mesmas propriedades, já que, segundo Vitruvius, ambos apresentavam mesmas proporções relativas entre os diversos componentes. No entanto, nada foi comentado em seu texto a este respeito.

Uma outra informação dada pelo autor romano para o abeto, e que tem certa relação com os elementos da alquimia, foi que a parte próxima da raiz, por conter mais humidade, não apresentaria nós, enquanto que a parte ramificada, por causa do calor, os teria¹⁴⁸⁷. Só que os nós, na realidade, são oriundos exactamente da junção dos ramos com o tronco da árvore.

Por outro lado, Vitruvius indicou, ainda, que a seiva, se amarga, afugentava os xilófagos. Aparentemente, esta característica independia das proporções dos quatro elementos nos vegetais mencionados.

Infelizmente, apesar dos esforços envidados no sentido de entender quais os parâmetros utilizados para se concluir em que Vitruvius se baseou para atribuir a

¹⁴⁸⁵ Há, também, o caso daqueles que escolhem o material mais caro exclusivamente para auferirem maior comissão, o que é igualmente lamentável.

¹⁴⁸⁶ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Agustín Blázquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IX, p. 58 a 61.

¹⁴⁸⁷ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Agustín Blázquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IX, p. 58/59 – “*La parte inferior de este árbol, que antes de ser cortada está más próxima al suelo, es lisa y sin nudos, a causa de la humedad que sus raíces absorben de la tierra; por el contrario, la parte superior, que echa muchas ramas, en razón del calor en que abunda, es muy nudosa...*”



cada uma das madeiras as proporções dos elementos presentes, e o que lhes conferiria propriedades diversas, não se conseguiu encontrar subsídios na literatura ou entre especialistas para que isto se tornasse possível. O mesmo ocorreu no caso das rochas e do endurecimento das argamassas.

Não se pode afirmar se este autor determinou a constituição da madeira, tendo em mente os quatro elementos, e depois identificou suas qualidades, ou utilizou o processo inverso: a partir das características observadas na madeira determinou a sua composição. Talvez tenha sido desta última forma, pois uma determinada madeira, se compacta, é realmente mais pesada e resistente. Considerando-se os quatro elementos tais como os conhecemos, a terra é aquele que poderia lhe conferir tais características: madeiras com muita água, de facto seriam menos resistentes; o ar seria o único elemento capaz de lhe conferir leveza; o fogo, como agente de destruição, poderia ser o responsável pela sua queima e apodrecimento.

No que diz respeito à constituição e às características das madeiras, alguns comentaristas do texto de Vitruvius, e certos autores que escreveram textos posteriores ao seu, e que abordam esses mesmos aspectos, discordaram da influência de determinado elemento nas características do material. Mesmo assim, sempre mantiveram as mesmas proporções dadas pelo insigne tratadista.

Ao comparar-se as características atribuídas aos travertinos¹⁴⁸⁸ e aos abetos, com base nos quatro elementos, já que ambos apresentavam, no entender de Vitruvius, pouca água e terra, e muito fogo e ar, percebeu-se que ambos os materiais, apesar de um ser pedra e o outro madeira, foram considerados como resistentes às cargas e às intempéries, do mesmo modo como foi informado que se degradavam pela acção do fogo. Ou seja, houve, no tratado italiano, ao menos uma certa lógica entre as características a eles atribuídas. O que variou foi que, no caso do travertino, foi dito que o material seria compacto, enquanto que o abeto seria leve¹⁴⁸⁹.

8.4 – PRODUÇÃO

8.4.1 – Corte

A recomendação de Vitruvius com respeito ao corte das madeiras destinadas à construção foi que este deveria ser feito no período do Outono (finais de Setembro) até antes de soprar o vento Favonio (início de Fevereiro), pois na Primavera o vigor estaria concentrado nas folhas e frutos. O abate fora de época, em sua opinião, ocasionaria madeiras porosas e pouco consistentes.

¹⁴⁸⁸ Ver p. 118 deste texto, no capítulo relativo a rochas, considerações específicas sobre os travertinos.

¹⁴⁸⁹ MENICALI, Umberto, *I materiali dell'edilizia storica: tecnologia e impiego dei materiali tradizionali*, Col. Supermanuali, vol. III, Roma, La Nuova Italia Scientifica, 1992. Cap. VI, p. 184 – Nesta publicação é informado que o abeto é uma madeira compacta, apesar de macia.

Vitrúvio sugeriu, inclusive, que o melhor era que o corte fosse efectuado após o escoamento de toda a humidade inútil, que se daria através de um talho circular feito em torno do tronco da árvore¹⁴⁹⁰.

Plínio também fez referências ao corte das madeiras, ocasião em que indicou que não deveria ser feito quando soprasse o "Tramonto" (vento Norte)¹⁴⁹¹.

Acerca da época adequada para o corte das árvores, Vegécio recomendou que:

*"...se debe hacer pasado el Solsticio del Verano, esto es, en los meses de Julio, y Agosto; y en el Otoño, esto es, desde el Equinoccio, hasta primeros de Enero; porque en estos meses se nutren menos los arboles, y por lo mismo sus maderas tienen mayor consistencia. No conviene trabajar los arboles luego que se han cortado, ni construir naves con maderas recién cortadas; porque así los arboles, como los tablones, que de ello se hacen, deben guardarse hasta que estén bien secos. Si se emplea la madera verde en las naves, se encoge al passo que se va secando, e forma unas grietas, que ponen en grande riesgo a los navegantes"*¹⁴⁹².

Quanto à recomendação deste autor com relação ao corte das madeiras poder ser efectuado após o solstício de Verão, diferiu das indicações dos demais, porém quanto ao corte poder ser feito no Outono, o período corresponde aproximadamente àquele recomendado por Vitrúvio. Só que deveria, no entender daquele autor, cessar um mês mais cedo, ou seja, praticamente ao longo de quase todo o Inverno não se deveria proceder o abate das árvores.

Vegécio complementou a informação dada da seguinte forma:

*"...se debe tener gran cuidado en cortar los arboles para la construccion de las liburnas, desde el dia quince de la Luna, hasta el dia veinte y tres"*¹⁴⁹³; *los que se cortan en estos ocho dias*¹⁴⁹⁴, *no están expuestos a podrirse, como los que cortan en otros tiempos, que los gusanos roen hasta reducirlos a polvo en menos de un año. Esta es una observacion fundada en la experiencia, y en la práctica de todos los antiguos"*¹⁴⁹⁵.

Com relação ao assunto, Negreiros disse:

¹⁴⁹⁰ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IX, p. 57/58.

¹⁴⁹¹ PLÍNIO (o Antigo), *Historia naturale*, trad. de Ludovico Domenichi, Veneza, Gabriel Giolito de Ferrari, 1561/1568. L. XVIII, Cap. XXXIII, p. 608.

¹⁴⁹² VEGECIO, Flavio, *De re militare: instituciones militares*, trad. de Jose Maria de Castro y Calvo, Barcelona, Casa Provincial de Caridad, 1945. L. V, Cap. V, p. 414.

¹⁴⁹³ Lua quarto minguante, entrando na lua nova.

¹⁴⁹⁴ De 15 a 23 tem-se nove dias, e não oito.

¹⁴⁹⁵ VEGECIO, Flavio, *De re militare: instituciones militares*, trad. de Jose Maria de Castro y Calvo, Barcelona, Casa Provincial de Caridad, 1945. L. V, Cap. IV, p. 413.

“Todos os auctores [sabem], e a experiencia o tem mostrado, que o objecto principal da conservação ou duração das madeiras consiste, em o seu corte ser feito em tempo competente, que a arvore esteja livre de todo o succo vicioso (...) As arvores devem ser cortadas no minguante da Lua, e desde a estação do Outono ate o principio da Primavera, sendo desde os vinte dias da Lua, até a conjunção da mesma¹⁴⁹⁶, e que seja fazendo ventos Nortes; e fora deste tempo, não se deve consentir que se cortassem arvores algumas, porque logo apodrecem as madeiras, e as obras ficam falsificadas”¹⁴⁹⁷.

Tanto Vegécio, quanto Negreiros, indicaram a fase da Lua ideal para a execução da tarefa, só que há uma certa discordância de períodos entre as indicações dadas, embora em ambos os casos tenham sido consideradas as fases quarto minguante e nova (tabela 7, anexo 13).

Realmente, sabe-se que a Lua tem influência no teor de seiva presente nos vegetais, daí a escolha de um período determinado para o corte, ocasião em que a árvore conteria menor quantidade de líquido no seu interior. Só que hoje, de maneira geral, isto não é levado em consideração.

Nos comentários de Claude Perrault ao texto de Vitruvius, também foram feitas referências ao tema:

“Columelle¹⁴⁹⁸ avertit que ce¹⁴⁹⁹ doit estre [sic] pendent les dix derniers jours de la Lune¹⁵⁰⁰. Vegece au contraire estime que le meilleure temps est un peu après la pleine Lune.

Cato veut qu'on coupe les chesnes [sic] en Esté [sic] (...) que les ormes ne doivent point estre [sic] abbatus que quand leurs feuilles sont tombées. Theophraste veut qu'on coupe le sapin, le pin & le picea lors qu'ils ont poussé leurs premiers jettons; & le tilleu, l'erable, l'orme & le fresne [sic] après les vandanges”¹⁵⁰¹.

Além de referências que diziam respeito às fases lunares, também podem ser notadas, na passagem acima, restrições de corte quanto à fase vegetativa da árvore. Isto exactamente porque nas épocas indicadas a seiva elaborada é escassa, e o material consequentemente apresenta melhores propriedades.

Através das memórias de Jozé António de Macedo ao Dr. Luiz da Cunha, notou-se que, na prática, eram seguidas as recomendações para a retirada da madeira em determinados períodos do ano, de modo a conseguir-se um material

¹⁴⁹⁶ Conjunção com o Sol.

¹⁴⁹⁷ NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 51v.

¹⁴⁹⁸ Lucio Giunio Moderato Columella (séc. I a.C.), autor do tratado de agricultura *De re rustica*, em doze livros.

¹⁴⁹⁹ O corte.

¹⁵⁰⁰ Mais uma vez, o período mencionado está distribuído entre as fases quarto minguante e nova.

¹⁵⁰¹ VITRUVIUS, *Les dix livres d'architecture de Vitruve*, correcção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-simile, Bruxelas/Liège, Pierre Mardaga, 1979. L. II, Cap. IX, p. 49.

de boa qualidade. Especificamente com relação ao corte do pinho manso, Jozé Antonio de Macedo informou:

“O corte de madeira de pinho manço para rodas dos engenho da fábrica de Barquera^a. deve ser feito no pinhal da Pedemeira no mingoante de Janeiro, mas p^a a experiencia q’ expus se deve de fazer, e ainda p^a remedear alguma falta que pode suceder no ditos engenho se deve fazer o prim^o. corte na Lua de Agosto (...) por q’ passado elle senão pode executar senão em Janeiro...”¹⁵⁰².

Ainda com relação à fábrica de pólvora de Barcarena, encontrou-se a seguinte informação:

“Em Portugal, durante muito tempo, o corte das madeiras fazia-se na época em que mais comodamente se podia entrar nos paúis (Julho a Setembro) e madeiras de diversas qualidades eram misturadas (Palmerim et al., 1855). Em meados do século XVIII, já o corte das madeiras era feito na época própria (Março a Maio)”¹⁵⁰³.

Curiosamente, esta informação entra em contradição com as demais, visto que recomenda o corte exactamente durante o período da Primavera.

Actualmente, no Brasil, o costume é recomendar-se, de maneira prática, que o corte seja efectuado nos meses que não apresentem, no seu nome, a letra *r*, ou seja, Maio, Junho, Julho e Agosto¹⁵⁰⁴. Os períodos recomendados por Vitruvius, no século I a.C. e pelos brasileiros, actualmente são, pois, praticamente os mesmos (tabela 8, anexo 13). A razão para isso é que o material realmente apresenta quantidade menor de seiva elaborada e nutrientes que alimentam os fungos e insectos destruidores, seca mais lentamente, é menos putrescível e menos sujeito a sofrer variações volumétricas após a secagem. Destaca-se que a resistência mecânica da madeira não é muito influenciada pela época do corte, mas sua durabilidade, sim¹⁵⁰⁵.

8.4.2 – Secagem

Com relação à secagem do material, a sugestão de Vitruvius era que fosse feita com a árvore em pé, o que podia ser conseguido através da execução de um corte circular no seu tronco, até o âmago da peça, de modo a propiciar o escoamento da seiva. Isto porque, na sua opinião, se a seiva estivesse presente na madeira a ser usada na construção, a debilitaria¹⁵⁰⁶, o que é verdade.

¹⁵⁰² AHM, 3ª Div., 13 Secção, Cx. 1, Doc. n.º 53, 1760. Fábrica de Pólvora de Barquerena/corte de madeira. Memórias de Jozé António de Macedo ao Dr. Luiz da Cunha, do ano de 1760.

¹⁵⁰³ QUINTELA, António de Carvalho, CARDOSO, João Luís, MASCARENHAS, José Manuel, ANDRÉ, Maria da Conceição, *A fábrica de pólvora de Barcarena*, Oeiras, Câmara Municipal de Oeiras, 1995. p. 28.

¹⁵⁰⁴ Período correspondente ao final do Outono e à totalidade do Inverno, no hemisfério Sul.

¹⁵⁰⁵ PETRUCCI, Eládio G. R., *Materiais de construção*, 8ª ed., Porto Alegre, Globo, 1987. Cap. III, p. 125.

¹⁵⁰⁶ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IX, p. 58.

Negreiros, baseado nas memórias do escritor e naturalista francês Georges Louis le Clerc, Conde de Buffon (1707-1788), da Academia Real das Ciências de Paris¹⁵⁰⁷, e nas experiências sobre a resistência das madeiras e seus usos feitas por Humel, deu provas que os ensinamentos de Vitruvius neste sentido eram seguidos:

“...a pratica mais vantajoza, para se cortar toda a sorte de madeira, será o descascar toda a arvore, desde o seu tronco, quando ella esta em sumo; isto he, quando começã a gerar as folhas, e as flores, e assim deixalla até que morra; o que se conhece quando lhe não arreventa folha alguma, o que em algumas não succede, do que, passados trez annos depois do seu descasque; e quando estiver de todo morta, cortalla então.

Este descasque he bem entendido, que se deve com alguns golpes tocar o coração da arvore perto da sua raiz, e estes golpes serão poucos, e repartidos p^{la} sua circunferencia.

Obrando assim ficara o dito pao m^{to} mais pezado, e por consequencia de m^{to} maior rezistencia, e de muito maior duração, em comparação de outro páo da mesma natureza cortado por outros métodos”¹⁵⁰⁸.

Pode-se verificar, pois, que as indicações dadas por este autor português, no século XVIII, com relação à secagem das madeiras, foram as mesmas do mestre romano. A diferença em ambas as afirmações foi que, segundo consta no texto setecentista, haviam sido feitas experiências no sentido de comprová-las.

Não apenas Humel, Buffon e Negreiros ratificaram o que foi dito por Vitruvius, outros autores que o sucederam, também.

De facto, a presença de muita seiva no lenho dos vegetais é fonte de alimento para xilófagos. Além disto, causa variações volumétricas nas peças, quando da sua posterior secagem.

Hoje em dia, resente-se, indirectamente, da não observação das recomendações feitas por Vitruvius quanto à necessidade em se proceder a secagem da madeira antes do seu uso na obra, apesar de ser do conhecimento geral que esta é uma etapa de produção que deveria ser cumprida a rigor¹⁵⁰⁹, de modo a obter-se um material de boa durabilidade e que não viesse a apresentar problemas quando da sua utilização. Isto é normalmente deixado de lado pela ganância dos comerciantes, que preferem não ter que aguardar um determinado período antes da venda do material, ou gastar recursos com estufas, meios de secagem mais eficientes, tendo em vista a possibilidade de controlar a temperatura no local.

¹⁵⁰⁷ Publicada em 1738.

¹⁵⁰⁸ NEGREIROS, José Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792. fls. 52 – Grafia original.

¹⁵⁰⁹ Não se menciona, entretanto, na bibliografia actual, a secagem da madeira ainda em pé, mas, sim, já cortada (secagem natural ou secagem artificial).

8.4.3 – Defeitos

Conforme uma memória reproduzida no Boletim do AHM, os militares portugueses conheciam os cuidados que se devia ter com a produção e com o transporte de peças de madeira, de modo a não surgirem defeitos. No entanto, no Brasil, aparentemente não se observavam estes cuidados, pois como não havia estoque de material, usavam qualquer tipo de madeira e terminavam tendo que desprezar toras por defeitos que poderiam ser evitados:

“A condução exige cautellas, porque he bastante expor ao vento forte o tôpo de uma peça de madeira, para ella abrir, tomar vento, e arquear”¹⁵¹⁰.

Para garantir a redução das chances de defeitos era aconselhada, na época, a secagem das madeiras por um período mínimo de três anos, à sombra e em local fresco.

As informações acima, apesar de serem datadas do século XIX e referirem-se especificamente a máquinas de guerra, davam sugestões que deviam muito provavelmente ser também aplicadas no caso de madeiras de construção.

Ainda hoje, cometem-se erros similares ao anteriormente descrito: quer por preguiça, quer por economia, ou até mesmo por razões políticas, usam-se materiais de construção inadequados, ou de maneira inadequada, o que contribui para acelerar o processo de ruína da edificação.

O que se denomina “vento”, actualmente, é um defeito de crescimento, e não de produção. Consiste em separações entre as fibras ou anéis de crescimento e pode ser causado realmente por golpes de vento, porém durante a vida do vegetal. Talvez o que ocorresse, no transporte, fosse algo similar, caso a madeira estivesse verde e recebesse vento e calor por algum tempo. Haveria secagem precipitada da parte da extremidade onde os vasos foram seccionados, ocorrendo, conseqüentemente, o fendilhamento. Costuma-se minorar este problema com a aplicação de pinturas e/ou agrafes (il. 79).

Segundo o texto de J. F. Blondel, todas a madeiras destinadas a marcenaria deveriam ser sãs, assim como deveriam ser submetidas a período de secagem de pelo menos cinco anos. Deveriam ainda ser “vivas”, não apresentar alborno, nós viciados, fendas, separação das partes lenhosas, furos de xilófagos, nem trechos apodrecidos. Este autor ainda condenou o uso de madeira verde, que apodrecia e “trabalhava”¹⁵¹¹.

¹⁵¹⁰ AHM, «Memoria estatístico-económico-administrativa sobre o Arcenal do Exercito» (1822), *Boletim do AHM*, 1939, vol. IX, p. 91-119. p. 103, § 46º – “Os militares entendedores sabem quaes são as cautellas, as deligencias, que se empregão para haver boas madeiras de construção. O lugar em que ellas nascem; o tempo, e a maneira porque se cortão, arrastão, embarcão, desbastão, galivão, e engradão ou arrumão, contribuem munto para o merecimento, e emprego d’ellas” – Grafia original.

¹⁵¹¹ BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture*, Paris, Desaint, 1777. vol. VIII, t. VI, p. 359.

A restrição que se faz quanto ao que foi citado acima é que o alburno, apesar de não ser uma parte da madeira tão boa quanto o cerne¹⁵¹², não deve ser removido das peças de madeira. Caso isto seja feito, o desperdício é muito grande, já que seu percentual no tronco é elevado. Inclusive, por ser constituído por um material mais poroso, o alburno (ou bome) pode ser aproveitado para que a impregnação de protectivos aí seja feita, visto que sua porosidade propicia a penetração do produto com maior facilidade.

Em outras épocas, o bome era considerado como uma parte da madeira que ainda não tinha atingido um grau de desenvolvimento tal de modo a adquirir as propriedades do cerne. Por esta razão é que, na opinião de J. F. Blondel, devia ser removido em sua totalidade, e com muito cuidado.

De facto, o espessamento das paredes das células que compõem o alburno¹⁵¹³ formam e ampliam o cerne, que é uma zona mais densa, resistente e durável. Este, em sendo constituído de tecido morto, não apresenta atractivos aos insectos, tais como seiva, amido ou açúcares¹⁵¹⁴. Como a madeira recomendada por Blondel não deveria apresentar alburno, e mesmo assim foi chamada de "viva", pode-se concluir que o conceito que este autor tinha de madeira viva era diferente daquele hoje em voga.

Quanto aos nós, são prejudiciais às peças de madeira utilizadas nas construções se forem frouxos ou alterados. Nós são, ou seja, aqueles que apresentam continuidade com o tecido lenhoso, só são prejudiciais caso estejam agrupados, ou quando situados no meio da peça. Hoje, existem normas que estabelecem estas restrições. A norma alemã DIN 4074/39, por exemplo, é bastante minuciosa quanto a este aspecto. Como J. F. Blondel mencionou *nós viciados*, deveria estar se referindo a algum destes tipos de nós.

Como defeitos de secagem, as madeiras podem apresentar fendas, rachaduras, fendilhado, abaulamento, arqueamento, curvatura e curvatura lateral¹⁵¹⁵ (il. 80). Fatalmente, o uso de madeira verde conduz à sua posterior retracção, o que leva ao aparecimento de gretas em esquadrias e pisos, por exemplo. A madeira realmente *trabalhava*, como dito por J. F. Blondel.

Considera-se normalmente como madeira verde aquela que apresenta teor de humidade maior do que 30%. Na realidade, a madeira comercialmente seca, no Brasil, apresenta teores que oscilam entre 18 e 23%. Contudo, o ideal era que apresentasse humidade entre 13 e 18%, o que levaria à redução das probabilidades do aparecimento de problemas¹⁵¹⁶.

¹⁵¹² Suas qualidades são inferiores.

¹⁵¹³ Decorrentes de impregnações de lignina, resinas, tanino e corantes.

¹⁵¹⁴ URIARTT, Adamastor A., «A madeira como material de construção», BAUER, L. A. Falcão (coord.), *Materiais de construção*, 4ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 1992. vol. II, Cap. XVII, p. 437-525. p. 443/444.

¹⁵¹⁵ PETRUCCI, Eládio G. R., *Materiais de construção*, 8ª ed., Porto Alegre, Globo, 1987. Cap. III, p. 160.

¹⁵¹⁶ URIARTT, Adamastor A., «A madeira como material de construção», BAUER, L. A. Falcão (coord.), *Materiais de construção*, 4ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 1992. vol. II, Cap. XVII, p. 437-525. p. 456.

Chama-se, entretanto, a atenção para o facto de que a humidade admissível para a madeira varia conforme o local em que se deseja empregá-la, pois deve haver um equilíbrio higroscópico entre o material e a humidade ambiental.

8.5 – CUIDADOS NA UTILIZAÇÃO

Um outro ponto que afecta a escolha da madeira como material de construção diz respeito aos cuidados que se deve ter em vistas à sua conservação, principalmente à sua resistência.

Dentre as inconveniências do seu uso, o risco de incêndio é uma das preocupações mais sentidas na leitura dos textos. Vitruvius já havia identificado o problema, visto que recriminou o uso de paredes com estrutura de madeira, vedadas com terra ou argamassa de cal e gesso, apesar de serem de fácil execução e baixo custo. Isto pode ser verificado, por exemplo, quando recomendou¹⁵¹⁷ o uso de paredes mais caras em tijolos cerâmicos, conforme a tradução de Frank Granger¹⁵¹⁸, ou em “*adobe o tejoleta*”, de acordo com aquela feita por Agustín Blánquez¹⁵¹⁹.

Outra prova da preocupação com este aspecto pode ser sentida em documentos de cunho militar. Por exemplo, no intuito de reduzir os riscos de incêndio em edificações que abrigavam materiais inflamáveis, e por isto eram consideradas como pontos susceptíveis de ataque por parte de inimigos, Vegécio recomendou o revestimento das portas com chapas de ferro¹⁵²⁰. Frederico Weinholtz também foi favorável a este tipo de solução, só que sugeriu o uso do cobre, e acrescentou à informação outras formas de aumentar ainda mais a durabilidade do material:

*“Nas aberturas das portas, e janellas se farão portas dobradas de madeira secca (...) As partes exteriores das portas, e janellas se farão de pranchas de cobre, de modo, que não se veja parte alguma da sua madeira para impedir, que ninguem possa chegarlhe hum murrão aceso, ou outro qualquer artificio invisivel, achando a madeira nua, o que depois facilmente se acende em breve tempo: ou tambem untar a madeira com uma certa composição, que se acende com os raios do sol, ou com a chuva...”*¹⁵²¹

Félibien, ao citar alguns procedimentos adoptados pelos antigos para preservar madeiras, deu a entender que, na sua época, já se tomavam algumas providências neste sentido:

¹⁵¹⁷ Mais uma vez constatou-se divergência entre traduções.

¹⁵¹⁸ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann Ltd, 1962. vol. I, L. II, Cap. VIII, p. 129.

¹⁵¹⁹ VITRUVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, tradução, prólogo e notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IX, p. 56.

¹⁵²⁰ VEGECIO, *De re militare: instituciones militares*, trad. de Jose Maria de Castro y Calvo, Barcelona, Casa Provincial de Caridad, 1945. L. IV, Cap. IV, p. 398.

¹⁵²¹ AHM, 3ª Div., 13ª Secção, Cx. 1, n.º 44, 1750. WEINHOLTZ, Frederico Jacob, «Copia da minha resposta de 25 de Outubro de 1743», *Copia das informaçoes, e respostas*, p.1 a 22. Lisboa, Mss. p. 5/6.

*“...les anciens n’avoient pas comme nous l’usage de peindre avec l’huile, qui conserve beaucoup le bois & défend contre la pluye & les autres injures de l’air...”*¹⁵²².

Ao fornecer indicações acerca de estátuas de madeira, Félibien recomendou que, no caso de obras de grandes dimensões, fossem usadas peças pequenas¹⁵²³. Isto para evitar que, ao utilizar um grande pedaço, o interior não estivesse húmido, o que acarretaria em problemas¹⁵²⁴.

Interessante, também, foi a indicação feita por João Stooter dos cuidados que se devia ter com o uso do verniz, nomeadamente quanto à aplicação de uma base de cola específica (cujo modo de preparo igualmente forneceu), no caso de madeiras muito porosas, e quanto à época mais adequada de aplicação, para que não aparecessem rachaduras posteriormente¹⁵²⁵.

8.6 – ESTUDOS SETECENTISTAS ACERCA DA RESISTÊNCIA DAS MADEIRAS

Possivelmente, o grande cuidado que se tinha com a durabilidade da madeira, em épocas passadas, era devido à sua larga utilização, não apenas na construção civil, como também na engenharia militar, daí este material ser fruto de muitas observações. Por exemplo, o Brigadeiro português Bartholomeu da Costa (il. 81):

*“...reconhecendo o quanto era inconveniente a madeira da terra para a construção dos reparos de artilharia, resolveu empregar neste mester a madeira do Brasil, inventando no ano de 1777 um instrumento mui singelo, para se reconhecer a resistência, e mais qualidades das diferentes madeiras”*¹⁵²⁶.

Como a maioria das madeiras oriundas das colónias era desconhecida aos portugueses, fazia-se mister a realização de vários ensaios de caracterização das mesmas.

Não foi possível encontrar o supracitado instrumento, nem croquis ilustrativo do mesmo. Tampouco foram descobertas referências a ensaios com ele executados, de modo que não se pode afirmar se os resultados eventualmente obtidos eram de confiança, para os parâmetros da época.

O naturalista e médico italiano Domingos Vandelli (?-1816), afirmou igualmente que Bartholomeu da Costa havia realizado ensaios para verificar a resistência das madeiras provenientes tanto do Brasil, quanto de outras

¹⁵²² FÉLIBIEN, André, *Des principes de l’architecture*, 2ª ed., Paris, la Veuve de Jean Baptiste Coignard et Jean Baptiste Coignard Fils, 1690. L. I, Cap. X, p. 37.

¹⁵²³ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l’architecture*, 2ª ed., Paris, la Veuve de Jean Baptiste Coignard et Jean Baptiste Coignard Fils, 1690. L. II, Cap. III, p. 226.

¹⁵²⁴ Fatalmente ocorreria a retracção da madeira, caso esta estivesse verde.

¹⁵²⁵ STOOTER, João, *Arte de brilhantes vernizes*, Anveres, Viúva de Henrico Verdussen, 1729. p. 4 e 31.

¹⁵²⁶ LIMA, Honório Fiel de, «Descrição dos trabalhos, que se executaram sob a direcção do Tenente General Bartholomeu da Costa», *Boletim do Arquivo Histórico Militar*, vol. XLV, Lisboa, 1975. p. 203-360. p. 229.

colónias¹⁵²⁷, mas os resultados encontrados não foram localizados. No mesmo texto de Domingos Vandelli deparou-se com a informação que outros militares, os coronéis Antonio de Brito Freire e Christiano Frederico Weinholtz, em 1760, fizeram um estudo comparativo entre as densidades das madeiras da Bahia¹⁵²⁸ (tabela 9, anexo 14).

No texto do notável engenheiro baiano André Rebouças (1844-1892), foi informado que os primeiros ensaios de materiais no Brasil foram realizados pelos seguintes investigadores¹⁵²⁹: General Bellegarde¹⁵³⁰, Conselheiro Antonio Manoel de Mello, Capanema (1854-1860); André Rebouças (1867-1871); Borja Castro (1871-1878); Adolpho José Del Vecchio (1882-1884); Capitão Franklin Mendes Vianna (1877). Também constam desta relação do século XIX os ensaios realizados no Arsenal das Estradas de Ferro Belgas (1883-1884), comparando a resistência de madeiras brasileiras e europeias¹⁵³¹. Nota-se que todos as experiências mencionadas foram efectuadas na segunda metade do século XIX. Contudo, as experiências feitas na Bahia pelo Coronel de Artilharia de Gôa, Theodósio da Silva Reboxo (1779-1780), cujos documentos comprovatórios se encontram no AHM¹⁵³² e no AHU¹⁵³³, em Lisboa (anexo 10), foram, ao que parece, as primeiras do género realizadas naquelas plagas.

Tais ensaios seguiram, pelo que pôde ser deduzido, a metodologia ensinada nas Aulas Militares então existentes, e que consta de livros daquele século, como

¹⁵²⁷ VANDELLI, Domingos, «Memória sobre algumas produções naturais deste reino, as quais ou são pouco conhecidas, ou não se aproveitam», *Memorias economicas da Academia Real das Sciencias de Lisboa*, t. I. Lisboa, Banco de Portugal, 1990, p. 143-155. p. 149 – “E o Brigadeiro Bartholomeu da Costa está trabalhando em huma interessante memoria acérca da resistencia de grande quantidade de madeiras do Brazil, e das outras conquistas” – Procurou-se, na Academia de Ciências de Lisboa, na pasta de Bartholomeu da Costa, um dos seus fundadores, alguma informação sobre o assunto, mas infelizmente tal pasta praticamente não contém documento algum, apesar deste académico, um dos fundadores da Academia, ter sido tão ilustre.

¹⁵²⁸ VANDELLI, Domingos, «Memória sobre algumas produções naturais deste reino, as quais ou são pouco conhecidas, ou não se aproveitam», *Memorias economicas da Academia Real das Sciencias de Lisboa*, t. I, Lisboa, Banco de Portugal, 1990, p. 143-155. p. 149.

¹⁵²⁹ A partir deste ponto, e apenas nesse parágrafo, as datas colocadas entre parênteses referem-se àquelas dos ensaios, e não ao período em que viveram o investigador citado, posição assumida no restante do texto.

¹⁵³⁰ TELLES, Pedro Carlos da Silva, *História da engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX*, 2ª ed., Rio de Janeiro, Clavero, 1994. vol. I, Cap. II, p. 115 – O então General Pedro de Alcântara Bellegarde, decano dos engenheiros brasileiros, nasceu em 1807, na viagem da família real para o Brasil. Morreu como marechal, em 1864.

¹⁵³¹ REBOUÇAS, André, *Guia para os alumnos da 1ª cadeira do 1º anno de Engenharia Civil*, Rio de Janeiro, Typographia Nacional, 1885. p. 69.

¹⁵³² AHM, 2ª Div., 1ª Secção, Cx. 1, P.º 26, 1779/1780. *Mappa da experienciaz das madr.ª q' fêz nesta Cid.ª da B.ª o Coronel d'Artr.ª de Gôa Theodozio da S.ª Raboxo* [sic], Copista: Joze Gonçalves Galiano (tabela dos ensaios, assembleia que os presenciou, observações).

¹⁵³³ AHU, CA, Bahia, Doc. n.º 10529/30, 1780. *Mappa da experienciaz das madr.ª q' fêz nesta Cid.ª da B.ª o Coronel d'Artr.ª de Gôa Theodozio da S.ª Raboxo* [sic]. Copista: Joze Gonçalves Galiano (não contém o texto correspondente às observações).

aqueles da autoria de Bernard Forest de Belidor¹⁵³⁴, Trincano¹⁵³⁵ e Charles-Antoine Jombert¹⁵³⁶, por exemplo.

De acordo com as referências bibliográficas, os ensaios de averiguação das resistências de madeiras, no século XVIII, eram executados com o auxílio de pesos aplicados às peças¹⁵³⁷, o que poderia propiciar resultados não muito precisos. Percebeu-se que algumas das peças por vezes eram ensaiadas simplesmente apoiadas e outras engastadas, porém não foi explicado nos livros consultados como se fazia o engaste. Este detalhe era importante, pois um engaste mal feito também poderia levar a erros nas avaliações.

Os cálculos recomendados para as peças de madeira eram voltados para finalidades específicas, como a sua utilização em estruturas de telhados e pisos. Segundo Belidor, por exemplo, as peças para telhado não precisavam ser tão resistentes quanto aquelas destinadas a piso, por serem menos solicitadas. Este autor também informou que o valor da resistência de uma determinada peça era proporcional ao ângulo por ela formado com a horizontal¹⁵³⁸.

Quanto a este aspecto, Belidor comentou que discordava da opinião de Bullet¹⁵³⁹ pois este partia do princípio que a resistência de peças inclinadas estariam entre a resistência de uma peça colocada de topo e outra na horizontal. Bullet julgou que, caso fossem analisadas peças da mesma madeira e de mesma dimensões, seriam encontrados valores de ruptura maiores para uma peça colocada de topo do que para peças na horizontal. Por outro lado, se a peça estivesse inclinada, sua carga de ruptura seria equivalente à média das duas peças anteriores. Segundo Belidor, não havia possibilidades de se provar isto, pois, na sua opinião, era impossível testar peças de topo¹⁵⁴⁰. No entanto, não lhe era desconhecido o facto de que as peças de topo, quando submetidas a grandes cargas, se curvavam¹⁵⁴¹ ou, em linguagem actual, flambavam.

¹⁵³⁴ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. IV, Cap. II/III, p. 8 a 31 // BELIDOR, Bernard Forest de, *Architecture hydraulique*, Paris, Jombert Jeune, 1782-1790. t. I, Parte II, L. I, Secção III, p. 92 a 102.

¹⁵³⁵ TRINCANO, *Éléments de fortification*, Toul, Joseph Carey, 1786. t. I, p. 297.

¹⁵³⁶ JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne*, Paris, Ch. A. Jombert, 1764. L. I, cap. XV, Art. III, p. 67.

¹⁵³⁷ No caso dos ensaios realizados na Bahia, as peças foram apoiadas em pilares ou cavaletes de alturas diferentes, e o elemento para a fixação do peso ("gato") foi preso no ângulo da peça, como pode ser verificado nas observações feitas na ocasião (anexo 15).

¹⁵³⁸ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. IV, Cap. III, p. 29.

¹⁵³⁹ BULLET, Jean-Baptiste, *L'architecture pratique*, Paris, Ch. J. B. Delespine & Jean-Th. Herissant, 1741 (1ª ed: anterior a 1729).

¹⁵⁴⁰ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. IV, Cap. III, p. 28/29 – "...mais a l'égard du bois posé obliquement, je ne vois point sur quel fondement il dit, qu'une piece, qui seroit inclinée sous un angle de 45. degrés, portera un poids moyen arithmetique, entre celui qu'elle porteroit se elle étoit horizontale, e entre l'autre qu'elle soutiendroit si elle étoit de bout; car l'on peut bien connoître ce que peut porter cette piece quand elle sera horizontale, en suivant les régles précédentes, mais il n'est pas possible de déterminer ce qu'elle portera étant de bout, le poids dans cette demiere situation ne pouvant être exprimé, par consequent il n'est pas possible de trouver des termes moyens...".

¹⁵⁴¹ BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs*, Paris, Claude Jombert, 1729. L. IV, IV, Cap. III, p. 29 – "...posée de bout (...) quand elle aura une certaine hauteur, elle pourra plier, & même se rompre...".

É possível, pois, constatar-se que no século XVIII ainda se ignoravam alguns ensaios hoje frequentemente utilizados para a verificação do comportamento mecânico de peças de madeira, nomeadamente os ensaios de resistência à compressão e à flambagem.

Nos ensaios realizados sob a coordenação do Coronel Reboxo, na Bahia, os provetes utilizados obedeciam a uma certa padronização: comprimentos de 20, 22 e 40 polegadas¹⁵⁴², e secções de 1"x1", 2"x2", 1"x2" e 2"x1", com algumas variantes.

As peças foram devidamente identificadas ("*N. das regoas*"), o mesmo sucedendo com o seu comportamento pós-ensaio ("*Exper.^{class}*") (anexo 15). Na maioria dos casos, mais de uma peça do mesmo tipo foi ensaiada. Na tabela feita na ocasião (anexo 10) foi indicado o volume de cada peça, o espaçamento entre apoios, a posição como a peça foi colocada ("*como foi pozta*"), o tipo de apoio ("*soltas as pontas*", "*oprimida hu'a ponta*", "*oprimidas as duas pontas*"), a carga de ruptura ("*libras do pezo com que quebrou*"), a massa unitária de cada régua ("*pezo no seu volume*"), a flecha ("*saio fora do oriz.^{em}*"). Encontram-se igualmente registados os dias em que foram realizadas as experiências e as "*meyas proporcionais*"¹⁵⁴³ para cada espécie de madeira¹⁵⁴⁴.

A identificação das peças foi feita em ordem crescente, obedecendo uma sequência lógica dos diversos tipos de madeira e dos dias em que foram realizados os ensaios.

Quanto ao cálculo das "*meyas proporcionais*" (tabela 10, anexo 17), conseguiu-se chegar a eles basicamente através das informações fornecidas nos textos da autoria de Belidor. Este autor, que disse concordar com Parent, forneceu explicações e fórmulas para comparar duas peças de madeiras de tamanhos diferentes. Partindo-se do princípio que o Coronel Reboxo teria adoptado esta metodologia, passou-se a analisar os dados constantes da tabela encontrada no AHM. Feito isto, foi verificada a compatibilidade dos resultados.

O Coronel Reboxo usou, para um mesmo tipo de madeira, peças com dimensões diferentes. De modo a viabilizar os cálculos, teve-se, pois, que escolher um tipo de peça como padrão. Optou-se pela peça de secção 1"x1" e comprimento entre apoios de 36", pois estas foram as dimensões de peças mais frequentes na tabela. Para este tipo de peça, e de posse dos valores registados na tabela, foram, então, encontradas as equivalências das cargas, conforme fórmulas específicas.

¹⁵⁴² A polegada adoptada era a então em vigor no Reino de Portugal, e valia 2,75 cm, valor equivalente a 12 linhas, e não 2,54 cm, medida da polegada inglesa, hoje amplamente difundida. Pode-se comprovar isto em outros documentos do final do século XVIII, no qual polegadas e linhas são indicadas como medidas de uma mesma peça, como a tabela da autoria de Joaquim Amorim de Castro (anexo 16).

¹⁵⁴³ Denominava-se "*meia proporcional*" a carga média de ruptura para uma série de peças de diferentes dimensões, achando-se uma correspondência entre os valores encontrados individualmente para cada peça, supondo-se que a mesma obedecesse dimensões padronizadas.

¹⁵⁴⁴ O facto de todas as supracitadas informações terem sido sistematicamente registadas demonstram a percepção dos princípios do método cartesiano, na época.

Reboxo ensaiou peças com engastes simples (“com uma ponta oprimida”) ou duplo (“com duas pontas oprimidas”), assim como peças simplesmente apoiadas (“com duas pontas soltas”). Somente este último grupo foi analisado, pelas seguintes razões:

- Corresponde à maioria dos casos;
- Apenas duas, das 123 peças ensaiadas¹⁵⁴⁵, eram duplamente engastadas, e apesar de serem de uma mesma espécie de madeira, os resultados obtidos foram muito desproporcionais. Além disto, não se pode afirmar que os engastes tenham sido bem feitos, condição fundamental para avaliação do resultado alcançado;
- Igualmente se desconhece a condição de engaste no caso das peças com apenas uma ponta “oprimida”. Além disto, só oito peças, ao todo, foram ensaiadas, e o ensaio só foi feito em mais de uma peça¹⁵⁴⁶ no caso de uma espécie de madeira (“régoas” n.º 79, 80, 82 e 83). Assim sendo, não se teria elemento de comparação confiável;
- Seis, das oito peças com engaste simples ensaiadas, eram de madeiras de Gôa, e optou-se por analisar apenas as amostras de madeiras brasileiras.

Teve-se êxito na determinação das “*meyas proporcionais*” dos lotes de peças simplesmente apoiadas, conforme avaliação dos resultados feita por um conhecido calculista baiano, o Prof. Murilo Miranda (séc. XX). Pode-se afirmar, por conseguinte, que os cálculos do Coronel Reboxo foram executados conforme os moldes descritos por Belidor. A metodologia utilizada nos cálculos é indicada a seguir, de maneira pormenorizada:

$$\frac{P}{P_1} = \frac{bh^2/L}{b_1h_1^2/L_1}$$

P = “força” (carga)

b = largura da peça

h = altura

L = comprimento

$b_1h_1^2/L_1$ é constante e igual a 36 pol²

P₁ = “força” que se quer calcular para a peça padrão¹⁵⁴⁷

Calculou-se, então, P₁, com base na regra de três supra indicada, considerando-se uma peça padrão de 36” x 1” x 1”.

Destaca-se que Galileo, Mariotte e Coulomb correlacionaram a carga de ruptura com bh^2 , de modo que o que variou, na expressão utilizada por Belidor, foi apenas a proporção entre os diversos componentes da fórmula.

Das dezasseis “*meyas proporcionais*” que se calculou, no intuito de avaliar-se comparativamente os resultados, dez valores foram praticamente idênticos aos constantes da tabela de Reboxo, e os outros seis oscilaram entre 10 a 20% dos

¹⁵⁴⁵ “Régoas” 24 e 25.

¹⁵⁴⁶ Para que o resultado de qualquer ensaio seja confiável é recomendado, de maneira geral, que sejam feitas ao menos três avaliações, de modo a estabelecer-se uma média.

¹⁵⁴⁷ Carga que suportaria uma peça com as dimensões padronizadas.

resultados fornecidos. Estas diferenças podem ter advindo de erros de preenchimento das tabelas (ou de transcrição de dados), de divergências pelo facto de algumas das peças apresentarem uma das pontas engastada, ou até mesmo por eventuais erros de cálculo cometidos quando da realização dos ensaios e montagem da tabela, não detectados na época. Pode-se afirmar, entretanto, a partir dos novos resultados obtidos, que as “meyas” foram, realmente, calculadas através da fórmula indicada por Belidor (tabela 10, anexo 17).

Consta da versão da tabela existente no AHM uma relação das observações efectuadas por ocasião da ruptura das 123 peças de madeira ensaiadas pelo Coronel Reboxo (anexo 15). Esta relação, interessantíssima por descrever os defeitos encontrados nas peças ensaiadas e o que ocorreu na ruptura de cada uma delas, apresenta uma pequena falha¹⁵⁴⁸, possivelmente do copista, Tenente Joze Galiano. Este militar, ao escrever, nas observações correspondentes à régua n.º 7 (“Oleo vermelho”): “...as fibras tiverão as mesmas circunst.^{as} que as de sicopira merim n.º 14, e 6”, provavelmente queria se referir às tábuas de números 1, 4 e 6, que eram de “socupira merim”, pois a peça n.º 14 era de pinho. Daí ter-se aventado a possibilidade de algum erro de cálculo também ter ocorrido, no momento da determinação das “meyas”.

Constatou-se, também, que houve algum problema por ocasião do cálculo da densidade¹⁵⁴⁹ de algumas madeiras, já que não há registo do peso de certas peças (nomeadamente, as de n.º 64, 72, 74, 75 e 77). Além disto, alguns resultados não podiam ter sido considerados como valores de referência para uma mesma espécie, tanto no cálculo da densidade, quanto no ensaio de ruptura, porque o teor de humidade entre as peças ensaiadas variou muito e algumas peças apresentavam defeitos. Houve casos, por exemplo, em que as peças ensaiadas estavam muito secas¹⁵⁵⁰, e outros em que as peças estavam verdes ou então molhadas¹⁵⁵¹, sem falar que muitas delas apresentavam “brózios” (nós)¹⁵⁵² ou fibras torcidas ou dispostas de maneira irregular¹⁵⁵³, como pode ser verificado nas observações (“Exper.^{ciasm}”) anexas ao “Mappa das experienciaz”. A peça n.º 70, por exemplo, além de apresentar nós, tinha as suas fibras dispostas de maneira irregular.

Notou-se, ainda, que os desvios decorrentes da flexão, com relação à horizontal, das “régoas” n.º 6, 42 e 64, por ocasião da ruptura, não foram indicados na tabela.

Embora não se tenha recalculado, para aferição, a “meia proporcional” correspondente à régua n.º 78, por ser de madeira de Gôa, verificou-se que a carga provavelmente foi anotada errada: o valor indicado é completamente desproporcional aos das demais peças do mesmo tipo de madeira.

¹⁵⁴⁸ Esquecimento de uma vírgula.

¹⁵⁴⁹ Densidade aparente.

¹⁵⁵⁰ Peças n.º 3, 41 e 42.

¹⁵⁵¹ Peças n.º 59, 63, 74 e 75.

¹⁵⁵² Peças n.º 3, 27, 29, 42, 59 e 70.

¹⁵⁵³ Peças n.º 4, 26, 27, 28, 29, 30, 53, 54, 56, 60, 70, 76, 77, 96, 110 e 111.

Em outra tabela, igualmente anexa à versão do documento existente no AHU, foram registados os nomes, patentes e praça de assentamento de todos os presentes nos dias em que foram feitos os ensaios (anexo 18). Faltou apenas a descrição do método utilizado na ruptura das peças, o que talvez tenha ocorrido exactamente por ter sido adoptado o método normalmente usado na época. Ou não tenha havido a preocupação em preservar-se a memória para o futuro. Não se descartou, entretanto, a hipótese desta parte das anotações ter sido perdida ao longo do tempo, ou estar escondida em algum arquivo até hoje.

Pouco tempo após a execução desses ensaios, na Bahia, possivelmente foi feita uma nova série de experiências semelhantes, sob a coordenação do mesmo militar, porém em Lisboa, tendo o mesmo Coronel Reboxo como responsável, conforme indicado em alguns documentos do AHU¹⁵⁵⁴. Na ocasião teriam sido remetidas a Lisboa sessenta e sete pequenas toras de madeira de diversas qualidades.

Durante o período de um ano, tentou-se localizar em arquivos de Lisboa os resultados desta segunda série de ensaios que teria sido feita em Portugal, mas isto não foi possível.

Com o objectivo de obter-se um parâmetro de comparação entre os valores encontrados pelo Coronel Reboxo, no século XVIII, e os valores ora vigentes, para os diversos tipos de madeiras, escolheu-se alguns dos tipos de madeira estudados, convertendo-se as medidas portuguesas antigas para medidas actuais.

Foram, então, calculadas as tensões de ruptura¹⁵⁵⁵ (σ) e os módulos de elasticidade à flexão¹⁵⁵⁶ (E), assim como a densidade das madeiras estudadas (tabela 4, anexo 9).

Com base nos ângulos indicados na tabela de Reboxo¹⁵⁵⁷ é que foi determinado o módulo de elasticidade de cada tipo de madeira. Os resultados alcançados foram apresentados em confronto com os valores encontrados na bibliografia brasileira para ensaios realizados no século XX.

A comparação entre os diversos valores foi difícil pelo facto da classificação vulgar de uma madeira abranger vários géneros de uma mesma família, e muitos dos valores dos diversos géneros serem bastante diferentes entre si. Isto sem falar nas variações existentes na nomenclatura, de uma região para outra¹⁵⁵⁸.

Mesmo não tendo conseguido dados de ensaios actuais para todas as madeiras ensaiadas no século XVIII, optou-se por fazer a tabela comparativa de

¹⁵⁵⁴ AHU, CA, Bahia, Doc. n.º 10566 e 10567. 28/Abril/1780 – Os documentos consistem numa carta encaminhando as peças de madeira e seu respectivo conhecimento de carga. Tais documentos comprovavam que as mesmas se destinavam aos ensaios do Coronel Reboxo, e haviam sido embarcadas na Bahia, com destino a Lisboa.

¹⁵⁵⁵ $\sigma = 1,5PL/bh^2$ (kgf/cm²).

¹⁵⁵⁶ $E = PL^2/2bh^3 \tan \phi$ (kgf/cm²).

¹⁵⁵⁷ Suspeita-se que tais ângulos tenham sido medidos com um clinómetro, já que este instrumento era largamente utilizado na época, especialmente pelos oficiais de artilharia e engenharia.

¹⁵⁵⁸ Estes aspectos foram abordados anteriormente no item 8.2.

resultados. Desta maneira, ao menos pode-se ter uma ideia geral dos valores encontrados pelo Coronel Reboxo.

Ainda com relação aos cálculos efectuados, informa-se que o balanço das peças foi desprezado em todos os casos, por ser pequeno e não interferir nos resultados.

Os ensaios realizados no Brasil, no século XVIII, demonstraram seriedade por parte dos investigadores e rigor nas observações, dentro dos padrões da época. O facto pode ser comprovado pela proximidade dos valores encontrados para peças de uma mesma madeira (salvo excepções) com os valores actualmente aceites. A dispersão dos dados possivelmente foi decorrente da utilização de um dispositivo de ensaio sem grande precisão, além da falta de homogeneização das amostras, pois, como já dito, variaram os teores de humidade das peças e foram ensaiadas peças defeituosas, com fibras torcidas e/ou nós.

Em alguns documentos antigos, como em manuscrito do século XVIII, escrito no Brasil, da autoria de Joaquim Amorim de Castro, Juiz Conservador das Matas de Cachoeira, puderam ser encontradas descrições pormenorizadas de espécies vegetais, sua possível utilização e durabilidade, sem falar de uma tabela comparativa entre diversas espécies conhecidas (anexos 16 e 19) e de aguarelas das espécies distintas descritas (il. 82 e 83), feitas com o intuito de dar uma ideia daqueles vegetais às pessoas do Reino que tinham o poder de decidir quanto à sua exploração, ou não¹⁵⁵⁹.

Pensou-se, inicialmente, que através de consulta a livros contemporâneos, talvez fosse possível verificar se as pinturas eram fiéis à realidade. Porém chegou-se à conclusão que a comparação era muito difícil, pois se a um nome vulgar correspondem várias espécies diferentes de vegetais, não se tinha como saber ao certo a que tipo de árvore o autor do texto tinha se referido. Além do mais, ao elaborar as aguarelas, o autor, aparentemente, preocupou-se apenas em representar o tipo de folha e a sua distribuição nos ramos, conforme pode ser percebido nas ilustrações apresentadas (il. 84). Não representou, por exemplo, a copa das árvores, nem a proporção entre o tamanho do seu fuste e a copa, elementos fundamentais à sua classificação¹⁵⁶⁰.

Quanto às informações constantes da tabela elaborada por Joaquim Amorim de Castro (anexo 16), comunica-se que foram utilizadas, no âmbito desta investigação, para o cálculo das tensões de ruptura das diversas peças de madeira ensaiadas na época (anexo 19). Os resultados obtidos, aparentemente, são compatíveis com valores actuais. Existem, como era esperado, algumas diferenças, possivelmente decorrentes tanto de condições adversas das peças (humidade excessiva, presença de nós, fibras torcidas) por ocasião da realização das aferições, quanto pelo facto de nem sempre ter-se condições de assegurar que as espécies vegetais eram realmente as mesmas que se utilizou para efeito de comparação.

¹⁵⁵⁹ AHU, CA, Bahia, vol. III, Doc. n.º 13769 (anexo ao n.º 13766), de 10/Jul/1790.

¹⁵⁶⁰ A rigor, além da análise estratigráfica da madeira, o que obviamente não podia ser feito na época, hoje ainda se considera, para uma classificação mais acurada, o tipo de semente, de raiz, de floração etc.

9 – CONCLUSÕES

Ao longo de todo este texto, foram tecidas considerações específicas sobre os diversos assuntos tratados. Deste modo, no presente capítulo será dada maior ênfase a conclusões de carácter genérico. Todavia, serão eventualmente destacadas algumas conclusões sobre tópicos específicos julgadas mais importantes, que se acredita possam vir a subsidiar outras investigações a serem desenvolvidas posteriormente acerca do pensamento dos antigos sobre os materiais de construção: além da bibliografia sobre o tema ser vasta e dispersa, outras explicações e justificações, diferentes das ora sugeridas, podem ser dadas, para esclarecer determinados pontos que foram comentados nos textos consultados.

Uma das conclusões mais importantes a que se chegou foi que, até hoje, não se realizou um estudo filológico cuidadoso da obra vitruviana, comparando, em um único texto, os diversos manuscritos e as várias traduções existentes. Em tal estudo, deveriam ser, ao menos, colocadas em evidência todas as opções dadas no decorrer dos séculos, e nos variados idiomas, para alguns trechos que dão margem a dúvidas. Isto porque, seguramente, tendo em vista o longo tempo decorrido da escrita do texto até hoje, o desaparecimento do manuscrito original, as diversas cópias¹⁵⁶¹ existentes, o facto de existirem traduções adulteradas por seus comentaristas¹⁵⁶², muitos pontos sempre permanecerão obscuros¹⁵⁶³. Actualmente, a depender da versão escolhida para nortear uma pesquisa como a que é ora apresentada, o rumo das conclusões pode ser bastante diferente. Isto porque determinados termos e conceitos apresentam-se de maneira bem diversa de uma publicação para a outra, conforme se exemplificou, à medida que isto se fez necessário.

Provavelmente, uma das razões para o problema existente entre as diversas versões do texto é que a grande maioria dos seus tradutores não era do ramo da construção: eram simplesmente linguistas¹⁵⁶⁴. Por esta razão, julga-se mais prudente, para qualquer investigação que venha a ser feita sobre algum aspecto da obra vitruviana, caso não exista ainda uma compilação do texto nos moldes acima descrito, que mais de uma edição, de preferência em idiomas diferentes, seja utilizada por ocasião do levantamento das informações desejadas. Se possível, ao menos três, incluindo-se entre elas uma que apresente o texto em latim. Isto serviria para se ter uma maior segurança daquilo que fosse afirmado¹⁵⁶⁵.

Além dos problemas com a tradução (ou transcrição) de certos termos constantes do tratado vitruviano, verificou-se que a falta de clareza de certas passagens¹⁵⁶⁶ levaram a erros de interpretação por parte daqueles que o sucederam, ou os conduziram a suposições erróneas. No decorrer dos séculos, os erros foram,

¹⁵⁶¹ Há diferenças entre os documentos, de modo que não são cópias fiéis, daí a necessidade de análise das várias existentes.

¹⁵⁶² Vários dos tradutores/comentaristas do texto vitruviano resolveram trocar, ou acrescentar, palavras segundo o seu entender, por vezes sem explicitar isto no texto.

¹⁵⁶³ Nestes casos específicos, cada investigador poderá, então, fazer sua própria escolha, como se procedeu neste trabalho, porém deixando isto claro para não confundir os leitores.

¹⁵⁶⁴ Ao menos nas versões consultadas foi isto o que se constatou.

¹⁵⁶⁵ Na realidade, está-se propondo a adequação da metodologia recomendada quando se trabalha com a experimentação científica a esta situação específica.

¹⁵⁶⁶ Alberti já havia destacado isto.

então, sendo repetidos, e transmitidos a gerações sucessivas. Como disse Manoel de Azevedo Fortes, "...a escuridão, e ambiguidade dos termos he hum dos maiores obstaculos para poder chegar ao perfeito conhecimento das sciencias"¹⁵⁶⁷.

Após o estudo da tratadística sobre materiais de construção, concordou-se com Georg Germann (séc. XX), quando este autor afirmou que "...les écritures saintes sont à la théologie ce que Vitruve et ses «Dix livres de l'architecture (De architectura libri decem)» sont à l'histoire de l'architecture"¹⁵⁶⁸ : de maneira geral, ao longo dos séculos, a opinião do mestre romano foi repetida praticamente em todos os livros consultados, às vezes como se fosse ideia do autor que o sucedeu, e não como informação contida no texto vitruviano. Ou seja, o texto vitruviano serviu como base para os demais. Além disto, tanto as escrituras santas, quanto o tratado de Vitruvius, exigem exegese.

Até mesmo autores, como Félibien, que diziam, no prefácio do seu texto, que Vitruvius não deveria ser tão seguido, nem tão aceite¹⁵⁶⁹, o citaram ao longo de toda a obra com muita frequência, prova de que concordavam com o pensamento do ilustre tratadista.

Após a finalização desta investigação, pode-se afirmar, sem a menor sombra de dúvida, que o texto de Vitruvius foi a referência mais importante para todos os autores que abordaram o assunto dos materiais de construção, até o século XVIII. Por outro lado, o texto de Alberti, o primeiro tratado impresso de arquitectura, bastante citado pelos autores estudados, também merece destaque¹⁵⁷⁰. Verificou-se, igualmente, a grande importância dos textos elaborados pelos engenheiros militares, principalmente nos séculos XVII e XVIII, para o conhecimento dos materiais de construção. No caso dos livros, foram textos muito difundidos¹⁵⁷¹, mas documentos de carácter diversos também consistem em uma boa fonte de informações sobre o assunto. Bastante útil, especialmente para se ter como comparar a teoria e a prática.

Uma outra constatação que se pôde fazer foi que alguns autores repetiram, durante muito tempo, informações sem comprovação histórica ou científica, propagando, assim, falsidades que, por vezes, passaram a ser consideradas praticamente como verdades absolutas. Em alguns casos, mesmo após ter sido demonstrado que a interpretação de certos factos estava errada, sob o ponto de vista da ciência, a informação continuou a ser transmitida como verdadeira, o que agravou ainda mais a situação.

¹⁵⁶⁷ AZEVEDO FORTES, Manoel de, *O engenheiro português* (Lisboa Occidental, Manoel Fernandes da Costa, 1728), fac-símile, Lisboa, Direcção da Arma de Engenharia, 1993. t. I, p. [8].

¹⁵⁶⁸ GERMANN, Georg, *Vitruve et le vitruvianisme*, trad. de Michèle Zaugg e Jacques Gluber, Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1991. Parte II, Cap. I, p. 9.

¹⁵⁶⁹ FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture*, 2^a ed., Paris, la Veuve de Jean Baptiste Coignard et Jean Baptiste Coignard Fils, 1690 – "*Vitruvius ne peut estre [sic] trop estimé, ny trop suivr*".

¹⁵⁷⁰ Seu autor, grande architecto, era muito erudito, de modo que o seu tratado, de maneira geral, é mais claro e mais completo que o de Vitruvius, apesar de ainda conter algumas falhas, se analisado estritamente sob o ponto de vista actual. Obviamente, isto era esperado, levando-se em consideração o grande desenvolvimento das ciências desde então.

¹⁵⁷¹ No caso de Portugal, por exemplo, quando os textos não eram redigidos originalmente no idioma português, os próprios militares se encarregavam da tradução daqueles que lhes interessavam.

Apesar de todos estes senões, ressalta-se que o espírito de investigação pôde ser sentido na grande parte dos textos consultados. À guisa de exemplo, citam-se os diversos testes de durabilidade sugeridos para tijolos, telhas e rochas. Já que não se dispunha, há alguns séculos, de conhecimentos suficientes para averiguar a qualidade daqueles materiais de construção por meio de ensaios laboratoriais, foram desenvolvidos, através da observação, testes empíricos. Muitos destes testes são, inclusive, utilizados até hoje, em certas circunstâncias, para se ter uma ideia acerca do comportamento do material¹⁵⁷².

Durante séculos, muitos ensinamentos foram simplesmente repetidos pelos tratadistas, sem que fossem ao menos questionados dentro da boa prática cartesiana. Isto porque a ciência não havia avançado, ainda, a ponto de alterar conceitos então tidos como verdadeiros. Nem havia proporcionado conhecimentos e/ou equipamentos para a realização de determinados ensaios que pudessem ratificar, ou rectificar, o que era tido como correcto, anteriormente.

Até hoje, facto similar ainda ocorre, felizmente com uma menor frequência. Contudo, muitas informações erradas acerca dos materiais de construção continuam a ser passadas aos leitores. Normalmente isto é feito sem que sejam citadas as fontes bibliográficas, ou que o autor se reporte a resultados de ensaios laboratoriais ou observações sistemáticas.

Nos textos consultados, foi possível encontrar informações correctas sobre as características dos materiais de construção, ou mesmo sobre o seu comportamento, porém em muitos casos com justificações erradas. Isto demonstra a perspicácia dos autores para observar os fenómenos que ocorriam a quando da aplicação de tais materiais, incluindo os efeitos nocivos do meio ambiente, no decaimento das obras. Hoje, apesar de ter-se apoio da ciência e as justificações para determinadas características e comportamento dos materiais de construção serem conhecidas, muitas vezes os profissionais que trabalham na construção civil não se preocupam com estes tipos de problemas ou deles não se apercebem, e a durabilidade do edifício é reduzida. Ou seja, mesmo com todo o apoio tecnológico actualmente disponível, por vezes a falta de cuidado dispendida ao preparo e à aplicação dos materiais de construção, nos dias actuais, é responsável pela menor durabilidade das construções.

São muito interessantes as observações feitas há mais de duzentos anos, por exemplo, no que diz respeito à durabilidade das rochas, pois de facto traduzem a realidade, apesar de terem às vezes sido incorrectamente justificadas. Com o carácter de ilustração, pode-se citar o conhecimento de que os veios, eventualmente existentes, constituem-se em zonas susceptíveis à degradação, o que ao menos desde o tempo de Alberti tinha sido observado.

A elaboração de pormenores, nos projectos, visando a protecção de determinados materiais de construção, também foi uma sugestão simples, e básica, recomendada outrora, e que é actualmente negligenciada. Por esta razão, muitos dos erros detectados pelos antigos com relação à especificação de materiais persistem até

¹⁵⁷² Isto é recomendado como uma verificação mais expedita quando do recebimento dos materiais de construção, na obra, principalmente se há suspeita da sua má qualidade.

hoje, e acarretam problemas graves para a obra e, muito frequentemente, para seus usuários, pelo menos dentro da realidade brasileira.

Foram sentidas, em muitos dos textos consultados, preocupações com a qualidade do material, com seu preço ou com a sua disponibilidade, o que por vezes também não é considerado nas construções actuais¹⁵⁷³.

A preocupação com a qualidade dos materiais e com a execução da obra somente passou a ser mais efectiva nos últimos anos da década de Noventa do século XX, tendo em vista as exigências dos consumidores e os programas de qualidade total que começaram a ser implantados. Hoje, alguns materiais de construção de qualidade duvidosa, porém, são ainda frequentemente utilizados apenas pelo seu custo reduzido. Outros, de boa qualidade, são excessivamente onerosos, difíceis de se conseguir e por vezes até dispensáveis, como é o caso da importação de rochas ornamentais, principalmente italianas, que tem sido feitas com frequência no Brasil.

À medida que é aprofundado, na bibliografia anterior ao século XIX, o estudo dos materiais de construção, passa-se a compreender melhor os problemas com os quais se tem que deparar quando da conservação e do restauro de um monumento. No caso da composição de argamassas antigas, por exemplo, verifica-se que se torna cada vez mais difícil chegar a uma conclusão definitiva quando de sua análise. Em alguns casos, através do uso de técnicas de investigação complementares, pode-se determinar a presença de um certo componente (v. g. a individualização da pozolana). O problema residiria, neste caso específico, em como conseguir fazer a dosagem correcta dos materiais empregues.

Ainda com relação à determinação dos traços originalmente utilizados nas argamassas, é praticamente impossível tirar conclusões positivas acerca da sua composição quando do uso de aditivos orgânicos, que sofrem alterações com o passar dos anos, ou mesmo quando componentes como a "*mortier-Loriot*" tiverem sido acrescentados à mistura¹⁵⁷⁴.

No caso do uso de cinzas de Tournai, por exemplo, talvez também não se viabilize a constatação da sua presença, mas apenas seja possível a determinação da hidraulicidade da mistura. Se esta afirmação for verdadeira, não se poderia recompor o traço original da argamassa.

Outros factores também contribuem para a grande dificuldade de determinação dos traços originais das argamassas: os valores recomendados nos textos consultados variaram muito¹⁵⁷⁵; foram muitas as adições citadas ao longo dos séculos; por vezes foram usados determinados constituintes em substituição à areia; os tipos de cal e areia empregues variaram; a maneira de preparar tais argamassas igualmente variou. Além disso, também foram mencionadas argamassas compostas unicamente por cal e óleo.

¹⁵⁷³ Facto observado à luz da realidade brasileira.

¹⁵⁷⁴ Sendo esta argamassa preparada com uma pasta de cal extinta e areia, ou cal extinta e pó cerâmico, traço 1:2, misturada pela segunda vez com determinada proporção de cal viva em pó, não se teria condições, através dos percentuais encontrados para os diversos constituintes por meio de ensaios e análises laboratoriais, de determinar-se a sua composição original.

¹⁵⁷⁵ Pelo menos de 1:0,5 a 1:7, no caso de argamassas simples de cal e areia.

Uma outra dificuldade, quando é tentada a reconstituição do traço das argamassas, é que, caso a areia usada tenha sido carbonática, o resultado do ensaio é falseado: com a libertação de gás carbónico, em decorrência da decomposição da areia, o valor correspondente ao percentual de carbonatos é atribuído à cal. Aumenta-se, pois, o percentual teórico de cal e o de areia sofre redução. Além deste problema, tem-se que, quando determinada porção de argila é eventualmente detectada em testes de laboratório, não se pode afirmar com segurança se seria proveniente da areia ou da cal, como impureza, ou se teria sido usada como ingrediente deliberadamente introduzido na mistura¹⁵⁷⁶. O que é certo é que a argila é um ingrediente com frequência detectada em argamassas antigas. Quanto a este aspecto, concorda-se com Michel Frizot¹⁵⁷⁷.

Alguns dos autores consultados mencionaram que a variação dos componentes de uma argamassa dependia tanto da qualidade dos materiais, quanto da finalidade à qual se destinava a mistura e à disponibilidade local. Contudo, não consideravam a granulometria, nem o inchamento da areia, assim como não entendiam o comportamento químico dos diversos ingredientes da mistura entre si. Às vezes, por falta de conhecimentos, tanto teóricos, quanto práticos, limitavam-se a repetir o que outros autores já haviam dito, sem reflectir se as circunstâncias de sua recomendação eram as mesmas. Ou então aventuravam-se a tecer considerações mirabolantes, baseadas em factos impossíveis de serem comprovados nos períodos em que viveram.

Entretanto, não é por certos autores terem emitido opiniões hoje consideradas como absurdas sobre o comportamento, ou a constituição, de alguns materiais de construção, que seus textos deixam de ser importantes, ou interessantes, para a época actual. Pelo contrário, valeria a pena, por exemplo, o manuscrito de Diogo da Sylveira Vellozo ser publicado, para abranger um público maior, e não ficar restrito apenas àqueles frequentadores da Biblioteca da Ajuda¹⁵⁷⁸. O mesmo pode-se dizer dos códices *Jornada pelo Tejo* e *Additamento: ao livro Jornada pelo Tejo*, da autoria de Jozé Manuel de Carvalho Negreiros, que apesar de apresentarem inúmeros trechos transcritos do texto *Problema de architectura civil*, de Mathias Ayres Ramos da Sylva de Eça, são textos interessantes, bem estruturados e que contêm algumas informações originais. Afinal de contas, na época não existia o problema dos direitos autorais, e era inclusive louvável a reprodução de trechos de livros de autores conhecidos. Se hoje, que estes direitos existem, há pessoas inescrupulosas que transcrevem, na íntegra, o trabalho de outros, sem ao menos citar a fonte, por que não se difundir textos de um profissional que muito trabalhou, na sua época, e muito se esforçou para aplicar e divulgar os conhecimentos então vigentes? Seria bom que isto fosse feito enquanto os códices, de propriedade, nomeadamente, do Arquivo Histórico

¹⁵⁷⁶ Geralmente, quando a argila é encontrada em pequenas quantidades considera-se que entrou na mistura como impureza.

¹⁵⁷⁷ FRIZOT, Michel, «L'analyse des mortiers antiques», *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings* (actas do simpósio de Roma, 3-6.11.1981), Roma, ICCROM, 1982. p. 331-339. p. 334.

¹⁵⁷⁸ Dada a boa caligrafia e a organização do texto, possivelmente poderia ser publicado até mesmo em fac-símile.

Militar e da Biblioteca Nacional de Lisboa, encontram-se ainda em condições de serem manuseados.

Constatou-se que muitos dos problemas que afectaram as construções, e por vezes ainda podem ser notados, tanto em monumentos históricos, quanto em construções actuais, foi que, mesmo tendo-se o conhecimento de determinados factores de sua degradação, estes eram eventualmente relegados a segundo plano, em detrimento de outros interesses. A falta de cuidados com a secagem da madeira, antes do seu uso na edificação, é um bom exemplo: apesar dos profissionais e dos comerciantes terem consciência, de maneira geral, que tal etapa de produção é fundamental para a obtenção de um material de boa durabilidade e que não venha a apresentar defeitos, quando da sua utilização, por vezes não é observada.

No decorrer deste trabalho, como acontece em qualquer investigação, várias interrogações, que poderiam dar origem a muitas outras investigações, se abriram. Evidentemente, teve-se que resistir à tentação de seguir todos os caminhos apontados, sob pena do distanciamento da meta proposta. Sugerem-se, entretanto, diretrizes que podem ser seguidas em trabalhos futuros:

- Dar continuidade aos ensaios de caracterização de cais provenientes de organismos marinhos – Tais organismos são materiais que apresentam constituição muito variável, de um local para o outro. Se as rochas de uma mesma jazida apresentam, por vezes, propriedades diferentes¹⁵⁷⁹, quanto mais os calcários marinhos. Daí a recomendação para a sua melhor caracterização;
- Preparar argamassas a partir das cais extintas em laboratório e verificar a sua resistência à compressão – Neste sentido, vários corpos de prova deverão ser feitos, e submetidos a um longo período de cura;
- Analisar o comportamento de argamassas quando da presença de diferentes aditivos orgânicos – No caso, seria necessário escolher alguns aditivos, preparar provetes e ensaiá-los, efectuando, paralelamente, o estudo de amostras de argamassas provenientes de monumentos históricos;
- Tentar descobrir a presença de cinzas de Toumai nalguma antiga especificação para as obras de determinado monumento¹⁵⁸⁰, e analisar várias amostras, ou mesmo preparar o material conforme as receitas de Belidor, J. F. Blondel e Milizia, avaliando-o posteriormente – Na realidade, seria interessante fazer ambas as avaliações, para que se tivesse um melhor conhecimento deste tipo de argamassas outrora utilizadas, especialmente com a finalidade de intervir em monumentos a serem conservados ou restaurados. Facto similar é sugerido no caso das argamassas contendo outros ingredientes até então pouco estudados;
- Verificar o índice de saponificação de argamassas de cal e óleo, por meio de ensaios químicos, de modo a ter-se noção do seu comportamento quando empregue na vedação de tubos ou em rejuntamento;

¹⁵⁷⁹ Qualquer material natural apresenta, obviamente, pequenas diferenças de constituição e comportamento, visto que não segue padrões rigorosos de produção, como numa indústria.

¹⁵⁸⁰ Talvez isto seja mais fácil para monumentos erigidos na própria região de Toumai, tendo-se em vista não acreditar que tais cinzas tenham tido ampla utilização na Europa.

- Observar eventuais diferenças de comportamento das argamassas caso o "ciment" seja proveniente de pó de tijolo ou pó de telha – Pode-se testar, inclusive, material proveniente de telhas e tijolos usados e novos;
- Repetir alguns dos ensaios com madeiras de tipos diversos, conforme dimensões constantes da tabela do Coronel Reboxo e fórmulas encontradas no texto de Belidor. Recomenda-se que sejam repetidos aqueles ensaios que, conforme consta das observações de época, tenham sido feitos com peças sem defeitos.

BIBLIOGRAFIA

FONTES MANUSCRITAS

AHM, 2ª Div., 1ª Secção, Cx. 1, P.º 26, 1779/1780. *Mappa da experienciaz das madr.ª q' fêz nesta Cid.º da B.ª o Coronel d'Artr.ª de Gôa Theodozio da S.ª Raboxo* [sic], Copista: Joze Gonçalvez Galiano (tabela dos ensaios, assembleia que os presenciou, observações).

AHM, 3ª Div., 13ª Secção, Cx. 1, Doc. n.º 44, 1750. WEINHOLTZ, Frederico Jacob, *Copia das informações: e respostas a algumas ordens, perguntas e objecções sobre o estabelecimento de armazens de pólvora, com as plantas dos sitios examinados desde o anno de 1743 até o de 1748. Por Frederico Jacob Weinholtz, Coronel de Infantaria, com Exercício de Engenheiro, e na Artilheria.*

AHM, 3ª Div., 13ª Secção, Cx. 1, Doc. n.º 53, 1760. Fábrica de pólvora de Barquerena/corte de madeira. Memórias de Jozé António de Macedo ao Dr. Luiz da Cunha, do ano de 1760.

AHM, 3ª Div., 13ª Secção, n.º 47, Cx. 2. 1793. Arsenal do Exército. *Documento assinado por Bartholomeu da Costa, Marechal de Campo, informando os materiais e equipamentos que se encontravam no Parque de Santa Clara, incendiado em 16/Junho/1793.*

AHU, CA, Bahia, vol. II, Doc. n.º 10435, 4/Novi/1779. *Carta do Coronel Theodosio da Silva Rebouças* [sic] *relatando serviços prestados em Goa e na sua passagem pela Bahia.*

AHU, CA, Bahia, vol. II, Doc. n.º 10529/30, 1780. *Mappa da experienciaz das madr.ª q' fêz nesta Cid.º da B.ª o Coronel d'Artr.ª de Gôa Theodozio da S.ª Raboxo* [sic]. Copista: Joze Gonçalvez Galiano (não contém o texto correspondente às observações)

AHU, CA, Bahia, vol. II, Doc. n.º 10566/10567, 28/Abril/1780. Carta encaminhando peças de madeira e seu respectivo conhecimento de carga da Bahia para Lisboa, para serem testadas pelo Coronel Reboxo.

AHU, CA, Bahia, vol. II, Doc. n.º 10952, 3/Fev/1782. Relação de madeiras enviadas a Lisboa.

AHU, CA, Bahia, vol. III, Doc. n.º 13769 (anexo ao Doc. n.º 13766), 10/Jul/1790. *Memória sobre as madeiras das matas do termo da vila de Cachoeira (Bahia), redigida pelo Juiz de Fôra Joaquim de Amorim Castro, em 1790, para D. Maria I.*

AHU, CA, Bahia, vol. IV, Doc. n.º 20862, 12/Set/1800. *Regimento da conservação das matas e corte das madeiras.*

AHU, CA, Bahia, vol. III, Doc. n.º 12949, 06/Jun/1788. PORTUGAL, Gov. D. Fernando Joze, *Correspondência encaminhada ao o Sr. Martinho de Mello e Castro na qual informa o transporte dos búzios para a Fortaleza da Ajuda, em S. Tomé e Príncipe.*

AHU, CA, Bahia, vol. III, Doc. n.º 27113, 1803. SANTOS, João da Silva, *Mappa e decripção da costa, rios e seus terrenos, de toda a capitania de Porto Seguro.*

AHU, CA, Bahia, vol. III, Doc. n.º 12564, 30/Jul/1787. *Officio de D. Rodrigo José de Menezes para o Sr. Martinho de Mello, e Castro.*

- AHU, CA, RJ, Doc. n.º 18039, 20/Mar/1752. *Consulta ao Conselho Ultramarino, sobre a informação que enviára o gov. do R.J. ácerca da insuficiencia da alfandega d'aquella cidade e a necessidade de construir um novo edificio para a sua instalação.*
- AHU, CA, SP, vol. IX, Cx. 44, n.º 44, 10/Ago/1798. *Of. de António Manuel de Melo Castro e Mendonça para D. Rodrigo de Sousa Coutinho.*
- AHU, CA, SP, vol. IX, Cx. 44, n.º 44, Doc. n.º 3507, 25/Abril/1798. *Of. de António Manuel de Melo Castro e Mendonça para D. Rodrigo de Souza Coutinho.*
- AHU, CA, SP, vol. IX, Cx. 44, Doc. n.º 3507, p. 256/257. *Carta Régia de 13/Março/1797 e Bando Real, assinado por D. Maria I.*
- AHU, Mss. 245, *Registo de Cartas Régias (1675-1695)*, fls. 124. Papel que veyo por copia incluso no dito Decreto, sobre se minorarem os preços das obras das fortificações da Cid.º da B.ª Bahia, Março de 1686.
- ANTT, Papéis do Brasil, avulsos 3, n.º 6, 13/8/1551. *Fundação da Bahia, profissões, assuntos interessantes.*
- BAj, cota: 51-IX-21, p. 40. *Carta sobre fortificação de Angola.*
- BPMP, Mss. 1555. *Regimento do officio de pedreiros e taipeiros da cidade do Porto e sua comarca e estatutos da confraria da glorioza virgem, e martir Santa Luzia sua protectora collocada na Se Cathedral da mesma cidade.* 1816.
- COSTA, Miguel Pereira da, *Extracto da fortificação desta Praça da Bahia estado em q se acha, remédio de q neççita*, Bahia, Mss. cota 54-IX-8, n.º 60 (BAj), 17/Jun/1710.
- COUTINHO, João, «Informação e parecer da Planta da Bahia, que enviou João Cout.º Engenhr.º de Pern.º. Relação da fortificação da Cid.º da B.ª de Todos os Santos, e da forma em q se deve fazer. Discrição da Cidade», *Registo de cartas régias (1675-1695)*, Bahia, Mss. 245 (AHU), 30/Mar/1685. fls. 124v.
- COUTO, Mattheus do (o Velho), *Tractado de architectura qué leo o mestre, e architº Mattheus do Couto o Velho no anno de 1631*, [Lisboa], 1631. Cód. F. 7752 (BNL).
- GEHAFOM, Doc. n.º 1084, estante 3, Prat. III, Pasta 84.
- NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Additamento ao livro Jornada pelo Tejo*, [Lisboa], Cód. 3758-62 (BNL), 1797. 5 vol.
- NEGREIROS, Jozé Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo: dividida em 12 dias em cada um dos quais se trata de várias matérias concementes à architectura civil e seus pertences*, [Lisboa], Cód. 80 (AHM), 1792.
- PIMENTEL, Francisco, COUTO, Matheos do, FERREIRA, Manuel Gomes, «Parecer dos engenheir.ºs desta Corte, sobre as fortificações da Cid.º da B.ª, de q. trata a carta asima, e veyo incluso no Decreto de S Mg.º, por onde ella se expedio», *Registo de cartas régias (1675-1695)*, Lisboa, Mss. 245 (AHU), 21/Mar/1686.
- SAVARY, *Diccionario de commercio e industria*, trad. de Alberto Jacqueri Salles, [Lisboa], Cód. MEPAT, anterior a 1813. 3 vol.

SOUSA, Gabriel Soares de, *Noticia do Brazil: descripçam verdadeira da costa daquelle estado que pertence a coroa do Reyno de Portugal, sitio da Bahia de Todos os Santos & fertilidade daquelle provincia, com rellação de todas as aves, animaes, peixes, bichos plantas, e costumes dos gentios muita sarta, e curiosa*. BAj, Mss., 1587.

TOSCA, Tomaz Vicente, «Tratado de architectura civil», *Compendio mathematico* (trad. portuguesa), s.l., Cód. cota 49-I-26 (BAj, cat.: 141), s.d. t. V, tractado XIV.

VELLOZO, Diogo da Sylveyra, *Architectura militar ou fortificação [sic] moderna*, Pernambuco, Cód. 49-III-3 (BAj), 1743.

FONTES IMPRESSAS

AGRICOLA, Georgius, *De re mettalica* (1561), trad. de Herbert C. Hoover e Lou H. Hoover, reimpressão do texto publicado pela The Mining Magazine (Londres, 1912), New York, Dover Publications, 1986.

AGRIPPA, Henr. Com., *La philosophie occulte*, Haia, R. Chr. Alberts, 1727.

AIRES-BARROS, Luís, *Alteração e alterabilidade das rochas*, Lisboa, INIC, 1991.

AHM, «Memoria estatistica-economico-administrativa sobre o Arcenal do Exercito, fabricas e fundiçoens da Corte do Rio de Janeiro: apresentada por permissão de Sua Alteza Real o Principe Regente do Reino do Brasil á comissão militar encarregada do exame do estado actual do mesmo Arcenal, e suas dependencias» (1822), *Boletim do Arquivo Histórico Militar*, 1939, vol. IX, p. 91-119.

AHU, CA, Bahia, vol. III, Doc. n.º 13769 (anexo ao Doc. n.º 13966). CASTRO, Joaquim de Amorim, *Relação das madeiras que há no termo de Cachoeira*. Bahia, 10/Julho/1790. p.159-172.

ALBERTI, Leon Battista, *De re ædificatoria* (Florença, 1495), trad. de Giovanni Orlandi, introd. e notas de P. Portoghesi, ed. bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão, Il Polifilo, 1966. 2 vol.

ALBERTI, Leon Battista, *On the art of building in ten books*, trad. de Joseph Rykwert, Neil Leach e Robert Tavernor, 6ª impressão, Cambridge, Massachusetts, MIT, 1996.

ALVARENGA, Maria Auxiliadora Afonso, «Adobe: constructive method and thermic characteristics», *Actas da 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture – Adobe 90*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990. p. 357-362.

ANDRADE, Rodrigo M. F., *Artistas coloniais*, RJ, MEC, 1958. Apud SIMAS FILHO, Américo, *A propósito de Luís Dias*, Salvador, FGM, 1998.

ARCHIVES DES DÉCOUVERTES et inventions nouvelles: faites dans les sciences, les arts et les manufactures, tant en France que dans les pays étrangers, pendent l'année 1825, Paris, Treuttel et Würtz, 1826.

ARNAIZ, Dom Macario de, *Tratado de conocimiento y elaboracion de los hierros y aceros: seguida de un apéndice sobre la conversion del hierro colado en maleable*, Madrid, Imprenta de Araujo, 1852.

- ARNAU AMO, Joaquín, *La teoría de la arquitectura en los tratados: Vitruvio*, Madrid, Teba Flores, s.d.
- AROMATICICO, Andrea, *Alchimia, l'oro della conoscenza*, Itália, Electa/Gallimard, 1996.
- ASHBY, *Architecture of ancient Rome*, Londres, 1927. Apud PLOMMER, Hugh, *Vitruvius and later Roman building manuals*, Cambridge, The University Press, 1973.
- ASHURST, Jonh, *Mortars, plasters and renders in conservation*, Londres, EASA/RIBA, 1983.
- AUBIER, Catherine, *Tigre*, trad. de Eliani Fitipaldi Pereira, São Paulo, Pensamento, s.d. Col. Zodíaco Chinês (1ª ed., Paris, M. A., 1982).
- AUSTIN, George S., «Adobe and related building materials in New Mexico, USA, 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture – Adobe 90, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990, p. 417-423.
- AVERLINO, Antonio (o Filarete), *Trattado di architettura* (texto aos cuidados de Anna Maria Finoli, Liliana Grassi), Milão, Il Polifilo, 1972, Col. Trattati di architettura, aos cuidados de P. Portoghesi e R. Bonelli. 2 vol.
- AZEVEDO, Domingos de, *Grand dictionnaire contemporain portugais-français*, Lisboa, Antonio Maria Pereira, 1889. vol. II.
- AZEVEDO FORTES, Manoel de, *O engenheiro português* (Lisboa, Manoel Fernandes da Costa, 1729), fac-símile, Lisboa, Direção da Arma de Artilharia, 1993. t. II.
- AZEVEDO, Hélio C. A. de, COSTA, Paulo Henrique de O. (coord.), *Catálogo de rochas ornamentais da Bahia-Brasil*, Salvador, Gov. do Estado da Bahia/SIC/SGM, 1994.
- BACELLAR, Ruy H., *Formulário técnico*, RJ/SP/Porto Alegre, Globo, 1959.
- BAHIA, Secretaria de Indústria e Comércio, *Inventário de proteção do acervo cultural da Bahia: monumentos e sítios da Serra Geral e Diamantina*, Salvador, SIC, 1980. vol. IV.
- BAILS, Benito, *De la arquitectura civil* (1796), fac-símile, Murcia, Col. Of. de aparejadores y arq. tecnicos, 1983. t. IX, Elementos de matematica.
- BARIOLA, J., TINMAN, M., ORTIZ, R., ALBERCA, B., VARGAS, J., «Comportamiento estructural de la quincha», *Actas da 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture – Adobe 90*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990, p. 311-321.
- BAUER, L. A. Falcão (coord.), *Materiais de construção*, 4ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 1992. vol.II.
- BAUMÉ, Antoine, *Manuel de chymie ou exposé des opérations de la chymie et de leurs products*, 2ª ed. (rev. e aum.), Paris, Théophile Barrois, 1766.
- BAZIN, Germain, *A arquitetura religiosa barroca no Brasil*, tradução de Glória Lúcia Nunes, Rio de Janeiro, Record, 1983. vol. I.
- BELAIR, A. P. Julienne, *Élemens de fortification, renfermant ce qu'il étoit nécessaire de conserver des ouvrages de Le Blond, de Deidier et autres auters: on y a joint l'examen raisonné des principes sur l'art des fortifications du Maréchal de Vauban, de Saxe, ...et de*

plusiers autres ingénieurs, anciens et modernes, françois et étrangers: suivis d'un dictionnaire militaire: ...et d'une explication de ses planches, Paris, Margimel, 1793.

BELLUZZI, Giovan Battista, «Il trattato delle fortificazioni di terra», LAMBERINI, Daniela, *Il disegno interrotto: trattati medicei d'architettura (estratto)*, Documenti inediti di cultura toscana, vol. IV, Florença, Gonnelli, 1980. Com transcrição integral do Mss. da *Biblioteca Riccardiana di Firenze* (Ric. 2587).

BELIDOR, Bernard Forest de, *Architecture hydraulique, ou l'art de conduire, d'élever et de ménager les eaux pour les différens besoins de la vie*, Paris, Jombert Jeune, 1782/1790.

BELIDOR, Bernard Forest de, *Dictionnaire portatif de l'ingénieur*, Paris, Charles-Antoine Jombert, 1755.

BELIDOR, Bernard Forest de, *La science des ingenieurs, dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile*, Paris, Claude Jombert, 1729.

BELIDOR, Bernard Forest de, «Reflexions générales», *Oeuvres diverses concernant l'artillerie et le genie*, Amsterdão/Leipzig, Arkstée & Merkus, 1764.

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette, «Lavoisier: uma revolução científica», SERRES, Michel (dir.), *Elementos para uma história das ciências*, trad. de Rui Pacheco, Magda Figueiredo, Ana Paula Costa e Ana Simões, Lisboa, Terramar, s.d., vol. II, p. 197-221.

BERTAGNIN, Mauro, «De Cointeraux à del Rosso: la diffusion de la pensée technologique à la recherche des derniers témoignages d'architectures en pisé de Toscane», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra – Terra 93. Silves, 24-29/10/93*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 153-158.

BERTAGNIN, Mauro, *Il pisé e la regola: manualistica settecentesca per l'architettura in terra. Riedizione critica del manuale di Giuseppe del Rosso Dell'economica costruzione delle case di terra (1793)*, Colecção Il modo di costruire, Roma, Edilstampa, 1992.

BERTHAULT-DUCREUX, *Théorie et pratique des mortiers et ciments romains*, Paris, Carillion-Goeury, 1833.

BERTRAND, Léon, *Histoire géologique du sol française*, Paris, Flammarion, s.d., vol. I.

BIBIENA, Ferdinando Galli, *Direzioni à giovani studenti nel disegno dell'architettura civile*. Bolonha, 1745.

BÍBLIA SAGRADA (A), trad. de João Ferreira de Almeida, ed. revista e actualizada no Brasil, Brasília, Sociedade Bíblica do Brasil, 1969.

BIRINGUCCIO, Vannoccio, *De la pirotechnia (1540)*, sob os cuidados de Adriano Carugo, Milão, Il Polifilo, 1977. vol. I. Colecção Libri rari.

BLANC, Annie, LORENZ, Claude, «Etude géologique des anciennes carrières de Paris», *Géologie de l'ingénieur appliqué aux travaux anciens, monuments et sites historiques*, Rotterdão, Marinos & Koukis, 1988, p. 639-647.

BLONDEL, François, *Cours d'architecture enseigné dans l'Academie Royale d'Architecture*, Parte I, Paris, F. Blondel, 1698.

- BLONDEL, Jacques-François, *Cours d'architecture: ou traité de la décoration, distribution & construction des bâtiments; contenant les leçons données en 1750, & les années suivantes, par J.F. Blondel, architecte, dans son École des Arts, Paris, Desaint, 1771-1777. 9 vol.*
- BLONDEL, Jacques-François, *Discours sur la nécessité de l'étude de l'architecture. De l'utilité de joindre a l'étude de l'architecture celle des sciences et des arts qui lui sont relatifs (1754 e 1771), Genebra, Minkoff, s.d.*
- BLUTEAU, Raphael (Pe.), *Vocabulario portuguez & latino, Coimbra, Collegio das Artes da Companhia de Jesu, 1712. vol. I.*
- BLUTEAU, Raphael (Pe.), *Vocabulario portuguez & latino, Lisboa, Paschoal da Sylva, 1716. vol. V e VI.*
- BONAZZI, Achile, FIENI, Laura, «Uso e fortuna delle malte d'argilla nell'Italia settentrionale: prime ricerche su Cremona», *Revista Trimestral di Restauro, Milão, Franco Angeli, 1995, n.º 1, p. 44-52.*
- BONET CORREA, Antonio, *Biblioteca de arquitectura, ingeniería y urbanismo en España (1498-1880), Madrid, Turner, 1980. vol. I.*
- BONIFÁCIO, Horácio Manuel, *Polivalência e contradição seiscentista, o barroco e a inclusão de sistemas ecléticos no séc. XVIII. A segunda geração de arquitectos, Lisboa, Fac. de Arq. da Univ. Técnica de Lisboa, 1990. Tese de doutoramento (policopiada).*
- BONNAMI, H., *Fabrication et controle des chaux hydrauliques et des ciments, Paris, Gauthiers-Villars et fils, 1888.*
- BOUILLET, M. N., *Dictionnaire universel des sciences, des lettres et des arts, 12ª ed., Paris, Hachette et C^{ie}, 1877 (1ª ed.: 1854).*
- BOYNTON, Robert S., *Chemistry and technology of lime and limestone, Nova Iorque/Londres/Sydney, Interscience, 1966.*
- BRAZINHA, Joaquim José et al (coord. e redacção), *Batir en terre en Mediterranee/Construir em terra no Mediterrâneo (actas do colóquio realizado em Silves, Outono de 1992), Silves, Câmara Municipal de Silves, 1993.*
- BRANCA, Giovanni, *Manuale d'architettura, comentários e acrescentos de Giovanni Soli, 5ª ed., Modena, Soc. Tipografica, 1789.*
- BRANCA, Juan, *Manual de arquitectura, trad., comentários e acrescentos de D. Manuel Hijosa, [6ª ed.], Madrid, Viuda de D. Joachîn Ibarra, 1790.*
- BRANCO, J. Paz, *Manual do pedreiro, Lisboa, LNEC, 1981.*
- BRANDI, Cesare, *Teoría de la restauración, trad. de María Angeles Toajas Roger, Madrid, Alianza Forma, 1996.*
- BRISEUX, Charles Etienne, *L'art de bâtir des maisons de campagne: où l'on traite de leur distribution, de leur construction, & leur décoration, Paris, Prault Pere, 1743.*
- BROTERO, Felix Avellar, *Compendio de botanica, ou noções elementares desta sciencia, segundo os melhores escritores modernos, expostas na lingua portugueza, t. II. Paris, s.n., 1788.*

- BRUNET, Jacques-Charles, *Manuel du libraire et de l'amateur des livres*, 2ª ed., Paris, Brunet, 1814. 5 vol.
- BRUNET, Jacques-Charles, *Manuel du libraire et de l'amateur des livres*, Copenhagen, Rosenkilde et Bagger, 1966. 5 vol.
- BUGINI, Roberto, TONIOLO, Lucia, «La presenza di "grumi" bianche nelle malte antiche», *Revista Arkos*, n.º 12, Milão, Be-ma, Dez/90, p. 4-8.
- BULLET, Jean-Baptiste, *L'architecture pratique, qui comprend le detail du toisé, & du devis des ouvrages de massonnerie, charpenterie, menuiseries, serrurerie, plomberie, vitrerie, ardoise, tuile, pavé de grais & impression*, Paris, Ch. J. B. Delespine & Jean-Th. Herissant, 1741 (1ª ed.: anterior a 1729).
- BURY, John, «Renaissance architectural treatises and architectural books: a bibliography», *Les traités d'architecture de la renaissance* (actas do colóquio de Tours, 1-11, Jul., 1981), Col. dirigida por André Chastel e Jean Guillaume, Paris, Picard, p. 485-503.
- CAILLEUX, André, *Les roches*, Paris, Presses Univ. de France, 1959. Coleção Qui sais-je?.
- CALVINO, F., *Lezioni di litologia applicata*, Pádua, CEDAM, 1963. Apud MONTAGNI, Claudio, *Costruire in Liguria*, Genova, Sagep, 1990.
- CAPRA, Alessandro, *La nuova architettura civile e militare* (Cremona, Pietro Ricchini, 1717), fac-símile, Biblioteca di Architettura, Urbanistica, Teoria e Storia, Col. dirigida por Roberto Fregna e Giulio Nanetti, n.º 14, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1987. t. I (La nuova architettura famigliare).
- CAPRA, Alessandro, *La nuova architettura civil, e militare*, Cremona, *Stamperia di Pietro Ricchini. A spese del sudetto, e di Giuseppe Forbici*, 1717. vol. II.
- CARAMUEL Y LOBSKOWITZ, Juan, *Architectura civil recta, y obliqua, considerada y dibuxada en el templo de Jerusalem*, Vegeven, Empreanta Obispal, 1678. t. II.
- CARNEIRO, Edison, *A cidade do Salvador (1549)*, 2ª ed., Salvador, Econômico e Administração, s.d.
- CARUSI, Paola, «L'Alchimia», *Storia della chimica, dalla ceramica del Neolitico all'età della plastica*, a/c Antonio di Meo, 2ª ed., Venezia, Marsilio Editori, 1990. p. 33-71.
- CASTANHEIRA DAS NEVES, J. da P., «Estudo sobre algumas caes hydraulicas e magnesianas nacionaes», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Lisboa, t. XXIII, Jul/Set 1892, n.º 271 a 273. p. 207-304.
- CASTANHEIRA DAS NEVES, J. da P., «Extracto do relatorio sobre experiencias de argamassas feitas na Inspecção das Fortificações de Lisboa», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Lisboa, t. XXVI, Jul/Ago 1895. p. 315-333.
- CASTANHEIRA DAS NEVES, J. da P., «Memoria sobre as investigações experimentaes e ensaios de resistencia dos materiaes de construcção», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Nov./Dez. 1893, t. XXIV, p. 497-522.

- CASTANHEIRA DAS NEVES, J. da P., «O quinto congresso internacional para a unificação dos métodos de ensaio dos materiais de construção», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Nov./Dez. 1895, t. XXV, n.º 311 e 312, Secção doutrinal, p. 563-574.
- CASTELLO BRANCO, Antonio do Couto, *Memórias militares*. Amsterdão, Miguel Diaz, 1719.
- CASTILHO, Júlio de, *Lisboa antiga, bairros orientais*, 2ª ed. (rev., ampl. e com anotações do Eng. Augusto Vieira da Silva), Lisboa, S. Industriais da CML, 1937.
- CASTRO, Alberto Gomes de, LIMA, António Vasconcelos, *Ciência e tecnologia dos materiais*, Gondomar, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1988.
- CASTRO E ALMEIDA, Eduardo de, *Inventário dos documentos relativos ao Brasil existentes no Arquivo de Marinha e Ultramar de Lisboa*, Bahia, vol. I (1613-1762), Rio de Janeiro, Bibliotheca Nacional, 1913.
- CASTRO E ALMEIDA, Eduardo de, *Inventário dos documentos relativos ao Brasil existentes no Arquivo de Marinha e Ultramar de Lisboa*, Bahia, vol. II (1763-1786), e vol. III (1786-1798), Rio de Janeiro, Bibliotheca Nacional, 1914.
- CASTRO E ALMEIDA, Eduardo de, *Inventário dos documentos relativos ao Brasil existentes no Arquivo de Marinha e Ultramar de Lisboa*, Bahia, vol. IV (1798-1800), Rio de Janeiro, Bibliotheca Nacional, 1916.
- CASTRO E ALMEIDA, Eduardo de, *Inventário dos documentos relativos ao Brasil existentes no Arquivo de Marinha e Ultramar de Lisboa*, Bahia, vol. V (1801-1807). Rio de Janeiro, Bibliotheca Nacional, 1918.
- CASTRO E ALMEIDA, Eduardo de, *Inventário dos documentos relativos ao Brasil existentes no Arquivo de Marinha e Ultramar de Lisboa*, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Bibliotheca Nacional. 2 vol.
- CATALOGUE DES PRODUITS minéraux du Portugal: Exposition Universelle de Londres (1862), London, C. Whiting/Beauford House, 1862.
- CATANEO, Pietro, *I quattro primi libri di architettura* (Veneza, Figliuoli di Aldo, 1554), fac-símile, Ridgewood, The Gregg Press Incorporated, 1964.
- CATON, M. Porcius, «L'economie rurale», SABOUREUX DE LA BONNETRIE, M., *Traduction d'ancien ouvrages latins: relatifs a l'agriculture et a la médecine vétérinaire, avec des notes*, Paris, P. Fr. Didot, le Jeune, 1771.
- CELLINI, Benvenuto, *Due trattati: uno intorno alle otto principi* (Florença, 1568), *I trattati dell'oreficeria e della scultura di Benvenuto Cellini novamente messi alle stampe secondo la originale dettatura del codice Marciano*, sob a resp. de Carlo Milanese, Florença, Felice le Monier, 1857.
- CEPED, *Manual de construção com solo-cimento*, Salvador, Arco-íris, s.d.
- CHAGAS, José Trindade, «Fortificações de taipa em Portugal: aspectos construtivos», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra – Terra 93. Silves, 24-29/10/93*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 193-196.

CHIARI, Giacomo et al, «Le malte pozzolaniche del mausoleo di Sant'Elena e le pozzolane di Torpignattara», *Materiali e strutture: problemi di conservazione*, Roma, L'Erma di Breschneider, 1996. n.º 1 (ano VI), p. 1-36.

CHOAY, Françoise, *A regra e o modelo sobre a teoria da arquitetura e do urbanismo*, trad. de Geraldo Gerson de Souza, São Paulo, Perspectiva, 1985. Col. Estudos.

CHOAY, Françoise, «Le De re ædificatoria comme texte inaugural», *Les traités d'architecture de la Renaissance* (actas do colóquio de Tours, 1-11, Jul., 1981), Paris, Picard, 1988, p. 83-90.

COFFMAN, Richard, AGNEW, Neville, AUSTIN, George e DOEHNE, Eric, «Adobe mineralogy: characterization of adobes from around the world», *Actas da 6ª International Conference on the Conservation of Earthen Architecture – Adobe 90*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990, p. 424-429.

COINTERAUX, François, *Architecture periodique, ou notice des travaux et approvisionnement que chacun peut faire, a peu de frais, chaque mois et chaque année, soit pour améliorer ses fonds, soit pour construire toutes sortes de batisses, soit pour multiplier les engrais*, Paris, École d'Architecture rurale, 1792.

COINTERAUX, François, *Traité sur la construction des manufactures et des maisons de campagne*, Paris, F. Cointeraux et Niodot, Julho/1791, 2º cad., Série École d'Architecture Rurale.

COINTERAUX, François, *Traité sur la construction des manufactures et des maisons de campagne, ouvrage utile aux fabricants, & a tous ceux qui veulent élever des fabriques ou manufactures, ainsi qu'aux propriétaires, fermiers, hommes d'affaires, architectes, & entrepreneurs*. Paris, F. Cointeraux et Niodot, Agosto/1791, 3º cad., Série École d'Architecture Rurale.

COLLEÇÃO DE LIVROS INEDITOS de historia portugueza dos reinados de D. Dinis, D. Affonso IV, D. Pedro I e D. Fernando: publicados por ordem da Academia Real das Sciencias de Lisboa pela comissão de história da mesma Academia, t. IV, Lisboa, Imprensa Nacional, 1925.

CONTI, Giordano, «Il calcestruzzo nella trattatistica rinascimentali», *Calcestruzzi antichi e moderni: storia, cultura e tecnologia* (actas do congresso IX de Bressanone, Scienza e beni culturali, 6-9 Julho, 1993), Pádua, Libreria Progetto, 1993.

[CORMONTAIGNE], *Architecture militaire: ou l'art de fortifier, qui enseigne d'une manière courte & facile la construction de toutes sortes de fortifications régulières & irrégulières*, Haia, Jean Neaulme et Adrien Moetjens, 1741.

COSTA, F. V., *Estacas para fundações*, Livraria Luso-Espanhola-Brasileira, 1956.

COUTINHO, António, *Pozolanas, betões com pozolanas e cimentos pozolânicos*, Lisboa, LNEC, 1958, Memória n.º 136.

COZZO, Giuseppe, *Ingenieria romana*, Roma, Multigrafica, 1970, reedição anastática da edição original (Roma, Soc. Multigrafica, 1927).

D'AVILER, Augustin Charles, *Cours d'architecture: qui comprend les ordres de Vignole, avec les commentaires, les figures & descriptions de ses plus beaux bâtimens, & ceux de Michel-Ange*, 3ªed., Amsterdão, George Gallet, 1699. t. I, t. II: *Dictionnaire d'architecture*.

DAVEY, Norman, *A history of building materials*, Londres, Phoenix, 1961.

D. DUARTE, *Livro dos Conselhos de El-Rei D. Duarte* (Livro da Cartuxa, Ca. 1430), compilação de João José A. Dias, Lisboa, Estampa, 1982. Edição diplomática.

DE HOLANDA, Francisco de, *Da fábrica que falece à cidade de Lisboa* (Da fabrica que faleçe ha cidade de Lysboa, Por frâçisco dolâda. Anno de 1571), introdução, notas e comentários de José da Felicidade Alves, s.l., Livros Horizonte, 1984.

DE L'ORME, Philibert, *Le premier tome de l'architecture* (Paris, Frederic Morel, 1567), fac-símile, apres. de J. M. Pérouse de Montclos, Paris, Léonce Laget, 1988.

DE ROMÉ DE L'ISLE, Jean-Baptiste, *Cristallographie: ou description des formes propes a tous les corps du regne minéral, dans l'état de combinaison saline, pierreuse ou métallique, avec figures & tableaux synoptiques de tous les cristaux connus*, 2ª ed., Paris, L'Imprimerie de Monsieur, 1783.

DE VILLE, Antoine, *Les fortifications: avec l'ataque & la defence des places*, Lyon, Phillipe Borde, 1641.

DEL RICCIO, Agostino, *Istoria delle pietre*, a/c Raniero Gnoli e Attilia Sironi, Roma, Umberto Allemandi, 1991.

[DEL ROSSO, Giuseppe], *Dell'economica costruzione delle case di terra*, Florença, J. A. Bouchard, 1793.

DETHIER, Jean, *Arquitecturas de terra. Trunfos e potencialidades de um material de construção desconhecido: Europa, Terceiro Mundo, Estados Unidos*, trad. de Helena Cardoso, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

DIÁRIO POPULAR, Lisboa, 28/8/1866.

DIAS, Gabriel José Palma, «Uso da taipa no Alentejo: apontamentos em defesa da sua reutilização», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra – Terra 93. Silves, 24-29/10/93*, Lisboa, DGEMN, 1993. p. 123-128.

DICTIONNAIRE UNIVERSEL françois et latin: vulgairement appellé dictionnaire de Trevoux, t. IV (L-Paz), Paris, Delaune, Ganeu, Coignard et al, 1793.

DIDEROT, Denis, D'ALEMBERT, *L'encyclopédie*, Paris, Briasson, 1751-80, 35 vol. vol. VIII-XVII a Neufchastel, Samuel Falche, 1765.

DIDEROT, Denis, D'ALEMBERT, *L'encyclopédie*, Paris, Booking International, 1996.

[DIDEROT, Denis, D'ALEMBERT], *Recueil des planches sur les sciences et les arts liberaux, et les arts mechaniques: avec leur explication*, 2ª ed., Paris, Briasson/David/ Le Breton/Durand, 1762/1772. 11 vol.

DOAT, Patrice, HAYS, Alan, HOUBEN, Hugo, MATUK, Sylvia, VITOUX, François, *Building with earth*, trad. de Asha Puri, rev. de Claire Norton, 1ª ed. em inglês (trad. da 3ª ed. do texto francês *Construire en terre*), Nova Deli, The Mud Village Society, 1991.

DÖGEN, Matthias, *Architecture militaire moderne*, trad. de Elia Poirier, Amsterdão, L. Elsevieri, 1648.

DOMASLOWSKI, W., «The properties of lime and cement mortars modified by metakaolinite», *Actas do 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Berlim, 30.9-4.10.96*, Berlim, Josef Riederer, 1996. vol. III, p. 1529-1534.

DOURSTHER, Horace, *Dictionnaire universel des poids et mesures anciens et modernes*, Bruxelas, s.n., 1840. Apud SANTOS, Vitor Manuel V. Lopes dos, *O sistema construtivo pombalino em Lisboa em edificios urbanos agrupados de habitação colectiva*, Lisboa, Fac. de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 1994. Dissertação de doutoramento (policopiada). vol. II,

DU FAY (l'Abbé), *Maniere de fortifier selon la methode de Monsieur de Vauban, avec un traité preliminaire des principes de geométrie*, 2ª ed. (aum.), Paris, la veuve Jean Baptiste Coignard et J. B. Coignard, fils, 1693.

DUHAMEL DU MONCEAU, Henri-Louis, *De l'exploitation des bois: ou moyens de tirer un parti avantageux des taillis, demi-futaies et hautes-frutaies, et d'en faire une juste estimation, avec la description des arts qui se pratiquent dans les forêts, faisant partie du traité complet des bois & des foreste*, Paris, H. L. Guerin & L. F. Delatour, 1764.

DUHAMEL DU MONCEAU, Henri-Louis, *La physyque des arbres, où il est traité de l'anatomie, des plantes et de l'économie végétale, pour servir d'introduction au traité complet des bois & des forests*, Paris, H. L. Guerin & L. F. Delatour, 1758.

DUHAMEL DU MONCEAU, Henri-Louis, *Traité des arbres et arbustes: qui se cultivent en France en pleine terre*, Paris, H. L. Guerin & L. F. Delatour, 1755.

DUVAL, Henri, *Atlas universel des sciences*, Paris, Terzuolo, 1839.

EÇA, Mathias Ayres Ramos da Sylva de, *Problema de architectura civil*, Lisboa, Antonio Rodrigues Galhardo, 1777 (1ª ed.: 1770).

EICHER, Don L., *Geologic time*, Nova Jersey, Prentice-Hall, 1968.

ELISSEEFF, Vadime, NAUDOU, Jean, WIET, Gaston, WOLFF, Philippe, *Histoire du developpement cultural & scientifique de l'humanité*, vol. III Paris, UNESCO, 1968.

ENCICLOPEDIA ITALIANA di scienze, lettere ed arti, Roma, Istituto G. Treccani, 1932-41. Vol. VIII, XVI, XXI e XXXIV.

ENCICLOPÉDIA LUSO-BRASILEIRA de cultura, Lisboa, Verbo, 1971. vol. XII.

ENCYCLOPEDIA E DICCIONARIO Internacional, RJ/SP/PA, W. M. Jackson, s.d. vol. XVIII.

ERNOUT, A., MEILLET, A., *Dictionnaire étymologique de la langue latine. Histoire des mots*, ed. rev. e aumentada, Paris, C. Klincksieck, 1939.

ESPIE, Comte d', *Maniere de rendre toutes sortes d'édifices incombustibles: ou traité sur la construction des voutes, faites avec des briques & du plâtre, dites voutes plates*, Paris, Du Chesne, 1754.

FARINHA, José Sidónio Brazão, *O metropolitano e a Baixa de Lisboa, condições geotécnicas e históricas*, Lisboa, Metropolitano de Lisboa, 1995, 2ª ed. (rev.). Cadernos do Metropolitano, vol. I.

FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture: de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dependent. Avec un dictionnaire des termes propres a chacun de ces arts*, 2ª ed., Paris, la Veuve de Jean Baptiste Coignard et Jean Baptiste Coignard Fils, 1690.

FÉLIBIEN, André, *Des principes de l'architecture: de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dependent. Avec un dictionnaire des termes propres a chacun de ces arts*, 3ª ed., Paris, la Veuve et Jean Baptiste Coignard Fils, 1699.

FERREIRA, Carlos Antero, «Mathias Aires, tratadista do Problema de arquitectura civil no séc. XVIII português», *Belas-Artes: Revista e Boletim da ANBA*, Lisboa, ANBA, 1985, 3ª série, n.º 7, p. 177-197.

FERREIRA, Carlos Augusto Pinto, *Engenheiro de algibeira: ou compendio de formulas e dados praticos para uso dos engenheiros mechanicos, militares ou civis*, 5ª ed., Lisboa, A. M. Pereira/Livraria Editora, 1903.

FIGUEIREDO, Fidelino, «Do aspecto scientifico na colonisação portuguesa da America», *Revista de História* (separata), vol. XIV, Lisboa, Empresa Literária Fluminense, 1925.

FLORES CAPARÓ, Erwic, *Os arenitos de cimentação calcifera dos antigos edificios de Salvador: origens*, Salvador, Faculdade de Arquitetura da UFBA, 1997. Dissertação de mestrado (policopiada).

FLORES FERNANDES, Rosa Amelia, *Estudo da taipa de pilão visando as intervenções em edificações de interesse cultural*, Salvador, Faculdade de Arquitetura da UFBA, 1995. Dissertação de mestrado (policopiada).

FONTINHA, Rodrigo, *Novo dicionário etimológico da língua portuguesa*, Porto, Domingos Barreira, s.d.

FORBES, R., DIJKSTERHUIS, E. *História da ciência e da tecnologia: da Antiguidade ao século XVII. Trad. de H. Silva Horta*, Lisboa, Ulisséia, Collecção Pelicano, s.d. (edição inglesa: 1963). vol. I.

FOURCROY, Antoine F., *Système de connaissances chimiques: et de leurs applications aux phénomènes de la nature et de l'art*, Paris, Baudoin, 1800. t. IV a VII.

FRADICAL, *Cal D. Fradique*, Lisboa, s.n., s.d.

FRANCO, Afonso Arino de Melo, *Desenvolvimento da civilização material no Brasil*, RJ, MES/SPHAN, 1944.

FRANCO, João do Amaral, *Dendrologia florestal*, Lisboa, Imprensa Lucas, 1943.

FRANÇA, José Augusto, *Lisboa pombalina e o iluminismo*, Lisboa, Livros Horizonte, s.d.

FRATINI, F., CECCHERINI, S., DEGL'INNOCENTI, N., MANGANELLI DEL FÀ, C., MALESANI, P., «Bricks: composition and physical characteristics as a function of the raw materials», *Conservation of stone and other materials* (actas do congresso internacional RILEM/UNESCO, 1993), Paris, M.-J. Thiel, 1993, vol. I, p. 228-237.

[FREMINE], *Memoires critiques d'architecture*, Paris, Charles Saugrain, 1702.

FREZIER, *La theorie et la pratique de la coupe des pierrres et des bois, pour la construction des voutes et autres parties des bâtimens civils & militaires, ou traité de stereotomie a l'usage de l'architecture*, t. I, Strasbourg: Jean Daniel Doulsseker/Paris: L. H. Guerin, 1737.

FRIZOT, Michel, «L'analyse des mortiers antiques: problemes et resultats», *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings* (actas do simpósio de Roma, 3-6.11.1981), Roma, ICCROM, 1982. p. 331-339.

FRIZOT, Michel, *Mortiers et enduits peints antiques, étude technique et archéologique*. Dijon, Université de Dijon, 1975. Publicação do Centro de Investigação sobre as Técnicas Greco-Romanas, n.º 4.

FURETIERE, Antoine, BEAUVAL, Basnage, DE LA RIVIERE, Brutel de, *Dictionnaire universel: contenant generalement tous les mots françois, tant vieux que modernes, & les termes des sciences & des arts*, Haia, P. Husson, T. Johnson, J. Swart, C. le Vier, La veuve van Dole, 1727. t. III.

FURLAN, Vinicio, «Experiences pratiques avec des crepis a base de chaux», *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings* (actas do simpósio de Roma, 3-6.11.1981), Roma, ICCROM, 1981, p. 9-18.

FUSCO, Renato de, *Il codice dell'architettura: antologia di trattatisti*, Napoli, Edizioni Scientifiche Italiane, 1968. Coleção de história da arquitetura, ambiente, urbanística, artes figurativas (dirigida por Roberto Pane).

FUSTER, José Maria, MELENDEZ, Bermudo, *Geologia*, 3ª ed. (corr. e ampl., 2ª tiragem), Madrid, Paraninfo, 1975.

GALDIERI, Eugenio, «Arquitectura de tierra en Italia: desde las colonias griegas hasta la dominación española», *Actas da 6ª International Conference on the Conservation of Earthen Architecture – Adobe 90*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990. p. 50-52.

GERMANN, Georg, *Vitruve et le vitruvianisme*, trad. de Michèle Zaugg e Jacques Gluber, Col. Architecture, Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1991.

GIL, Júlio, *As mais belas vilas e aldeias de Portugal*, Lisboa/São Paulo, Verbo, 1996.

GIULIANI, Cairoli Fulvio, *L'edilizia nell'Antichità*, 4ª impr., Roma, NIS, 1995 (1ª ed.: 1990).

GNADLINGER, Johann, *Redescobrimdo a cal para construir cisternas*, Juazeiro, Fonte Viva, [1999].

GNONE, Tommaso, *Dizionario architettonico illustrato*, Turim, Società Editrice Internazionale, 1968.

GOMES, Adailton Oliveira, VALOIS, João Guilherme Cerqueira, «Argamassas com adição utilizadas na região metropolitana de Salvador», *Revista da Jornada Profª Hemani Sobral*, ed. única, Feira de Santana, 1994, p. 49-52.

GRANDE ENCICLOPÉDIA portuguesa e brasileira, Lisboa/RJ, Editorial Enciclopédia, s.d. vol. XV.

GUILLAUME, Jean (org.), *Les traités d'architecture de la Renaissance* (actas do colóquio de Tours, 1-11, Jul., 1981), Paris, Picard, 1988.

GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal: fundamentos e aplicações na engenharia civil*, São Paulo, Pini, 1997.

GURRIERI, Francesco, «Piero Sanpaolesi, il restauro come scienza», *Piero Sanpaolesi: il restauro, dai principi alle tecniche*, Catálogo da VI Assembleia Geral do ICOMOS, Florença, Fac. de Architettura dell'Università degli Studi di Firenze/Regione Toscana (Dip. Istr. e Cultura), 1981, p. 7-12.

HACHICH, W. et al, *Fundações: teoria e prática*, 1ª ed., SP, ABMS/ABEF-Pini, 1996.

HAJNOCZI, Gábor, «Un traité vitruvien le Della architettura de Giovan Antonio Rusconi», *Les traités d'architecture de la Renaissance* (actas do colóquio de Tours, 1-11 Jul., 1981), Paris, Picard, 1988. p. 75-81.

HENRIQUES, Fernando M. A., *Humidade em paredes*, Lisboa, LNEC, 1994. Série Conservação e Reabilitação (Edifícios), n.º 1.

HERATH, J. W., «Lime industry in Sri Lanka», HILL, Neville, HOLMES, Stafford, MATHER, David, *Lime and other alternative cements*, Exeter, ITP, 1992, Cap. VII, p. 56-64.

HILL, Neville, HOLMES, Stafford, MATHER, David, *Lime and other alternative cements*, Exeter, Intermediate Technology Publications, 1992.

HISTOIRE générale des techniques, Paris, Presses Universitaires de France, 1962. vol. III.

HOEFER, Ferdinand, *Histoire de la physique et de la chimie, depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours*, 3ª ed., Paris, Hachette et C^{ie}, 1900.

HOMO, Leon, *Rome Impériale et l'urbanisme dans l'Antiquité*, Paris, Albin Michel, 1951.

HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, *Traité de construction en terre*, vol. I, Marselha, Parenthèses, 1989.

IBN-HAYYÁN, al-Muqtabas, vol. V, p. 62-64, SIDARUS, Adel, *Um texto árabe do século X relativo à nova fundação de Évora e aos movimentos muladi e berbere no ocidente Andaluz*, Évora, s.n., 1994.

IMBRIGHI, Giampaolo, *I materiali dell'architettura tra tecnologia e ambiente*, Roma, Kappa, 1992.

IPT, *Manual de conservação de madeiras*, São Paulo, Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1986, 2 vol.

JOMBERT, Charles-Antoine, *Architecture moderne, où l'art de bâtir bien pour toutes sortes de personnes*, Paris, C. A. Jombert, 1764 (1ª edição: 1728).

JORNAL DA CAL, Ano X, n.º 38, Julho/86. São Paulo, ABPC.

JORNAL DA CAL, Ano XIII, n.º 44, Out/88. São Paulo, ABPC.

JORNAL DA CAL, Ano XIV, n.º 47, Julho/89. São Paulo, ABPC.

JORNAL DA CAL, Ano XVI, n.º 51, Abril/91. São Paulo, ABPC.

JORNAL DA CAL, Ano XVIII, n.º 56, Março/93. São Paulo, ABPC.

JORNAL DA CAL, Ano XIX, n.º 61, Julho/95. São Paulo, ABPC.

JORNAL DA CAL, Ano XXI, n.º 65, Julho/97. São Paulo, ABPC.

JOUSSE, Mathurin, *L'art de charpenterie (corrigé & augmenté de ce qu'il y a de plus curieux dans cet art, & des machines les plus nécessaires à un charpentier)*, Paris, Thomas Moette, 1702.

KINGERY, W. David, VANDIVER, Pamela, PRICKETT, Marta, «The beginnings of pyrotechnology. Part II: Production and use of lime and gypsum plaster in the pre-pottery neolithic near east», *Journal of field archaeology*, vol. XV, p. 219-243, 1988.

LAFFONT, Robert, *Histoire du développement culturel & scientifique de l'humanité*, Paris, UNESCO, 1968. vol. II

LAROUSSE, Pierre, *Grand dictionnaire universel du XIX^e*, Paris, Administration du Grand Dictionnaire Universel, 1873. t. II.

LAZZARINI, Lorenzo, «Genesis and classification of rocks», *The deterioration and conservation of stones*, [Veneza], L. Lazzarini e R. Pieper, [1988], p. 1-44.

LAZZARINI, Lorenzo, LAURENZI-TABASSO, Marisa, *Il restauro della pietra*, Pádua, CEDAM, 1986.

LE CHATELIER, H., *Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques*, Paris, V^o Ch. Dunod, 1904.

LE CLERC, Seb., *Traité d'architecture: avec des remarques et des observations tres-utiles pour les jeunes gens, qui veulent s'appliquer à ce bel art*, Paris, Pierre Giffart, 1714.

LE MUET, Pierre, *Maniere de bastir pour toutes sortes de personne*, Paris, Melchior Tavernier, 1623.

LEÃO, Zelinda Margarida A.N., *Guia para identificação dos corais do Brasil*, Salvador, PPPG/UFBA, 1986.

LEDUC, E., *Chaux et ciments*, 2^a ed., Paris, J. B. Baillièrre et fils, 1919.

LEMOS, Maximiano, *Encyclopedia portuguesa ilustrada: dicionario universal*, Porto, Lemos & C.^a, Successor, s.d. 11 vol.

LESEIGNEUR, Annie, GUILLUY, Françoise, *L'argile dans tous ses états*, Elbeuf, Association pour la valorisation du patrimoine normand, 1988.

LEVI, C., *Tratado de construcciones civiles*, 2^a ed. (aum. com relação à 7^a italiana), Barcelona, Gustavo Gili, 1926. t. I

LIMA, Honório Fiel de, «Descrição dos trabalhos, que se executaram sob a direcção do Tenente General Bartholomeu da Costa para fundir em bronze de um jacto só a estátua equestre d'El Rei D. José 1.^o», *Boletim do Arquivo Histórico Militar*, vol. XLV, Lisboa, 1975. p. 203-360.

LISBOA, Balthasar da Silva, «Riqueza do Brasil em madeiras de construcção e carpintaria», *Revista do IGHBA*, Salvador, Duas Américas, 1926, vol. LII, p. 225-263.

LISBOA, Christóvão de (Frei), *História dos animais e árvores do Maranhão*, estudos e notas do Dr. Jaime Walter, prefácio de Alberto Iria, Lisboa, AHU/Centro de Estudos Históricos Ultramarinos, 1967.

LORENZI, Harri, *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*, Nova Odessa (São Paulo), Plantarum, 1992.

LOSADA, Manuel, *Crítica, y compendio especulativo-practico de la architectura civil*, Madrid, Antonio Marin, 1740, t. I.

LUNA, Maria Isabel, «Consolidation of traditional plasters: a laboratory research», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra – Silves, 24-29/10/93*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 410-416.

LYELL, Charles, *Éléments de géologie*, trad. de Tullia Meulien, Paris, Pitois-Levrault et Compagnie, 1839.

MACHADO, José Pedro, *Dicionário etimológico da língua portuguesa: com a mais antiga documentação escrita e conhecida de muitos dos vocábulos estudados*, 3ª ed., Lisboa, Livros Horizonte, 1977. vol. III.

MANGANELLI DEL FÀ, Carlo, OLMI, Filippo, PASETTI, Adolfo, «I laterizi: caratterizzazione e fenomeni di alterazione», *Revista Arkos*, n.º 1, Milão, Be-ma, Junho/88, p. 4-9.

MARINI, Luigi, *Biblioteca storico-critica di fortificazione permanente* (Roma, Mariano de Romanis e figli, 1810), Bolonha, Libreria Antiquaria Brighenti. s.d.). vol. I. Subsidia Bibliographica. Ristampe do bibliografie rare e poco note.

MARTIN, Roland, *Manuel d'architecture grecque*, Paris, A. et J. Picard et Cie, 1965. vol. I (Matériaux et Techniques). Collection des manuels d'archéologie et d'histoire de l'art.

MARTINI, Francesco di Giorgio, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, transcr. de Livia Maltese Degrassi, comentários de Corrado Maltese, Milão, Il Polifilo, 1967. *Classici italiani di scienze tecniche e arti*, vol. II e III.

MASI, Girolamo, *Teoria e pratica di architettura civile: per istruzione della gioventù specialmente romana*, Roma, Antonio Fulgoni, 1788.

MASSAZZA, Franco, PEZZUOLI, Mario, «Some teachings of a roman concrete», *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings* (actas do simpósio de Roma, 3-6.11.1981), Roma, ICCROM, 1982.

MATEUS, Tomás, *O emprego da madeira pinho bravo*, Lisboa, LNEC, 196. Informativo técnico.

McKEE, Harley, «Commentary: masonry and masonry products: mortar, plaster/stucco and concrete», *Preservation and conservation: principles and practices* (actas da conferência americana internacional de Williamsburg, 10-16 de Setembro, 1972), Washington, The Preservation Press, 1976.

MELLENDEZ, Bermudo, FUSTER, José Maria, *Geologia*, 3ª ed. (corr. e ampl., 2ª tiragem), Madrid, Paraninfo, 1975.

MELLO, José Brandão Pereira de, *O Tenente-General Bartolomeu da Costa: artilheiro ilustre e engenheiro-fundidor da Estátua Equestre* (conferência publicada), Lisboa, CML, 1939.

MENICALI, Umberto, *I materiali dell'edilizia storica: tecnologia e impiego dei materiali tradizionali*, Col. Supermanuali, vol. III, Roma, La Nuova Italia Scientifica, 1992.

MICOCCI, Ferruccio, PULCINI, Giorgio, *Gli intonaci: materiali, tipologie, tecniche di posatura e finitura, degrado e recupero*, 4ª impress., Roma, NIS, 1994 (1ª ed.: 1990)

[MILIZIA, Francesco], *Principii di architettura civile*, Bassano, Remondini di Venezia, 1785. t. I e III.

MONTAGNI, Claudio, *Costruire in Liguria: materiali e tecniche degli antichi maestri muratori*, Genova, Sagep, 1990.

MONTEIRO, J. C. Rêgo, «Fortificações do canal e cidade do Rio-Grande: 1777», *Actas do II Congresso de História e Geografia Sul-Rio-Grandense* (separata), Porto Alegre, Globo, 1927.

MORAIS SILVA, António de, *Grande dicionário da língua portuguesa*, 10ª ed. (rev., corr. e actualizada por Augusto Moreno, Cardoso Júnior e José Pedro Machado), Lisboa, Confluência, 1955. vol. VIII.

MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada).

MORENO-NAVARRO, José Luis González, *El legado oculto de Vitruvio: saber constructivo y teoría arquitectónica*, Madrid, Alianza Forma, 1993.

MUSSCHENBROEK, Pierre van, *Cours de physique expérimentale et mathématique*, trad. de M. Sigaud de la Fond. t. I, Paris, Bailly, 1769.

NAPION, Carlos Antonio, *Experiencias, e observações sobre a liga dos bronzes, que devem servir nas fundições das peças de artilharia*, tradução de Carlos Julião, Lisboa, Typographia Chalcographica, Typoplastica, e Litteraria do Arco do Cego, 1801.

NBR-1079 – Cal virgem. Determinação do tempo de extinção. Rio de Janeiro, ABNT, 1989.

NBR-5734 (antiga EB-22) – Peneiras para ensaio de tecido metálico – Especificação. Rio de Janeiro, ABNT, Jul./1988.

NBR-6472 – Cal – Determinação do resíduo de extinção. Rio de Janeiro, ABNT, Jun./1993.

NBR-6473 – Cal virgem e cal hidratada: análise química. Rio de Janeiro, ABNT, Maio/1996.

NBR-7220 – Agregados – Determinação de impurezas orgânicas húmicas em agregado miúdo. Rio de Janeiro, ABNT, Ago./1987.

NBR-9777 – Agregados – Determinação da absorção de água em agregados miúdos. RJ, ABNT, Março/1987.

NBR-13528 – Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1996.

- NERO, José Manuel G., APPLETON, Júlio António, GOMES, Abdias M., «As argamassas tradicionais no parque edificado de Lisboa: uma colaboração para o seu conhecimento», *Actas do 2º ENCORE. Lisboa, 27/6-1/7/1994*, Lisboa, LNEC, vol. I, p. 221-232.
- OLIVEIRA, Mário Mendonça de, «A engenharia militar de batina», *A defesa nacional*, n.º 784, 2º quadrimestre de 1999, Rio de Janeiro, Diretoria de Assuntos Culturais do Exército Brasileiro, 1999. p. 33-45.
- OLIVEIRA, Mário Mendonça de, «A prancheta, o canteiro e a durabilidade do construído», *Revista RUA*, Salvador, MAU, 1989, vol. II, n.º 3, p. 117-131.
- OLIVEIRA, Mário Mendonça de, *Tecnologia da conservação e da restauração*, Salvador, MAU/PNUD-UNESCO, 1995 (ed. bilingüe português/ espanhol).
- OLIVEIRA, Mário Mendonça de, «Uso de resinas na conservação», *Rudimentos para oficiais de conservação e restauração*, Rio de Janeiro, ABRACOR, 1996, p. 97-116.
- OLIVEIRA, Mário Mendonça de, SANTIAGO, Cybèle Celestino, «Comportamento de alguns solos tropicais estabilizados com cal», *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra – Terra 93. Silves, 24-29/10/93*, Lisboa, DGEMN, 1993. p. 404-409.
- OLIVEIRA, Mário Mendonça de, SANTIAGO, Cybèle Celestino, D’AFFONSÊCA, Sílvia Pimenta, «The study of accelerated carbonation of lime-stabilized soils», *Actas da 6ª International Conference on the Conservation of Earthen Architecture – Adobe 90*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990. p. 166-170.
- OLIVEIRA, Mário M. de, SANTIAGO, Cybèle C., AMARAL, Allard M. do, MONTEIRO, Tersandro Paes do R., «Soil-containing mortars in the restoration of monuments», Texto apresentado no IV ICAN, Cancún, 1995.
- OLIVEIRA, Mário Mendonça de, SANTIAGO, Cybèle Celestino, JESUS, José Augusto Brito de, OLIVEIRA, Teresa Cristina M. de, «Argamassas bastardas: origens e propriedades», *Actas do 1ª Simpósio Brasileiro de tecnologia das Argamassas*, Goiânia, UFG/ANTAC, Ago/95, p. 43-52.
- OLIVEIRA, Mário Mendonça de, SANTIAGO, Cybèle Celestino, JESUS, José Augusto Brito de, OLIVEIRA, Teresa Cristina Menezes de, «Argamassas bastardas: origens e propriedades», *Actas da 2ª Semana Pensando em Argamassas*, Salvador, DCTM/EPUFBA, Março/96, p. 24-34.
- OLIVEIRA, Mário Mendonça de, SANTIAGO, Cybèle Celestino, LEAL, João Legal, *Rudimentos para oficiais de conservação e restauração*, Rio de Janeiro, ABRACOR, 1996.
- OLIVEIRA, Teresa Cristina M. de, «Argamassas bastardas” e suas características físicas, químicas e tecnológicas», Salvador, Faculdade de Arquitetura da UFBA, 1995. Dissertação de mestrado (policopiada).
- OLIVEIRA, Valério Martins de, *Advertencias aos modernos: que aprendem os officios de pedreiro e carpinteiro, offerecidas ao Senhor S. Joseph, patrono do mesmo officio, venerado na sua parochial igreja desta cidade de Lisboa*, Lisboa, Antonio da Sylva, 1748.

- ONO, Ricardo, *Identificação biológica em estatuária sacra para fins de conservação*, Salvador, MAU/UFBA, 1996. Dissertação de mestrado (policopiada).
- ORLANDOS, A., *Les matériaux de construction et la technique architecturale des anciens grecs*, trad. de Vanna Hadjimichali, Parte I, Paris, E. de Boccard, 1966.
- OUDIN, Bernard, *Dictionnaire des architectes*, Paris, Seghers, 1970.
- PALLADIO, Andrea, *I quattro libri dell'architettura* (Veneza, Dominico de'Franceschi, 1570), fac-símile sob a responsabilidade de Ulrico Hoepli Editore Libraio, Milão, Ulrico Hoepli, 1968.
- PAPACINO, Alessandro Vittorio d'Antoni, *Architettura militar: na qual se trata dos princípios fundamentaes da fortificação*, trad. de Mathias José Dias Azedo, Lisboa, Typographia Regia Silviana, 1790. t. I.
- PAPACINO, Alessandro Vittorio d'Antoni, *Architettura militar: na qual se trata dos princípios fundamentaes da fortificação*, trad. de Jozé Lane, Lisboa, João Antonio da Silva, 1790. t. III.
- PAPACINO, Alessandro Vittorio d'Antoni, *Architettura militar: na qual se trata dos princípios fundamentaes da fortificação*, trad. de Pedro Joaquim Xavier, Lisboa, Typographia Regia Silviana, 1795. t. IV.
- PAPACINO, Alessandro Vittorio d'Antoni, *Institutions physico-mechaniques, à l'usage des Écoles Royales d'Artillerie et du Genie de Turin*, Strasbourg, Bauer & Treuttel, 1777. t. IV.
- PARÁ, Abbé, *Théorie des nouvelles découvertes en genre de physique et de chimie: pour servir de supplément a la théorie des êtres sensibles, ou au cours complet & au cours élémentaire de physique*, Paris, Didot fils, 1786.
- PARAÍSO, Maria Hilda B., *O tempo da dor e do trabalho: a conquista dos territórios indígenas nos sertões do leste*, São Paulo, USP, 1998. Tese de doutoramento (policopiada).
- PARDAL, Paulo, *Brasil, 1792: início do ensino da engenharia civil e da Escola de Engenharia da UFRJ*, prefácio de Sydney M. G. dos Santos, Rio de Janeiro, CNO/CBPO, 1985.
- PARDAL, Paulo, *140 anos de doutorado e 75 de livre-docência no ensino de engenharia no Brasil*, prefácio de Horácio Macedo, Rio de Janeiro, Escola de Engenharia da UFRJ, 1986.
- PARDAL, Paulo, «Desfazendo lendas: uma troca de plantas arquiteturas, telhas e coxas de escravas, óleo de baleia nas argamassas», *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, 160 (402):7-29, Jan./Mar. 1999.
- PATTE, Pierre, *Mémoires sur les objets les plus importants de l'architecture*, Paris, Rozet, 1769.
- PELLEGRINI, Pellegrino, *L'architettura*, introd. e notas de Adele Buratti Mazzotta, ed. comentada a/c Giorgio Panizza, vol. VII, Milão, Il Polifilo, 1990. Parte I. Classici italiani di scienze, technique e arti, Trattati di architettura.
- PERONI, S. et al, «Lime based mortars for the repair of ancient masonry and possible substitutes», *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings* (actas do simpósio de Roma, 3-6.11.1981), Roma, ICCROM, 1982, p. 63-99.
- PETRUCCI, Eládio G. R., *Materiais de construção*, 8ª ed., Porto Alegre, Globo, 1987.

PFEFFINGER, *Fortificação moderna: ou recompilaçam de diferentes methodos de fortificar*, trad. de Manoel da Maia, Lisboa, Officina Real Deslandesiana, 1713.

PINTO, Fernando, «Arquitectura de terra: que futuro?» *Actas da 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra – Terra 93. Silves, 24-29/10/93*, Lisboa, DGEMN, 1993, p. 612-617.

PLINIO (o Antigo), *Historia natural de los animales*, trad. de Geronimo de Huerta, Madrid, Luys San, 1599.

PLINIO (o Antigo), *Historia naturale de G. Plinio Secondo*, trad. de Ludovico Domenichi. Venezia, Gabriel Giolito de Ferrari, 1561-1568.

PLINIUS, C. Secundus, *Natural history. Livros XXXVI-XXXVII*, publicação bilingue sob a resp. de D. E. Eichholtz. Londres, Oxford Press, 1962. The Loeb Classical Library, vol. X.

PLOMMER, Hugh, *Vitruvius and later roman building manuals*, Cambridge, The University Press, 1973.

PORTOGHESI, Paolo (coord.), *Dizionario enciclopedico di architettura e urbanistica*, Roma, Istituto Editoriale Romano, 1969.

PORTUGAL, Alexandre, «Memoria sobre a utilidade dos conhecimentos da chymica em quanto applicados á arte de construir edificios», *Memórias da Academia de Ciências*, 1790/1791.

QUINTELA, António de Carvalho, CARDOSO, João Luís, MASCARENHAS, José Manuel, ANDRÉ, Maria da Conceição, *A fábrica de pólvora de Barcarena e os seus sistemas hidráulicos*, Oeiras, Câmara Municipal de Oeiras, 1995.

RATTON, Jacome, *Recordações de Jacome Ratton sobre ccorrências do seu tempo: de Maio de 1747 a Setembro de 1810*, 2ª ed., revista por J. M. Teixeira de Carvalho, Coimbra, Imprensa da Universidade, 1920.

REBOUÇAS, André, *Guia para os alumnos da 1ª cadeira do 1º anno de Engenharia Civil*, Rio de Janeiro, Typographia Nacional, 1885.

REIS, Júlio E. Barreiros, «Principais madeiras do nosso país e suas utilizações mais importantes», *Memória n.º 134*, Lisboa, 1958, LNEC. Separata da revista Indústria portuguesa, n.º 354, Ago/1957.

REIS, Maria Olinda Braga, SILVA, António Santos, «Caracterização química e microestrutural de argamassas antigas», *Actas do 2º ENCORE. Lisboa, 27/6-1/7/1994*, Lisboa, LNEC, vol. I, p. 319-330.

RIBEIRO, José Silvestre, *História dos estabelecimentos scientificos litterarios e artisticos de Portugal: nos sucessivos reinados da monarchia*, Lisboa, Typographia da Academia Real das Sciencias, 1871.

RICO, José Manuel G. T., «A descoberta e os descobrimentos», *A ciência e os descobrimentos*, Mafra, JNICT, 1996, p. 191-203.

RIEGER, Christiano (Pe.), *Elementos de toda la architectura civil: con las mas singulares observaciones de los modernos*, Madrid, Joachin Ibarra, 1763.

RODOLICO, Francesco, *Le pietre della città d' Italia*, 2ª ed., Florença, Felice le Monnier, 1953.

[RODRIGUES, António], [Tratado de arquitectura], [Lisboa], Cód. 3675 (BNL), [séc. XVI], Apud MOREIRA, Rafael, *Um tratado português de arquitectura do século XVI*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 1982. Dissertação de mestrado (policopiada).

RODRIGUES, Francisco de Assis, *Diccionario tecnico e historico de pintura, esculptura, architectura e gravura*, Lisboa, Imprensa Nacional, 1875.

RODRIGUES, Maria João Madeira, SOUSA, Pedro Fialho de, BONIFÁCIO, Horácio Manuel Pereira, *Vocabulário técnico e crítico de arquitectura*, 2ª ed. (rev.), Coimbra, Quimera, 1996.

SAMPAIO, Theodoro, *O tupi na geographia nacional*, 2ª ed., Bahia, O Pensamento, 1914.

SANSONETTI, Antonio, ALESSANDRINI, Giovanna, *Le pietre nell'Architettura: il travertino: La storia, la caratterizzazione, il comportamento in opera*. Texto em fase de elaboração em 1997, cedido gentilmente pelos autores, membros da equipa de investigadores do *Centro Gino Bozza* (CNR – Milão), para utilização no âmbito desta investigação.

SANTIAGO, Cybèle Celestino, *Aditivos orgânicos em argamassas antigas*, Salvador, UFBA, 1992. Dissertação de mestrado (policopiada).

SANTIAGO, Cybèle Celestino, *O solo como material de construção*. Ilustrações de Adamastor C. Santana, Salvador, EDUFBA, 1996, Colecção Pré-textos.

SANTIAGO, Cybèle Celestino, MIRANDA, Murilo Alves, «Caracterização de madeiras brasileiras: estudo de caso do século XVIII», *Actas do VI EBRAMEM, Florianópolis, 22 a 24 de Julho de 1998*, Florianópolis, UFSC, 1998, p. 77-89.

SANTOS, Vitor Manuel V. Lopes dos, *O sistema construtivo pombalino em Lisboa em edificios urbanos agrupados de habitação colectiva: estudo de um legado humanista da segunda metade do século XVIII. Contributo para uma abordagem na área da recuperação e restauro arquitectónico do património construído*, Lisboa, Fac. de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 1994. Tese de doutoramento (policopiada).

SANTOS, Vitor Manuel V. Lopes dos, *Trabalho de síntese. Tema: descrição do sistema construtivo pombalino*, Lisboa, Fac. de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 1989 (policopiada).

SANVITALI, Federico (Pe.), *Elementi di architettura civile*, Brescia, Giammaria Rizzardi, 1745. Publicação póstuma.

SÃO BENTO, Bernardo de (Frei), «Declaraçoens de obras», [Rio de Janeiro], 1684. Apud SILVA-NIGRA, Clemente da (D.), *Fr. Bernardo de São Bento*, Salvador, Tipografia Benedictina, 1950.

SARAIVA, F. R. dos Santos, *Novissimo diccionario latino-portuguez*, [Rio de Janeiro], Garnier, s.d.

SARAIVA, José M. da Cunha, «A fortaleza de Bissau e a Companhia do Grão Pará e Maranhão», *Actas do Congresso Comemorativo do 5º Centenário do Descobrimento da Guiné*, Lisboa, Soc. de Geografia de Lisboa, 1946, vol. IX, p.157-191.

- SAVOT, Louis, *L'architecture française des bâtiments particulieres*, Paris, 1624.
- SAWADA, M. et al, *Re-construction of moai stone statues in the Easter island*, texto apresentado no Congresso de Berlim, 1996 (policopiado).
- SAYLOR, Henry H., *Dictionary of architecture*, Nova Iorque, John Wiley & Sons, 1963. Science Editions.
- SCAMOZZI, Vincenzo, *L'idea della architettura universale* (Veneza, V. Scamozzi, 1615), fac-símile, n.º 9, Sala Bolognese, Arnaldo Forni, 1982. Bibl. di Architettura Urbanistica, Teoria e Storia, coord. por Roberto Fregna e Giulio Nanetti.
- SCHWICKER, Angelo Cagnacci (compil.), *International dictionary of metallurgy: mineralogy geology, mining and oil industries. In four languages: English-French-German-Italian*, Milão, Technoprint International/McGraw-Hill Book Co., 1978.
- SEQUEIRA, Joaquim Pedro Fragoso de, «Memoria ácerca da cultura, e utilidade dos castanheiros na comarca de Portalegre», *MEMÓRIAS económicas da Real Academia de Sciencias*, Lisboa, Real Academia de Sciencias, s.d. vol. II, fls. 295-318.
- SEQUEIRA, José da Costa, *Noções theoricas de architectura civil: seguidas de um breve tractado das cinco ordens de J. B. Vinhola*, Lisboa, A. S. Coelho, 1839.
- SERAFIM LEITE, S. I., *Artes e officios dos jesuítas no Brasil (1549-1710)*, Lisboa/Rio de Janeiro, Brotéria/Livros de Portugal, 1953.
- SERRÃO PIMENTEL, Luís, *Método lusitânico de desenhar as fortificações das praças regulares e irregulares* (Lisboa, Antonio Craesbeeck de Mello, 1680), fac-símile, Lisboa, Direcção da Arma de Engenharia/Direcção do Serviço de Fortificações e Obras do Exército, 1993.
- SIDARUS, Adel, *Um texto árabe do século X relativo à nova fundação de Évora e aos movimentos muladi e berbere no ocidente Andaluz*, Évora, s.n., 1994.
- SILVA, Innocencio Francisco da, *Diccionario bibliographico português: estudos de Inn. Fr. da Silva applicaveis a Portugal e ao Brasil*. t. II, Lisboa, Imprensa Nacional, 1859.
- SILVA-NIGRA, Clemente da (D.), «Francisco de Frias da Mesquita, engenheiro-mor do Brasil», *Revista do SPHAN*, n.º 9, 1946.
- SILVA-NIGRA, Clemente da (D.), *Fr. Bernardo de São Bento*, Salvador, Tipografia Beneditina, 1950.
- SIMAS FILHO, Américo, *A propósito de Luís Dias*, Salvador, FGM, 1998.
- SIMONET, Eugène, *Maçonneries*, Paris, P. Vicq-Dunot et Cie, 1897. Bibliothèque du Conducteur de Travaux Publics.
- SMITH, Robert C., «A praia da madeira do Recife: uma contribuição para a história econômica do Brasil», trad. de Benício Whatley Dias, *Igrejas, casas, e móveis: aspectos de arte colonial brasileira*, [Recife], MEC/UFPE/IPHAN, 1979. p. 109-140.
- SOUSA, Gabriel Soares de, *Noticia do Brazil: descripçam verdadeira da costa daquelle estado que pertence a coroa do Reyno de Portugal, sitio da Bahia de Todos os Santos & fertilidade daquelle provincia, com rellação de todas as aves, animaes, peixes, bichos*

plantas, e costumes dos gentios muita sarta, e curiosa (Mss., 1587), transcr. em português actual por Maria da Graça Pericão, Lisboa, Alfa, 1989.

SOUZA, Francisco Luiz Pereira de, «Ideia geral dos calcários empregados nas construções de Lisboa», *Revista de Obras Públicas e Minas* (separata), n.º 412-414, Lisboa, Imprensa Nacional, 1904.

SOUZA, Rogério Schiffer de, «Cimentação carbonática do beachrock de Itaipuaçu; Maricá», actas do Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, CBG, 1988. vol. II. Apud FLORES CAPARÓ, Ervic, *Os arenitos de cimentação calcifera dos antigos edificios de Salvador*, FAUFBA, 1997. Dissertação de mestrado (policopiada).

STOOTER, João, *Arte de brilhantes vernizes, & das tinturas: fazelas, & o como obrar com ellas. E dos ingredientes de que o dito se deve compor; huma larga explicação, da origem, & naturezas; proprio para os mestres tomeiros, pintores, & escultores. Como tão-bem huma offerta, de 18, ou 20, receitas curiozas, & necessarias para: os ourives de ouro, prata, & os relogoeiros, & mais artistas*, Anveres, Viúva de Henrico Verdussen, 1729.

TAFURI, Manfredo (resp.), «Cesare Cesariano e gli studi vitruviani nel quattrocento» (texto transcrito por Andrea Masini), *Scriti rinascimentali di architettura*, a/c paolo Portoghesi e Nino Carboneri, Milão, Il Polifilo, 1978. vol. IV, p. 387-458. *Classici italiani di scienze, tecniche e arti*.

TAPAJÓS, Vicente, *História do Brasil*, 2ª ed., São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1946. Biblioteca do Espírito Moderno (história e biografia), série 3ª, vol. XLI.

TEIXEIRA, Carlos, GONÇALVES, Francisco, *Introdução à geologia de Portugal*, Lisboa, INIC, 1980.

TELLES, Pedro Carlos da Silva, *História da engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX*, 2ª ed., vol. I, Rio de Janeiro, Clavero, 1994.

THEOPHRASTUS, *History of stones*, trad. de Sir John Hill, Londres, s.n., 1774.

TIMOSHENKO, Stephan, *History of strength of materials*, Nova Iorque, Mc Graw-Hill Book Company, 1953.

TORRACA, Giorgio, *Porous building materials. Material science for architectural conservation*, Roma, ICCROM, 1982

TOSCA, Tomaz Vicente, «Tractado de architectura civil», *Compendio mathematico*, Madrid, Antonio Marin, 1727, t. V, trat. XIV.

TOSCA, Thomas Vicente, «De la arquitectura militar, e fortificacion moderna, ofensiva, y defensiva», *Compendio mathematico: en que se contienen todas las materias mas principales de las ciencias, que tratan de la cantidad. 2ª impression, corregida, y enmendada de muchos yerros de Impression, y laminas, como lo verá el curioso. Que comprehende arquitectura civil; monteá, y canteria; arquitectura militar; pirotechnia, y artilleria*. Madrid, Antonio Marin, 1727. t. V, Trat. XVI.

TRINCANO, *Éléments de fortification, de l'attaque et de la défense des places*, t. I, Toul, Imprimerie de Joseph Carey, 1786.

URIARTT, Adamastor A., «A madeira como material de construção», BAUER, L.A. Falcão (coord.), *Materiais de construção*, 4ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 1992. vol. II, Cap. XVII, p. 437-525.

VANDELLI, Domingos, «Memória sobre algumas produções naturais deste Reino, das quais se poderia tirar utilidade», *Memórias Economicas da Academia Real das Sciencias de Lisboa: para o adiantamento da agricultura, das artes e da industria em Portugal, e suas conquistas (1789-1815)*, t. I. Lisboa, Banco de Portugal, 1990, p. 135-142.

VANDELLI, Domingos, «Memórias sobre algumas produções naturais deste Reino, as quais ou são pouco conhecidas, ou não se aproveitam», *Memórias Economicas da Academia Real das Sciencias de Lisboa: para o adiantamento da agricultura, das artes e da industria em Portugal, e suas conquistas (1789-1815)*, t. I, Lisboa, Banco de Portugal, 1990, p. 143-155.

VARRON, Marco Terencio, *De las cosas del campo (Rerum rustica)*, trad. de Domingo Tirado Benedí, México, UNAM, 1945. Bibliotheca Scriptorum Græcorum et Romanorum Mexicana.

VASARI, Giorgio, *Le vite de' piu eccellenti pittori, scultori, e architettori*, 3ª ed. (revista e ampliada pelo próprio autor), Florença, Giunti, 1568.

VASARI, Giorgio, *Les vies des plus excellents peintres, sculpteurs et architectes* (Florença, Giunti, 1568), trad. de Charles Weiss), 4ª ed. (revista, corrigida e aumentada), Paris, Dorbon-Ainé, s.d. t. I.

VASCONCELLOS, Ignacio da Piedade (Pe.), *Artefactos symmetriacos: e geometricos, advertidos, e descobertos pela industriosa perfeição das artes*, Lisboa Occidental, Joseph Antonio da Sylva, 1733.

VASCONCELLOS, Sylvio de, *Arquitetura no Brasil*, Belo Horizonte, UFMG, 1979. Série Patrimônio Cultural, n.º 2.

VAUBAN, Sebastien le Preste, (Le Maréchal de), *Traité de la defense des places*, Paris, Charles-Antoine Jombert Pere, 1769.

VEGECIO, Flavio, *De re militare: instituciones militares*, trad. de José Maria de Castro y Calvo, Barcelona, Casa Provincial de Caridad, 1945.

VERÇOSA, Enio José, «Materiais cerâmicos», BAUER, Luiz Alfredo Falcão, *Materiais de construção*, 4ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 1992. vol. II, Cap. XVIII.

VIEIRA, Domingos (Frei), *Grande dictionario portuguez ou thesouro da lingua portugueza pelo Dr. Fr. Domingos Vieira dos eremitas calçados de Santo Agostinho*, Porto, E. Chardon e Bartholomeu H. de Moraes, 1874. vol. V.

VILLANUEVA, Diego de, *Colección de diferentes papeles críticos sobre todas las partes de arquitectura* (1766), fac-símile, Madrid, Acad. de Bellas Artes, 1979.

VILLENEUVE, Bardet de, *Traité d'architecture civile a l'usage des ingenieurs: qui enseigne généralement tout ce-qui concerne la décoration & la distribution des edifices*, Haia, Jean van Duren, 1740.

VIOLLET-LE-DUC, Eugène E., *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XV^e siècle* (Paris, F. Nobeles, 1854-1868), reimpressão, Paris, F. Nobeles, 1967. t. II.

VITERBO, Francisco Marques de Sousa, *Diccionario histórico e documental dos architectos, engenheiros e construtores portugueses*, Lisboa, Imprensa Nacional/Casa da Moeda, 1988, 2 vol.

VITERBO, Joaquim de Santa Rosa de, *Elucidário das palavras, termos e frases que em Portugal antigamente se usaram e que hoje regularmente se ignoram: obra indispensavel para entender sem erro os documentos mais raros e preciosos que entre nós se conservam*, (2ª ed., revista, correcta e copiosamente adicionada de novos vocabulos, observações e notas criticas, com um indice remissivo, Lisboa, A. J. Fernandes Lopes, MCCCXLV), RJ, Imprensa Nacional, 1956.

VITRUVÉ, *Les dix livres d'architecture*, correcção, tradução e notas de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-símile, Bruxelas, Pierre Mardaga, 1979.

VITRUVIO POLIÓN, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Joseph Ortíz y Sanz (Madrid, Imprenta Real, 1787), fac-símile com prólogo de Defín Rodríguez Ruiz, [Madrid], Akal, 1992.

VITRUVIO POLIÓN, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, introdução de Defín Rodríguez Ruiz, trad. de José Luis Oliver Domingo, Madrid, Alianza, 1995.

VITRUVIO POLLIO, *De architettura*, trad. e comentários de Daniel Barbaro, Veneza, Francesco Marcolini, 1556.

VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 1955.

VITRÚVIO, *Os dez livros de arquitectura*, trad. de Helena Rua, Lisboa, IST, 1998.

VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962. 2 vol.

VITRUVIUS, *The ten books on architecture*, trad. de Morris Hicky Morgan, Nova Iorque, Dover Publications, 1960 (reimpressão da edição publicada em Cambridge pela Harvard University Press, em 1914).

VOGEL, Arthur, JEFFERY, G. H., BASSET, J., MENDHAM, J., DENNEY, R. C., *Análise química quantitativa*, tradução de Horácio Macedo, 5ª ed., Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1992.

WINGATE, Michael, *Small-scale lime-burning*, Londres, ITP, 1985.

ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, Pádua, Francesco Bolsetta, 1629.

ZANINI, Gioseffe Viola, *Della architettura*, 2ª impr., Pádua, Giacomo Cadorino, 1677.

FONTES ELECTRÓNICAS

"Edward", *Encyclopædia Britannica on line*, <http://search.eb.com/bol/topic?ldxref=1478>, páginas capturadas em 27/Fev/2000.

GARRIC, Daniel, *Léonard da Vinci et la Renaissance: la découverte interactive du génie visionnaire*, Paris, Le Point, 1993.

Georgius Agricola (1494-1555) – <http://www.ucmp.berkeley.edu/history/agricola.html> – páginas capturadas em 12/Jan/1997, 17:33:58.

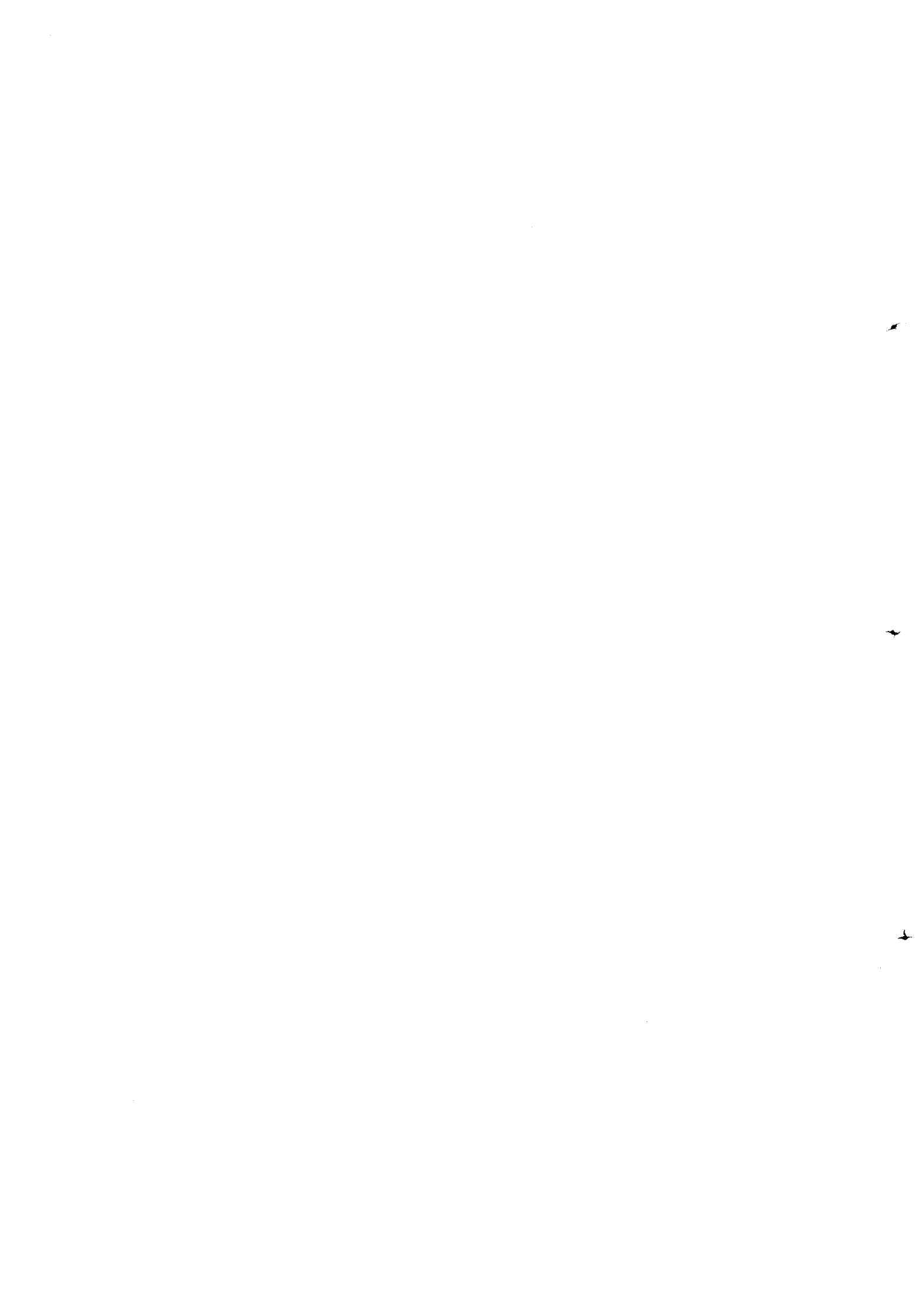
Grolier multimedia encyclopedia. Versão 9.0. Grolier interactive/Mindscape, 1997.

Lineamenti di storia della Mineralogia – <http://dindy.geo.uniroma...r-min/storia/minstor.htm> –
pág. capturadas em 12/Jan/1997, 17:16:48.

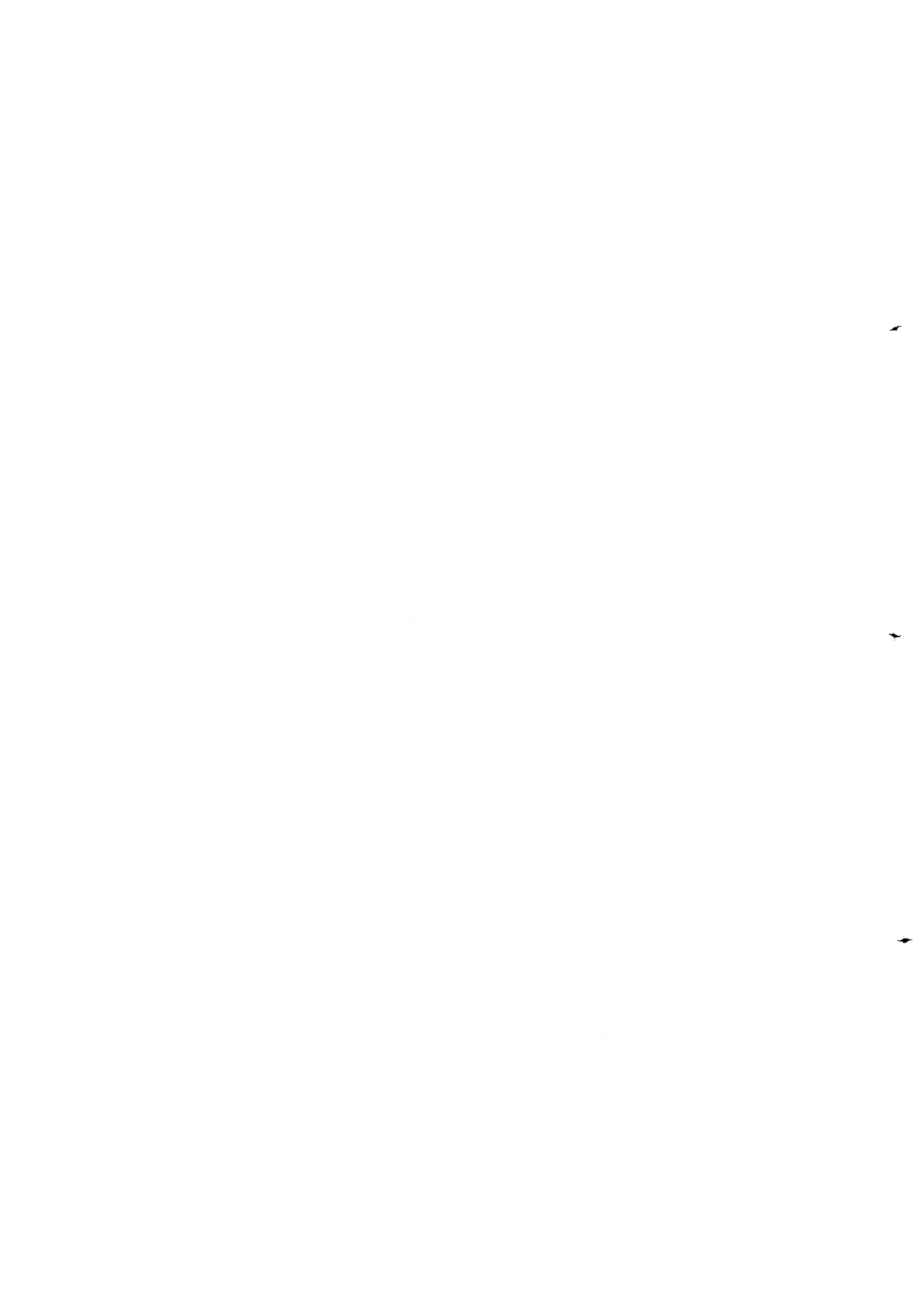
Qualical – <http://www.vol.it/qualical> – páginas capturadas em 1998.

ANEXO 1 RELAÇÃO DE ILUSTRAÇÕES

- 1 - Busto do Almirante Tamandaré (Bahia, BR)
- 2(a) - Casa em solo estabilizado (São Paulo, BR)
- 2(b) - Casa em blocos comprimidos e taipa (São Paulo, BR)
- 3 - Mural com representação de fabrico de adobe (Egipto)
- 4 - Casa em adobes (Bahia, BR)
- 5 - Monumento histórico em taipa (Goiás, BR)
- 6 - Igreja em taipa de mão (Minas Gerais, BR)
- 7 - Teatro São Carlos (Bahia, BR)
- 8 - Construção em adobes (Bahia, BR)
- 9 - Beiral em adobes (Bahia, BR)
- 10 - Parede em taipa (Bahia, BR)
- 11 - Restos de coluna executada com tijolos especiais (Conimbriga, PT)
- 12 - Restos de coluna executada com tijolos especiais (Itália)
- 13 - Restos de coluna executada com tijolos especiais (Itália)
- 14 - Vista de Óstia Antiga (Itália)
- 15 - Tijolos especiais (Milreu, PT)
- 16 - Molde simples para fazer adobes (Bahia, BR)
- 17 - Molde múltiplo para fazer adobes
- 18 - Construção em terra (Mértola, PT)
- 19 - Construção em terra (Algarve, PT)
- 20 - Quartéis da Palma, em taipa (Bahia, BR)
- 21 - Taipal (Jacques-François Blondel)
- 22 - Taipal (Giuseppe del Rosso)
- 23 - Antiga muralha de Salvador, em taipa (Bahia, BR)
- 24(a) - Casa bandeirista, em taipa (São Paulo, BR)
- 24(b) - Casa bandeirista, em taipa (São Paulo, BR)
- 25 - Muro em terra (Bahia, BR)
- 26(a) - Porta de Istar (Alemanha)
- 26(b) - Mural com tijolos padronizados (Alemanha)
- 27 - Pomenor de escultura cerâmica (Alcobaça, PT)
- 28 - Tubulação cerâmica (Itália)
- 29 - Igreja de San Jean de Montmartre (França)
- 30 - Olaria artesanal com tracção animal (Bahia, BR)
- 31(a) - Olaria artesanal (Bahia, BR)
- 31(b) - Olaria artesanal (Bahia, BR)
- 32 - Olaria artesanal (*Enciclopédie Française*)
- 33 - Passeio em frente à *Arena* de Verona (Itália)
- 34 - Mármore venado intemperizado (Itália)
- 35 - Piso da Reitoria da UFBA, em pedra lioz (Bahia, BR)
- 36 - Limpeza de pedra com esmeril (Bahia, BR)
- 37 - Reaproveitamento de lápides (Itália)
- 38 - Conchas no arenito da igreja da Misericórdia (Bahia, BR)



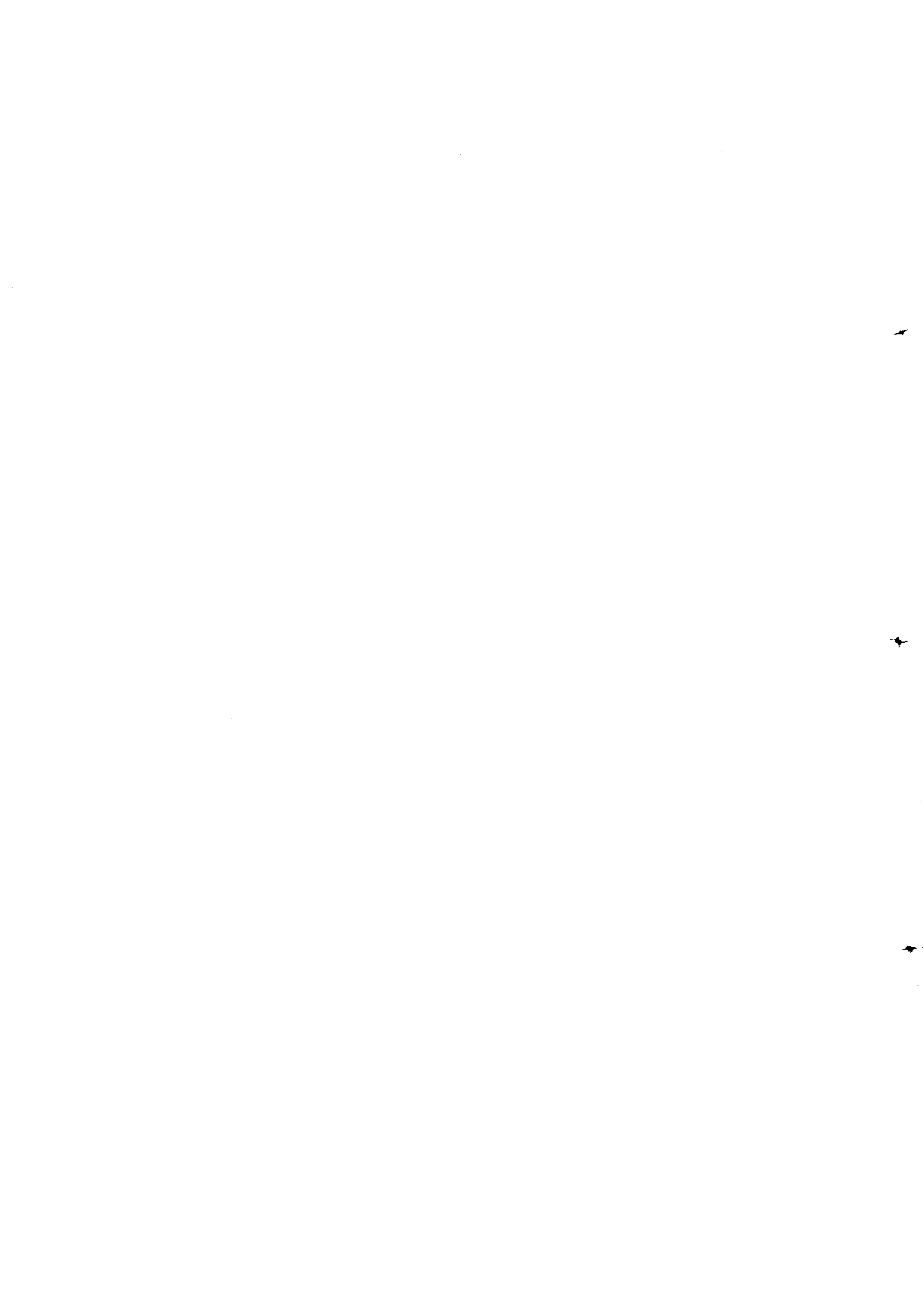
- 39 - Esquema da formação de alvéolos
- 40 - Erosão alveolar (Cabo de São Vicente, PT)
- 41(a) - Manchas de ferrugem em mármore (Bahia, BR)
- 41(b) - Manchas de ferrugem em calcário (Itália)
- 42 - Escamação de gnaiss (Rio de Janeiro, BR)
- 43 - Experiências realizadas no NTPR com resinas diversas
- 44 - Reintegração de lacunas com material inadequado (Bahia, BR)
- 45(a) - Uso de material espúrio na obturação de lacunas (Bahia, BR)
- 45(b) - Uso de material espúrio na obturação de lacunas (Bahia, BR)
- 46 - "*Bege Bahia*"
- 47 - Argamassa melhor conservada do que tijolos
- 48 - Cais vivas (pura, com solo e com pó cerâmico)
- 49 - As mesmas cais, porém misturadas com óleo
- 50 - "*Cabeça de carneiro*" (Bahia, BR)
- 51 - *Meandrina braziliensis* (Bahia, BR)
- 52 - Rodolito (Bahia, BR)
- 53 - Cascalho de origem marinha (Bahia, BR)
- 54 - Caieira artesanal (Açores, PT)
- 55 - Forno de cal (*Jornada pelo Tejo*)
- 56(a) - "*Rabot*" (Jacques-François Blondel)
- 56(b) - "*Rabot*" (Lisboa, PT)
- 57 - "*Mortarium*" (Lisboa, PT)
- 58 - Extinção de cal (Inglaterra)
- 59 - Cascas de "*lambretas*"
- 60 - Cascas de ostras e de "*lambretas*"
- 61 - Microfotografia de argamassa (Bahia, BR)
- 62 - Cálice de coral encontrado em argamassa (Bahia, BR)
- 63 - Britador usado na moagem das amostras de calcário (Bahia, BR)
- 64 - Frasco Dewar modificado (ABNT)
- 65 - Recipiente desenvolvido para verificação do tempo de extinção das cais estudadas
- 66 - Uma das cais estudadas após o ensaio de determinação do tempo de extinção
- 67 - Realização do ensaio de determinação do tempo de extinção
- 68 - Ensaio de espectroscopia de emissão atômica por plasma
- 69 - Pozolana
- 70 - Argamassa com pó cerâmico (Milreu, PT)
- 71 - Máquina de fazer "*ciment*" (Belidor)
- 72 - Operário desbastando madeira
- 73(a) - Mural com representação de operários (Egipto)
- 73(b) - Operários egípcios (reconstituição)
- 74 - Desdobramento de madeira e trabalho de carpintaria (*Enciclopédie Française*)
- 75(a) - Estacas pombalinas *in loco* (Lisboa, PT)
- 75(b) - Estaca pombalina no LNEC (Lisboa, PT)
- 76 - Estaca ferrada
- 77 - Estaca ferrada
- 78 - Estaca ferrada



- 79 - Agrafes
- 80 - Defeitos na madeira (Duhamel du Monceau)
- 81(a) - Retrato de Bartholomeu da Costa
- 81(b) - Máquina projectada por Bartholomeu da Costa
- 82 - Maçaranduba (séc. XVIII, Códice do AHU)
- 83 - Cedro (séc. XVIII, Códice do AHU)
- 84(a) - Maçaranduba (séc. XX)
- 84(b) - Cedro (séc. XX)

CRÉDITO DAS ILUSTRAÇÕES:

- Ilustrações 1, 6, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 26(a), 27, 29, 34, 35, 37, 40, 46 a 53, 56(b), 57 a 63, 65 a 68, 70, 75(a) e 75(b) – Acervo pessoal do autor;
- Ilustrações 2 (a) e 2 (b) – Arq.terra (SP, Brasil);
- Ilustrações 3 e 73(a) – DAVEY, Norman, *A history of building materials*;
- Ilustrações 4, 7, 9 e 25 – Arq. Antonio Carvalho;
- Ilustrações 5, 12, 14, 26(b), 28, 30, 31(a) e (b), 33, 72, 79 – Arq. Mário Oliveira;
- Ilustração 20 – AHU;
- Ilustrações 21 e 56(a) – BLONDEL, J.-F., *Cours d'architecture* (BNL);
- Ilustração 22 – [Del Rosso, Giuseppe] (Biblioteca da Faculdade de Arquitectura de Turim);
- Ilustração 23 – Iconografia da BPMP;
- Ilustração 24(a) – Prof. Nestor Goulart Reis Filho;
- Ilustração 24(b) – Arq. Rosa Flores;
- Ilustrações 32 e 74 – DIDEROT, Denis, D'ALEMBERT, *Encyclopédie française: recueil des planches* (Biblioteca de Santa Clara, Lisboa);
- Ilustrações 36, 38, 39, 41(a) e (b), 42, 43, 44, 45(a) e (b) – Acervo do NTPR;
- Ilustração 54 – Arq. Ana Milheiro;
- Ilustração 55 – NEGREIROS, José Manuel de Carvalho, *Jornada pelo Tejo* (AHM, cód. 80);
- Ilustração 64 – NBR 1079 – Cal virgem. Determinação do tempo de extinção. Rio de Janeiro, ABNT, 1989;
- Ilustração 69 – Prof. Lorenzo Lazzarini;
- Ilustração 71 – BELIDOR, Bernard Forest de, *Architecture hydraulique* (Biblioteca de Santa Clara, Lisboa);
- Ilustração 73(b) – Revista Geográfica Universal;
- Ilustração 76 – HACHICH, W. et al, *Fundações: teoria e prática*, 1ª ed., São Paulo, ABMS/ABEF-PINI, 1996;
- Ilustração 77 – COSTA, F.V., *Estacas para fundações*, Livraria Luso-Espanhola-Brasileira, 1956;
- Ilustração 78 – HACHICH, W. et al, *Fundações: teoria e prática*, 1ª ed., São Paulo, ABMS/ABEF-PINI, 1996;
- Ilustração 80 – DUHAMEL DU MONCEAU, Henri-Louis, *De l'exploitation des bois* (Biblioteca da Ajuda);
- Ilustração 81(a) e (b) – Litogravuras cotas 1194 e 1890 (AHM);
- Ilustrações 82 e 83 – Doc. n.º 13769, anexo ao Doc. n.º 13766. Secção de Cartografia (AHU);
- Ilustrações 84(a) e (b) – HARRI, Lorenzi, *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*, Nova Odessa (São Paulo), Plantarum, 1992.

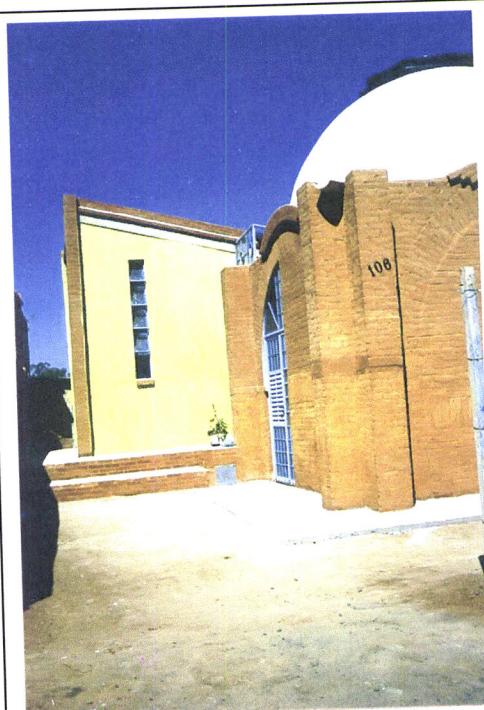




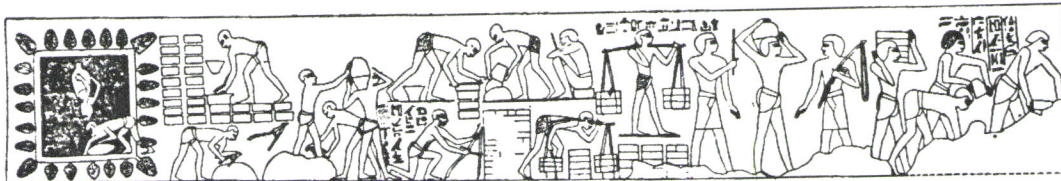
Il. 1 – Salvador (Bahia, Brasil): Busto de bronze do Almirante Tamandaré, sobre pedestal de sodalite (*Blue Bahia*).



Il. 2(a)– Piracicaba (São Paulo, Brasil): Construção em solo estabilizado da residência Machado (1999). Autores: ArquiTerra.



Il. 2(b) - Campinas (São Paulo, Brasil): Construção em solo estabilizado (taipa e blocos compactados) da residência Pupin. Autores: ArquiTerra.



Il. 3 – Reprodução esquemática de mural no túmulo de Rekhmara, em Tebas, no Egito (c. 1.500 a.C), mostrando o fabrico do adobe.



Il. 4 – Bananal (Bahia, Brasil): Construção em adobes artesanais feitos pela proprietária do imóvel. Demonstraram maior resistência do que as telhas cerâmicas de má qualidade que ela adquiriu.



**Il. 5 – Goiás Velho (Goiás, Brasil): Casa de Câmara e Cadeia (Séc. XVIII),
construída em taipa de pilão.**



**Il. 6 – Sabará (Minas Gerais, Brasil): Igreja de Nossa
Senhora do Ó (séc. XVIII) , em taipa de mão.**



II. 7 – Rio de Contas (Bahia, Brasil): Teatro S. Carlos, construído em adobes, que data de 1892.



II. 8 – Rio de Contas (Bahia, Brasil): Construção em adobes.



Il. 9 – Rio de Contas (Bahia, Brasil): Beiral em adobes com forma especial.



Il. 10 – Salvador (Bahia, Brasil): Vestígios de taipa de pilão na casa 15 do Largo de S. Francisco.





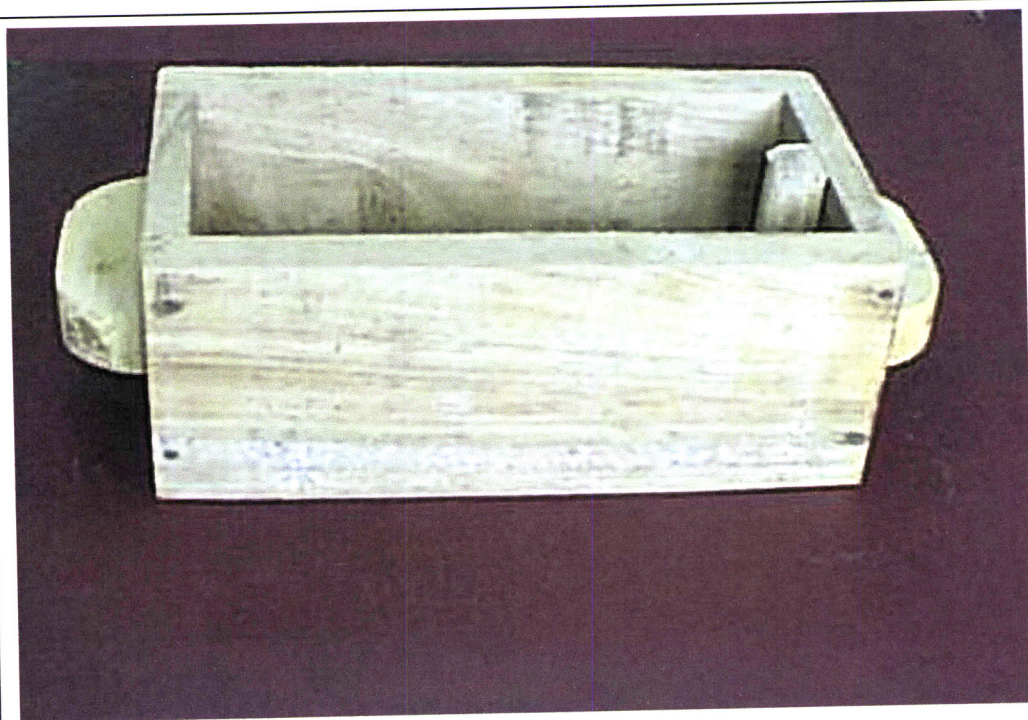
Il. 13 – Roma (Itália): Resto de fuste de coluna dórica no Forum Romano, com tijolos especiais para o arremate das caneluras em argamassa.



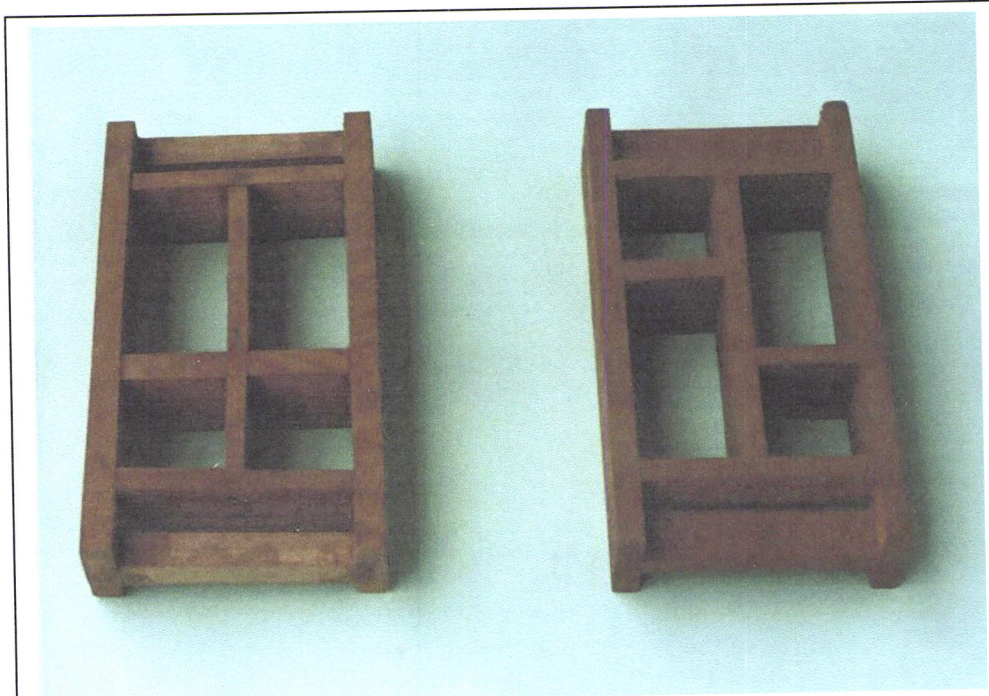
Il. 14 – Óstia Antiga (Itália): Quarteirão de *insulas*. Construção em tijolos.



Il. 15 – Milreu (Algarve, Portugal): Tijolos romanos especiais para construção de fustes de coluna.



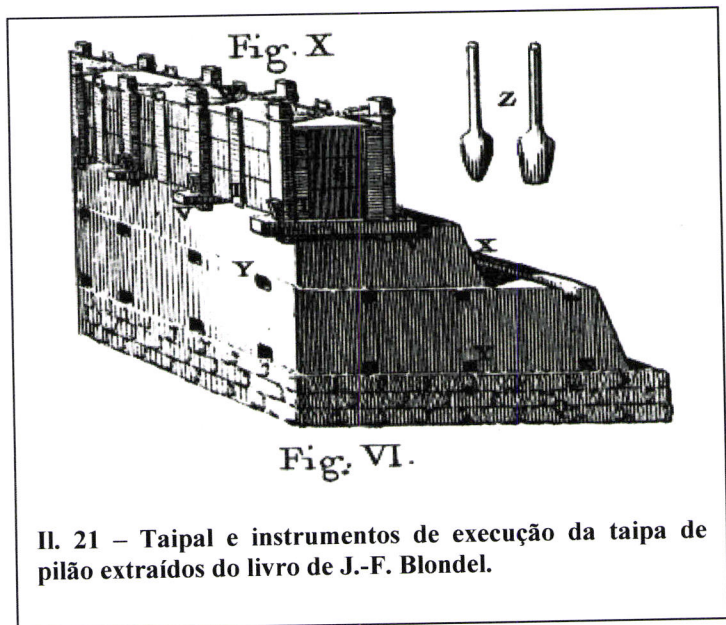
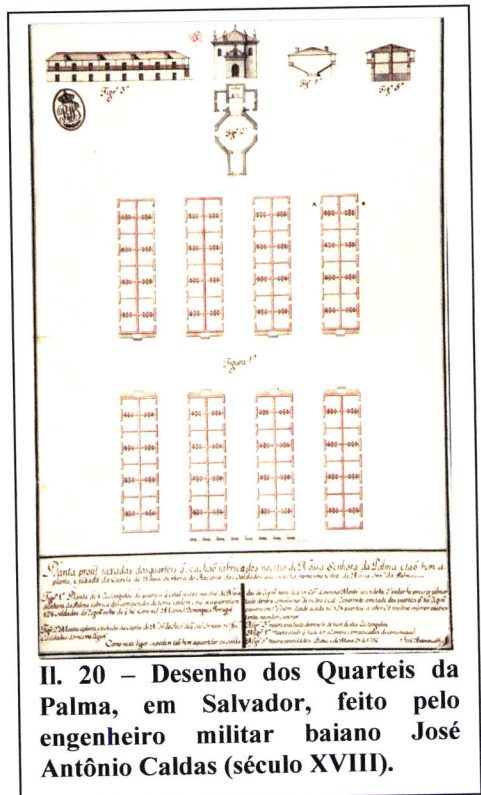
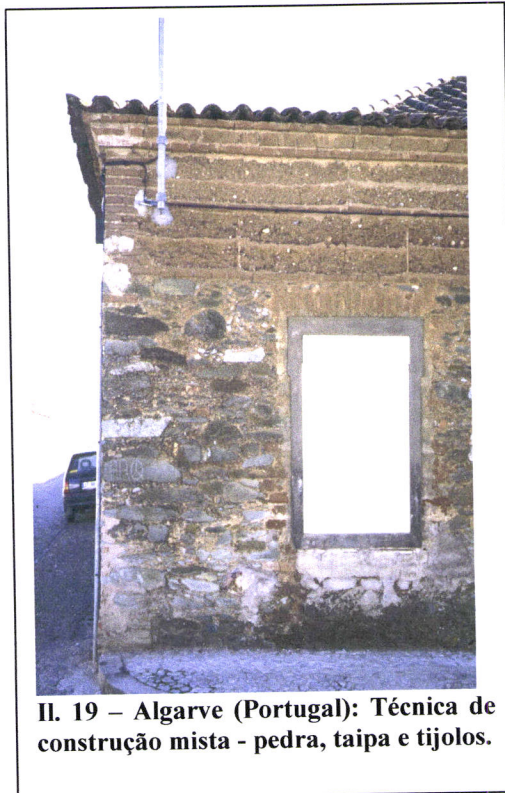
Il. 16 – Bahia (Brasil): Forma de adobe simples de fabricação recente.

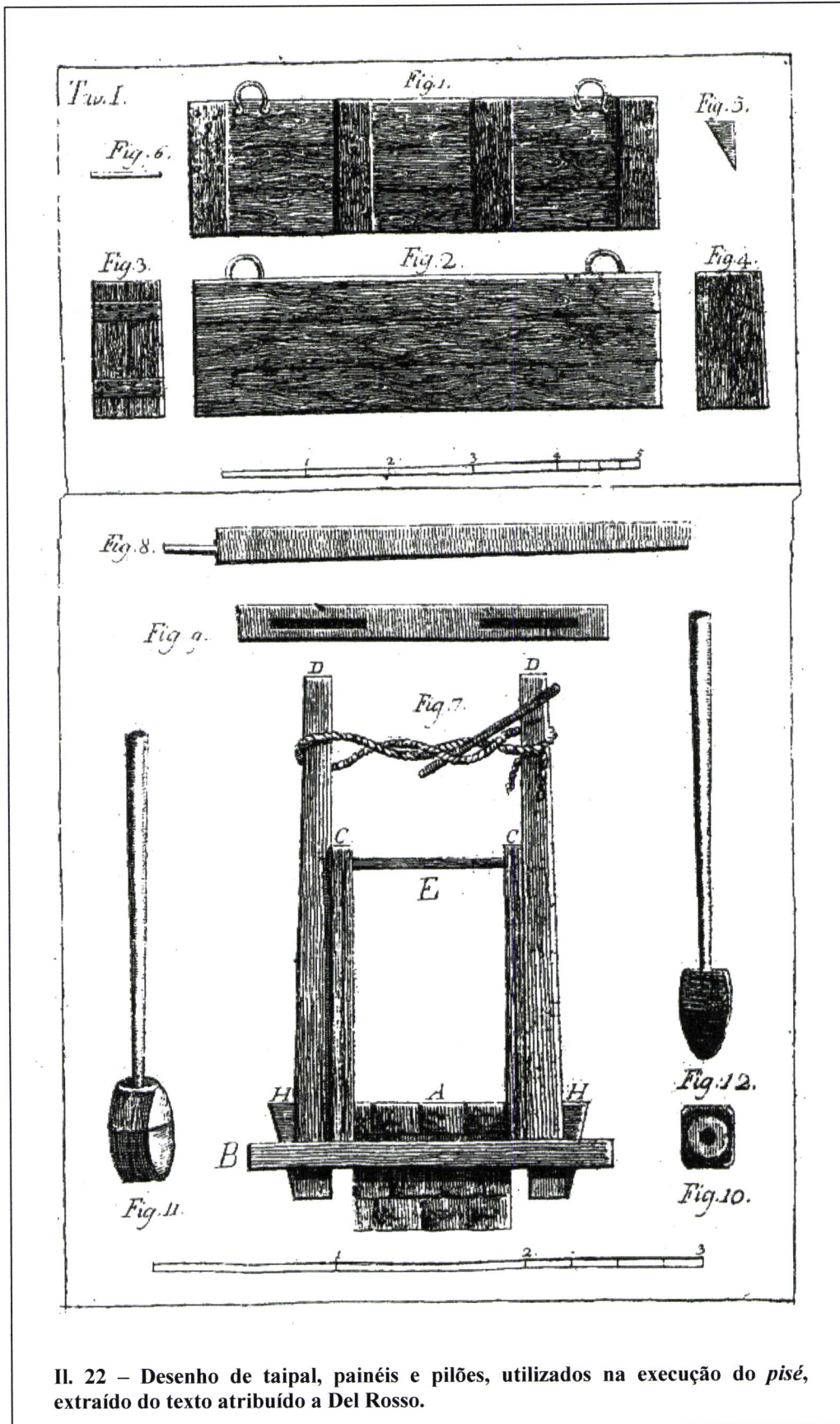


Il. 17 – Salvador (Bahia, Brasil): Miniaturas de formas múltiplas de adobes da disciplina Materiais de Construção da EPUFBA.

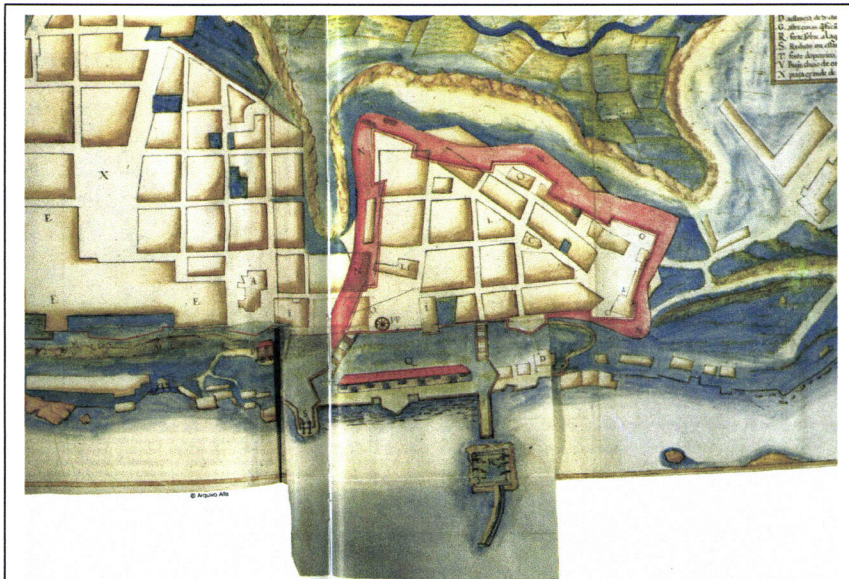


Il. 18 – Mértola (Portugal): Construção em terra. Antiga mesquita islâmica transformada em templo cristão.





II. 22 – Desenho de taipal, painéis e pilões, utilizados na execução do pisé, extraído do texto atribuído a Del Rosso.



Il. 23 – Biblioteca Pública Municipal do Porto (Portugal): Fragmento da planta de Salvador, que ilustra o manuscrito do *Livro que da Reção do Estado do Brazil*, atribuível a Diogo de Campos Moreno, datado de 1612, onde se vê indicado em vermelho a antiga muralha de taipa de pilão.



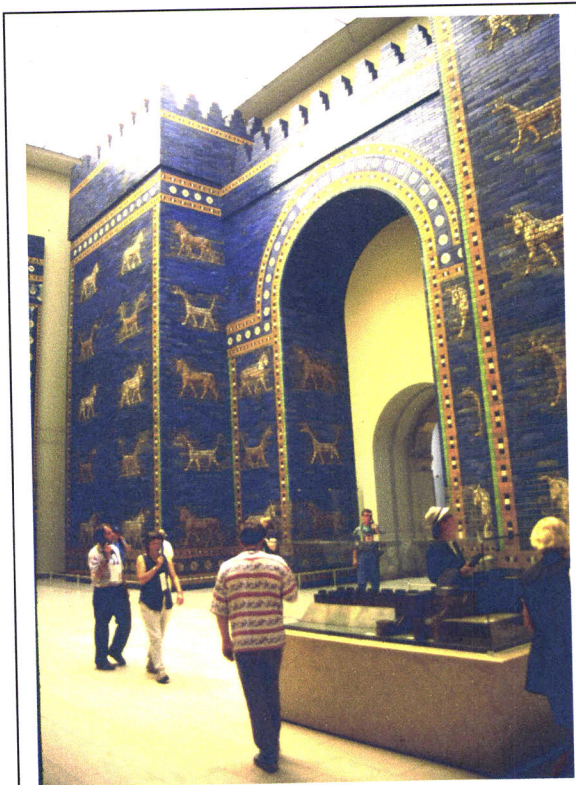
Il. 24 (a) – Estado de S. Paulo (Brasil): Típica casa bandeirista, com varanda a guisa de vestibulo e simetria bilateral na composição da fachada, construída em taipa de pilão.



II. 24 (b) – Sítio do Mandú (São Paulo, Brasil): Casa bandeirista construída em taipa de pilão (Séc. XVII).



II. 25 – Rio de Contas (Bahia, Brasil): Muro de terra (adobes) protegido com um embasamento de pedra seca.



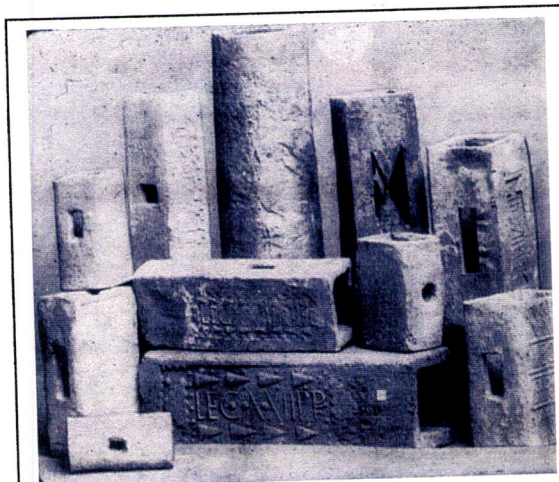
Il. 26 (a) – Berlim (Alemanha), Museu Pérgamo: Porta de Istar, da antiga Babilônia com revestimento de cerâmica vitrificada.



Il. 26 (b) – Berlim (Alemanha), Museu de Pérgamo, painel mesopotâmico com tijolos padronizados.



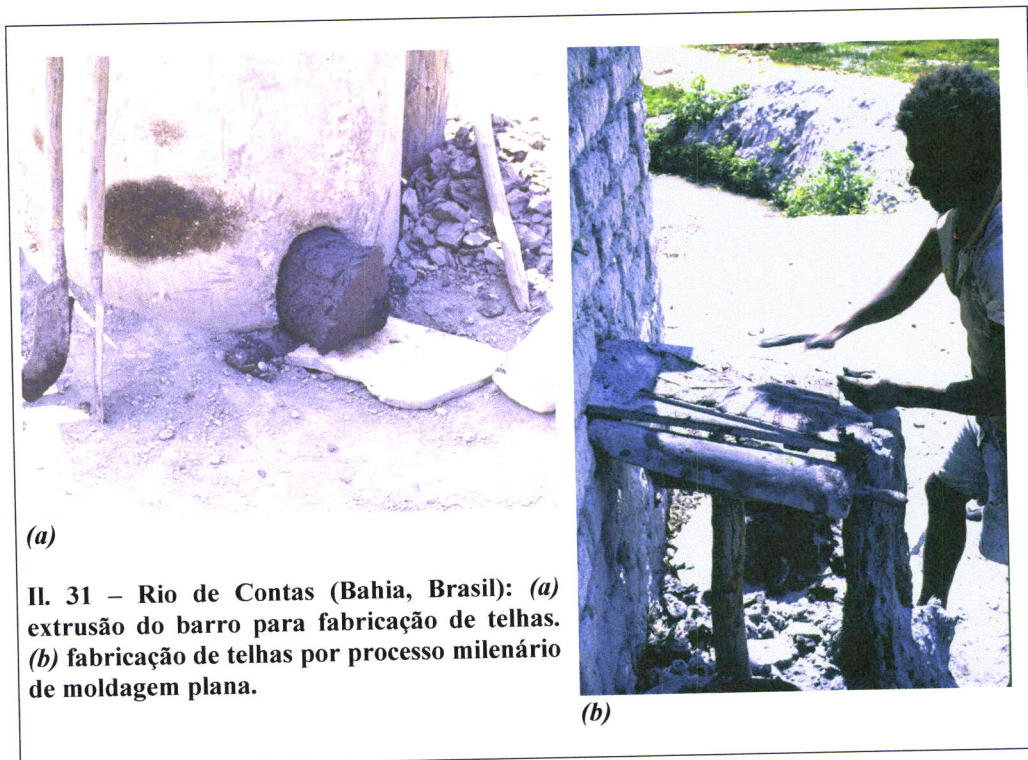
Il. 27 – Alcobaça (Portugal): Um particular do drape-jamento de escultura cerâmica.

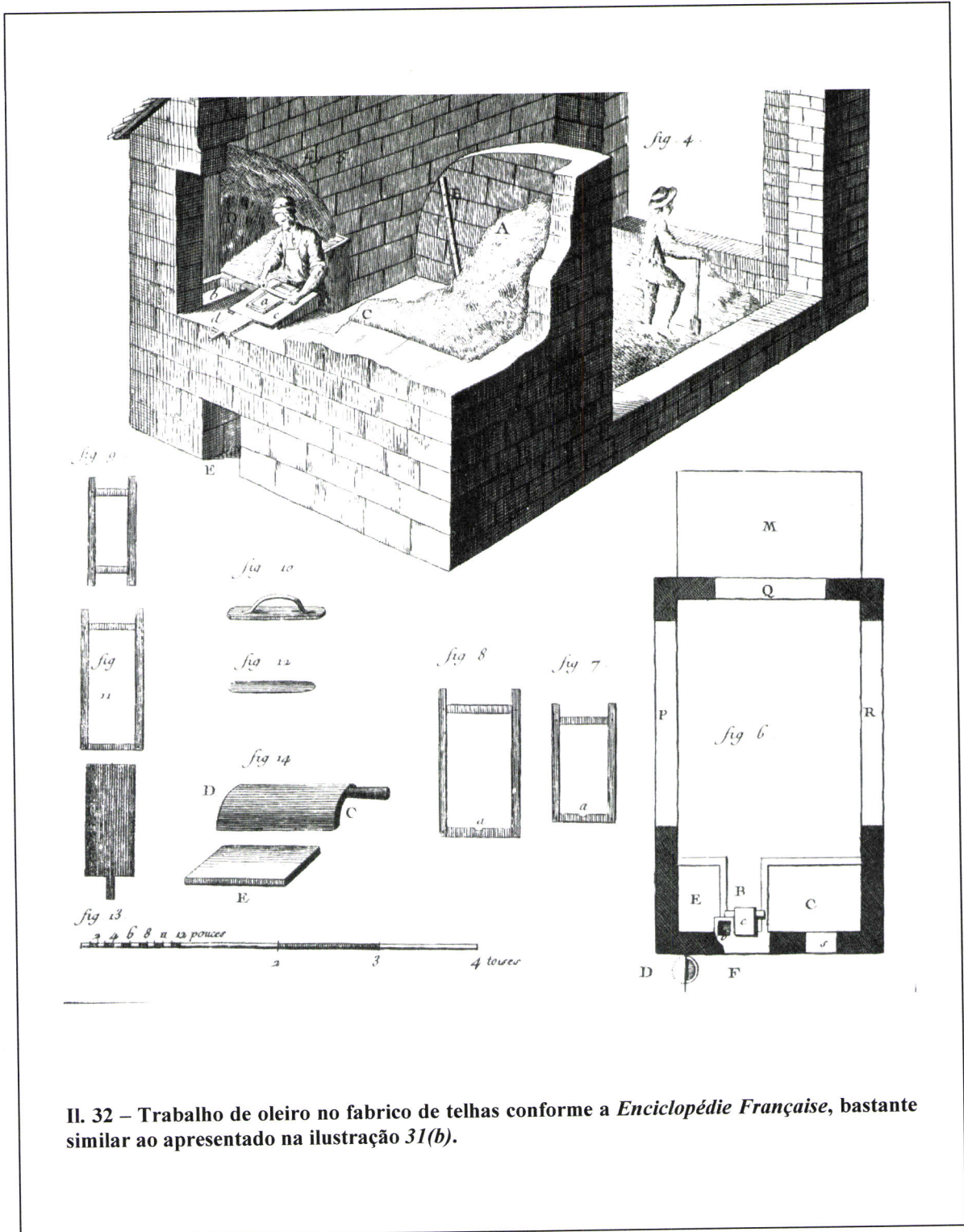


II. 28 - Elementos de cerâmica para a construção, fabricados por legionários romanos (Legião XXII).



II. 29 - Paris (França): Famosa Igreja de S. Jean de Montmartre, projeto de Anatole Baudot. Estrutura em cimento armado e tratamento externo em cerâmica.





II. 32 – Trabalho de oleiro no fabrico de telhas conforme a *Enciclopédie Française*, bastante similar ao apresentado na ilustração 31(b).



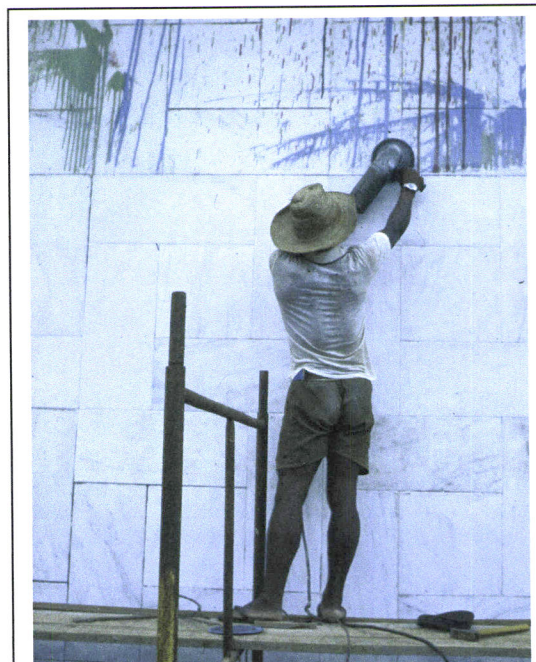
Il. 33 – Verona (Itália): Fóssil (Capriola) de grandes dimensões integrado a pedra do passeio, nas vizinhanças da arena



Il. 34 – Roma (Itália): Mármore venado intemperizado no piso do Fórum Romano



Il. 35 – Salvador (Bahia, Brasil): Piso do saguão da Reitoria da Universidade Federal da Bahia, executado em lioz de duas colorações, importado de Portugal, nos anos 50 (Séc XX).



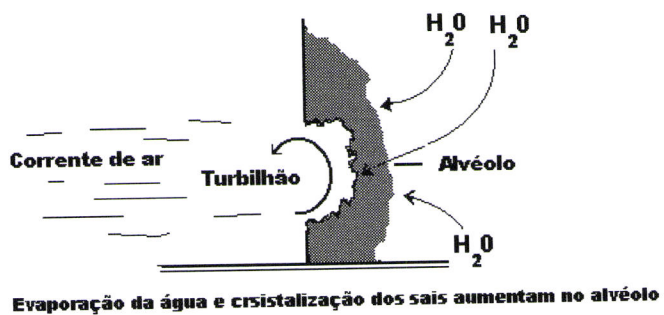
Il. 36 – Salvador (Bahia, Brasil): Limpeza de grafitos através do uso extremamente inadequado de politriz e lixa de 60mesh.



Il. 37 – Pisa (Itália): Reaproveitamento de pedras de antigos edifícios romanos na cantaria da Catedral.



Il. 38 - Igreja da S. Casa da Misericórdia (Sec. XVII) em Salvador (Bahia, Brasil): Base de pilastra da fachada em arenito calcífero local, onde se pode observar fósil coralino (aprox. 13cm no maior diâmetro).



II. 39 – Hipótese que explica a formação dos alvéolos.



II. 40 – Cabo S. Vicente (Portugal): Erosão alveolar na cercadura de cantaria.

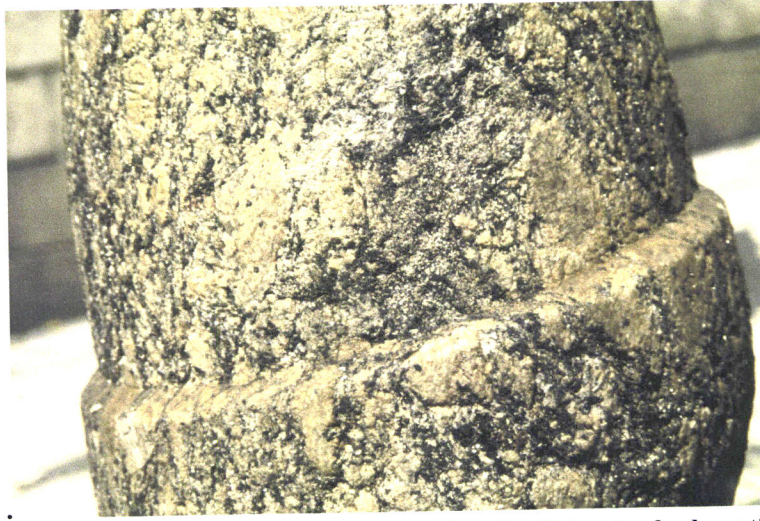


(a)

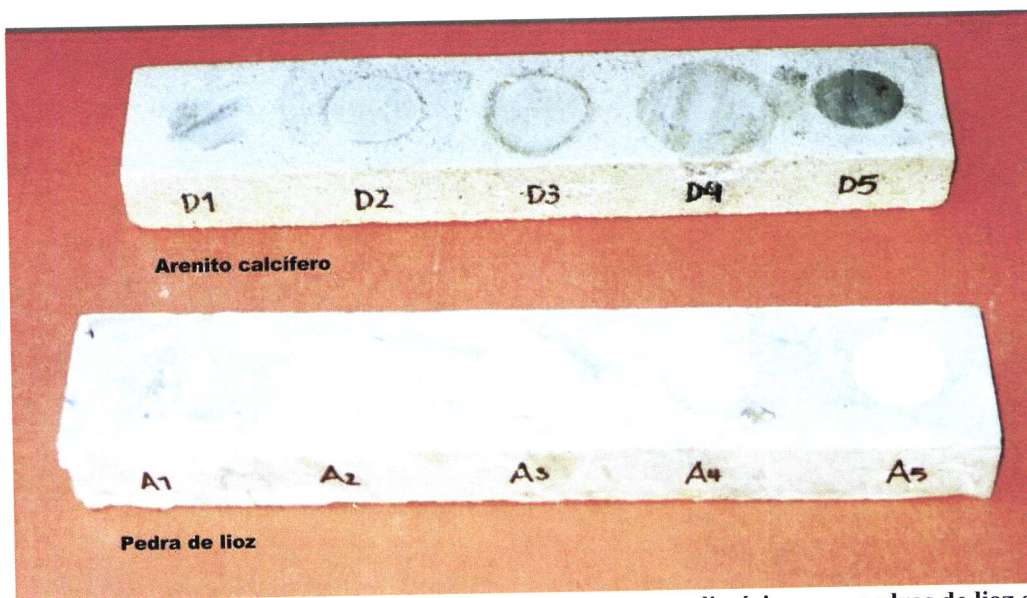
II. 41 – (a) Salvador (Bahia, Brasil): Manchas provocadas por uso inadequado de grampos de ferro na fixação das placas de mármore. (b) Veneza (Itália): Grampos de ferro provocando manchas no calcário de Istria, além de ruptura pela tensão de expansão do material oxidado.



(b)



II. 42 - Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, Brasil): Balastrada da antiga Escola Politécnica, uma vez Academia Militar, onde se vê o gnaissse alterado, especialmente nos locais onde se concentra a mica.



II. 43 - NTPR. Estudos para reintegração com argamassas poliméricas nas pedras de lioz e nos arenitos calcíferos da região de Salvador.



Il. 44 – Basílica da Conceição da Praia (Salvador, Bahia): Reintegração desastrosa do piso de lioz português, com resina de poliéster, sem qualquer respeito às juntas e à cor do material.

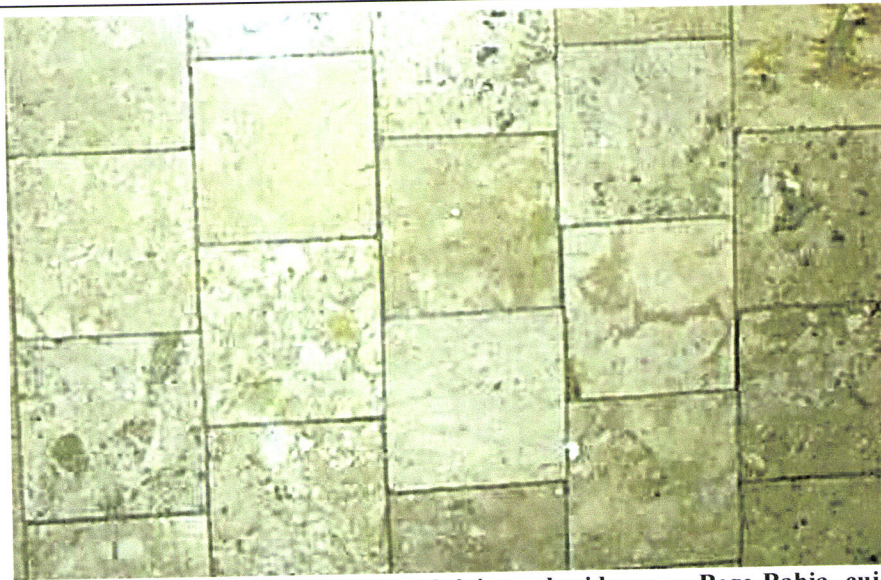


(a)



(b)

Il. 45 – Salvador (Bahia, Brasil): (a) Reintegrações inadequadas com uso de argamassa de cimento tipo Portland, na base do portal da Igreja da Venerável Ordem 3^a de S. Francisco (séc. XVIII). (b) Idem, na fachada da Igreja do Colégio de Jesus (séc. XVII), actual Catedral Basílica.



Il. 46 – Salvador (Bahia, Brasil): Calcário conhecido como Bege Bahia, cuja formação natural com lacunas, como um travertino, necessita estucamento das falhas antes do polimento. A qualidade por vezes inadequada da argamassa de estucamento produz, com o passar do tempo, manchas e falhas.



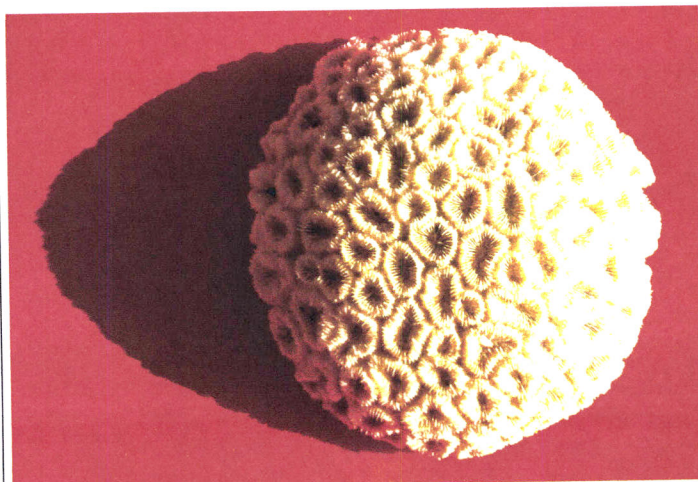
Il. 47 – Porto Seguro (Bahia, Brasil): Alvenaria de tijolos onde a argamassa de cal, saibro e areia, demonstra melhor resistência do que o material cerâmico, que apresenta sinais de má queima.



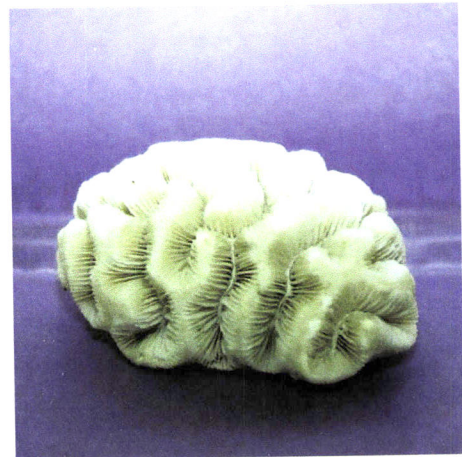
II. 48 – NTPR: Cais vivos (puras, com solo e com pó de cerâmica).



II. 49 – NTPR: Testes com extinção de cal, com óleo, dos mesmos materiais da il. 48.



II. 50 – Coral “Cabeça de carneiro”, do género *Mussismilia*, usado na fabricação da cal



II. 51 – Coral *Meandrina braziliensis*, usado na fabricação da cal.



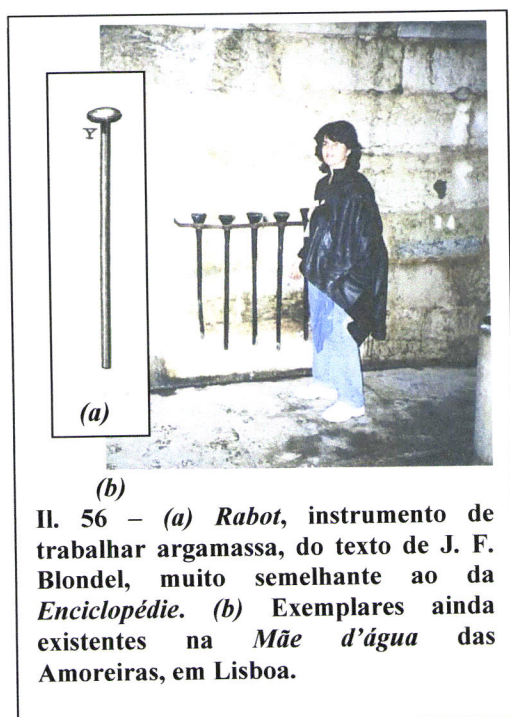
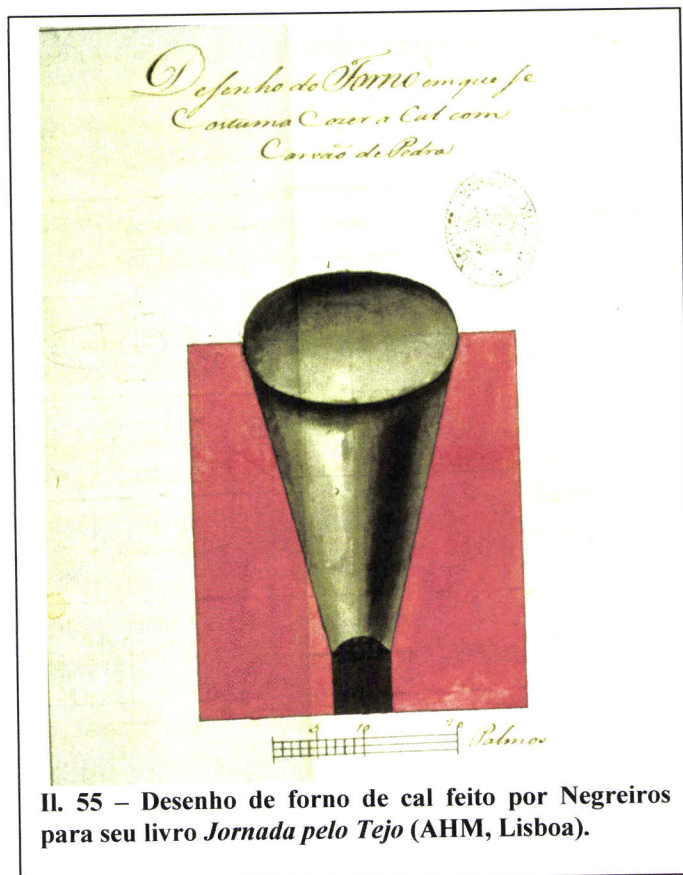
Il. 52 – Rodolito (coral)



Il. 53 – Calcário de origem marinha usado até, aproximadamente, 1996 pela fábrica de cimento Aratu (Salvador-Ba).

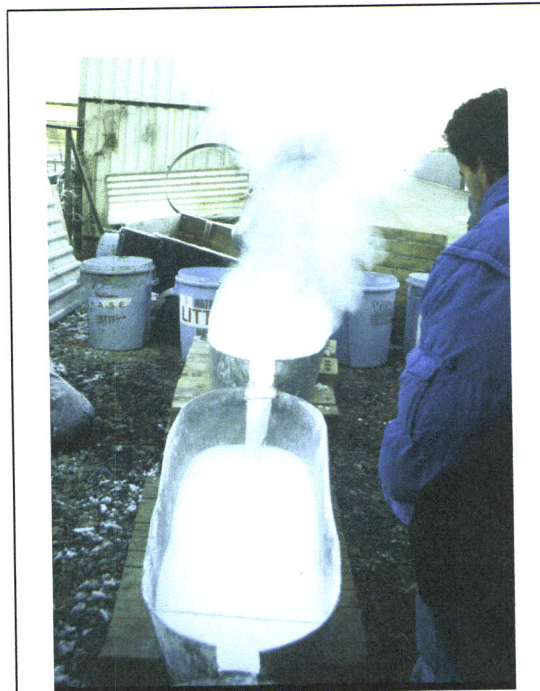


Il. 54 – Açores (Portugal): Antiga caieira semelhante à que se pode encontrar arruinada na Ilha de Itaparica (Ba- Brasil).





II. 57 – *Mortarium* ainda existente nos subterrâneos da Mãe d'água das Amoreiras, Lisboa.



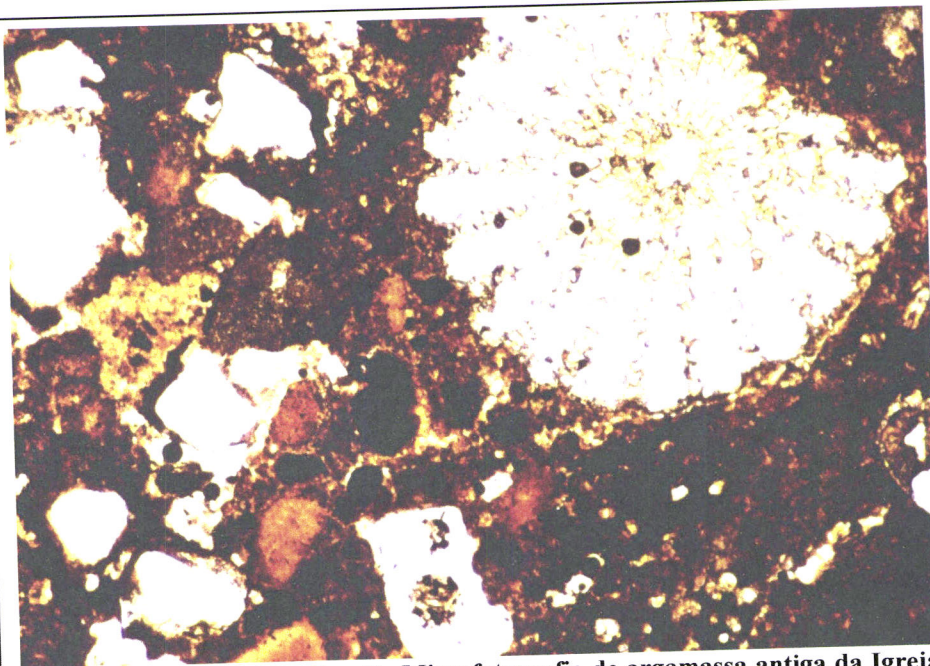
II. 58 – Extinção de cal no *Lime Seminar*, em Stoneleigh, Inglaterra (1991).



Il. 59 - Cascas de "*lambretas*", moluscos bivalves comuns nas costas do Brasil usados para fabricar cal.



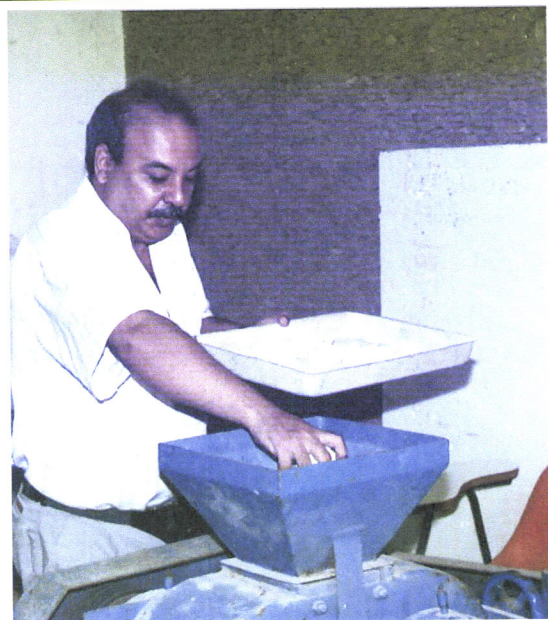
Il. 60 - Ostra e "*lambreta*" (bivalves) recolhidas na Baía de Todos os Santos, também usadas para fabricação da cal.



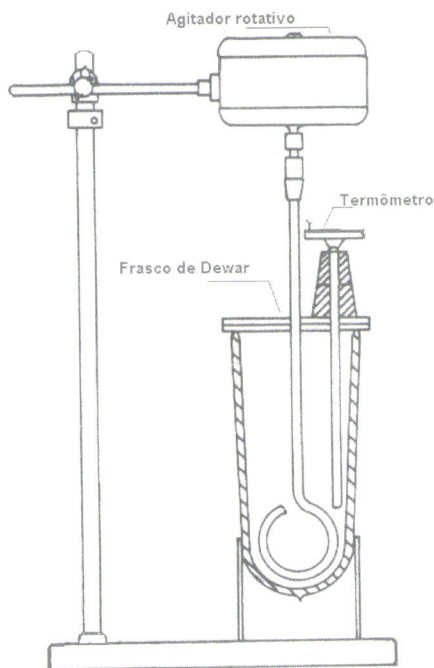
Il. 61 - Salvador (Bahia, Brasil): Microfotografia de argamassa antiga da Igreja do Colégio Jesuíta, hoje Catedral, onde se observam fragmentos de seres marinhos.



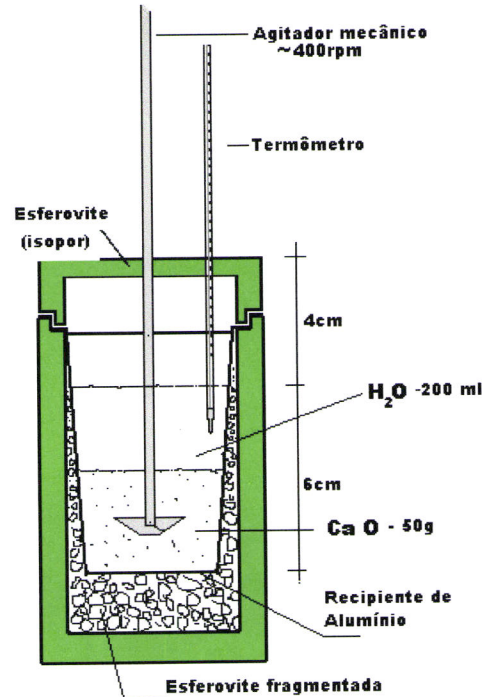
Il. 62 – Fragmento de cálice de coral removido de argamassa do Solar do Unhão (séc. XVIII e XIX).



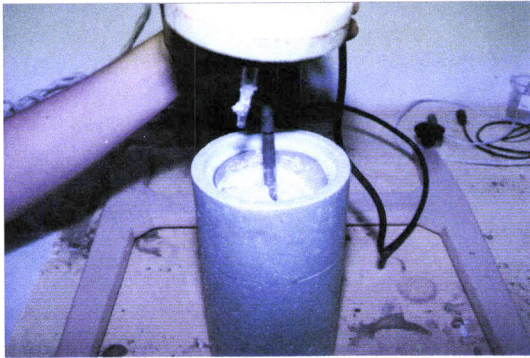
Il. 63 – Britando o mármore para fazer cal.



Il. 64 - Frasco de Dewar modificado, para ensaio de extinção (ABNT).

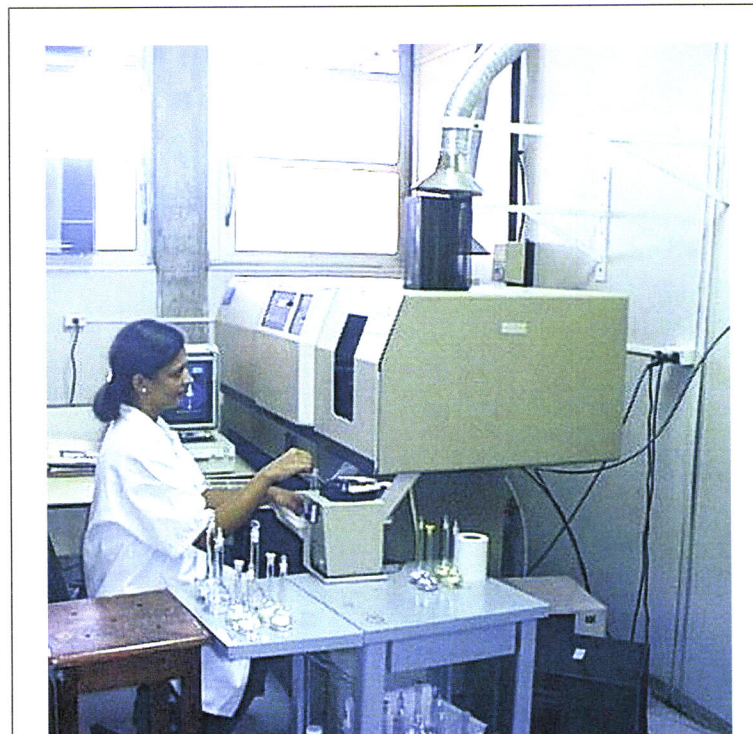


Il. 65 – Adaptação feita no NTPR para verificar o tempo de extinção das cais.

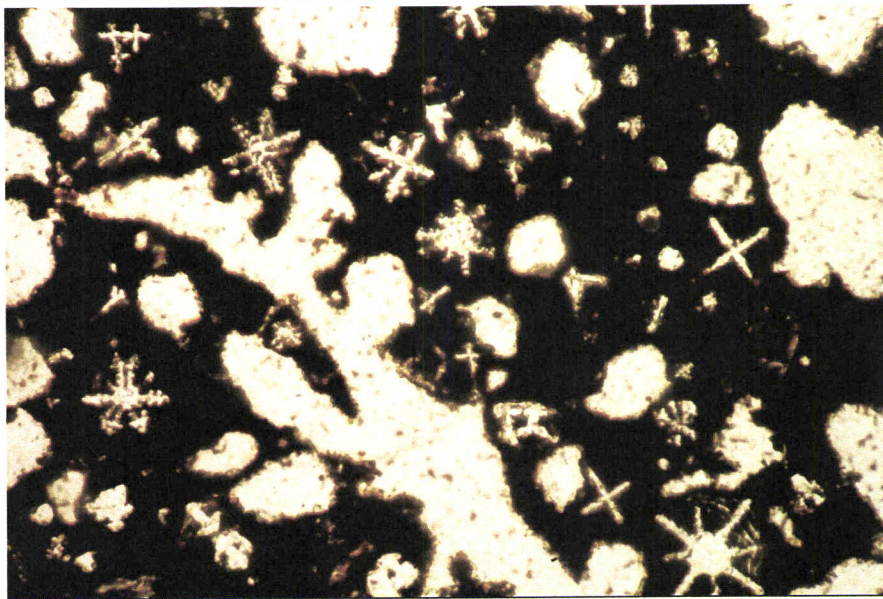


Il. 66 - Recipiente desenvolvido para se verificar o tempo de extinção das cais. No interior, observa-se a cal imediatamente após a extinção.

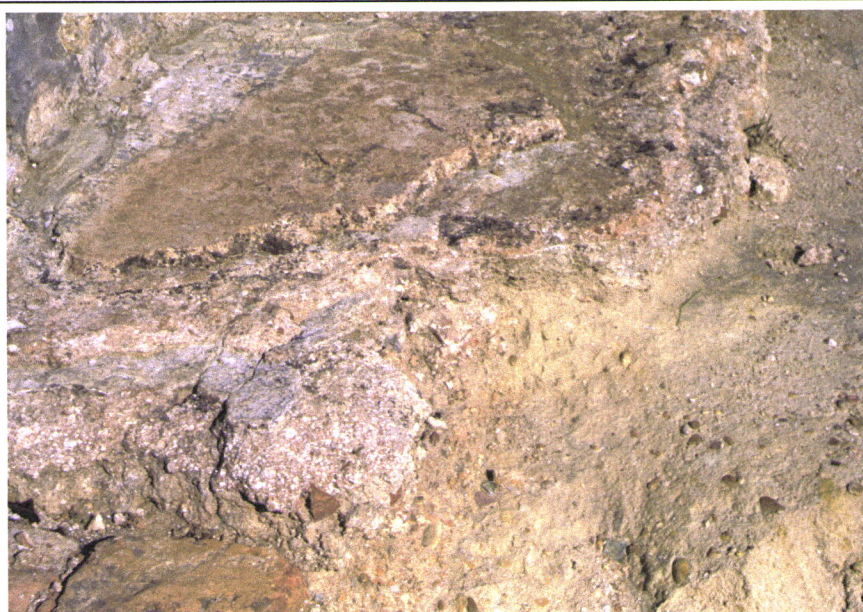
Il. 67 - Realização de ensaio de determinação do tempo de extinção.



Il. 68 - Dosagem das cais, por espectroscopia de emissão atômica por plasma, feita no Instituto de Química da UFBA.

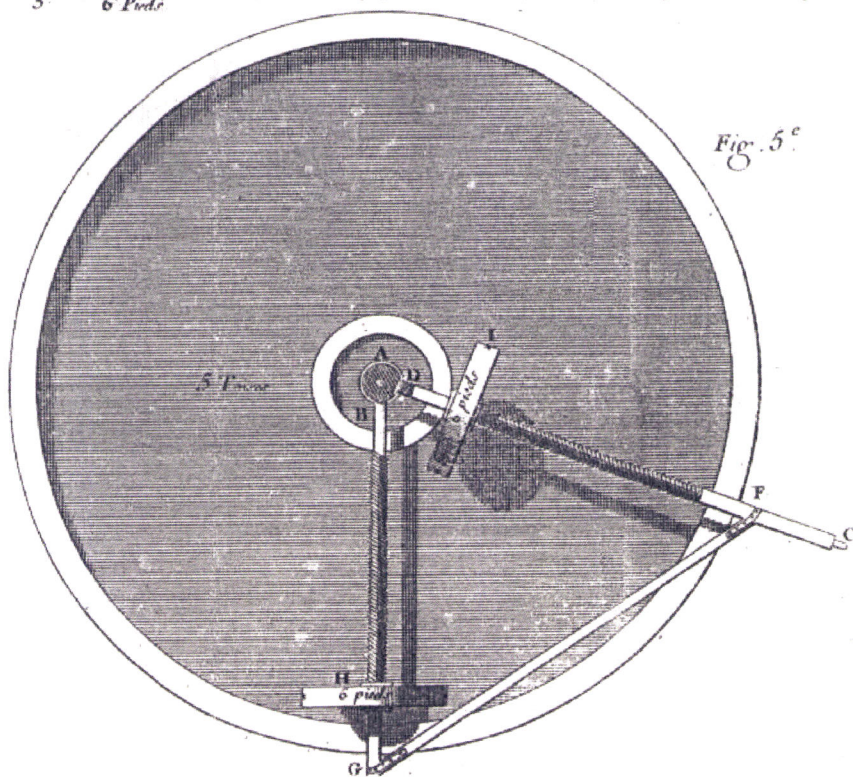
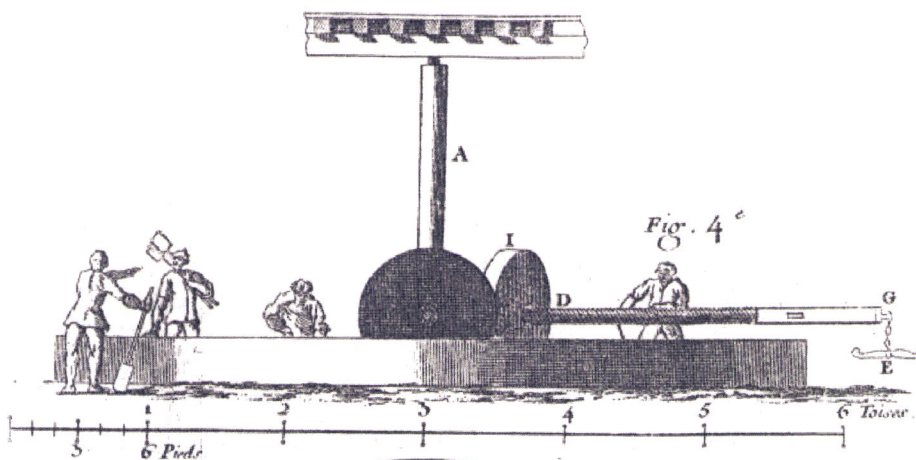


Il. 69 – Microfotografia de uma partícula de pozolana mostrando a elevada porosidade e as típicas figuras de *quencing* no vidro vulcânico castanho-avermelhado.



Il. 70 – Milreu (Portugal): Argamassa de cal, areia e pó de tijolo, na zona das antigas termas.

MACHINE pour piler du Ciment



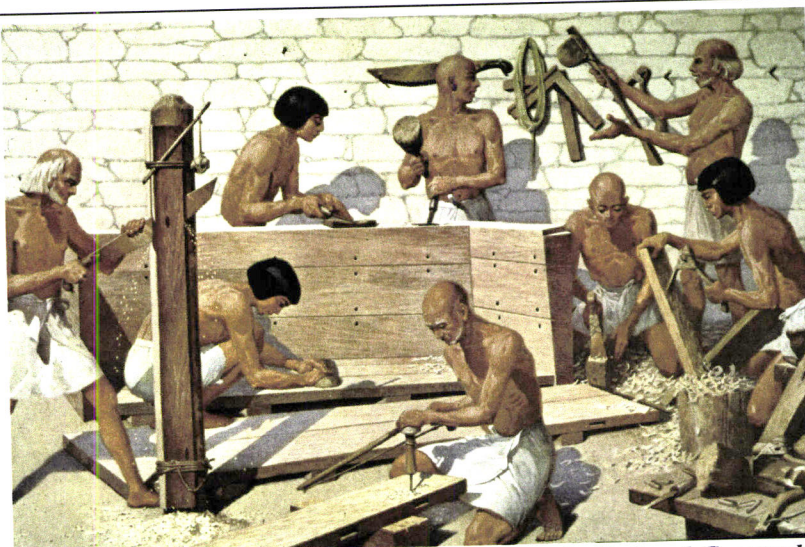
Il. 71 - Ilustração da *Architecture Hydraulique*, de Belidor, mostrando uma máquina de fabricar "ciment" (séc. XVIII). Observa-se que as mós se deslocam ao longo dos dois eixos para atingir toda a mistura no recipiente



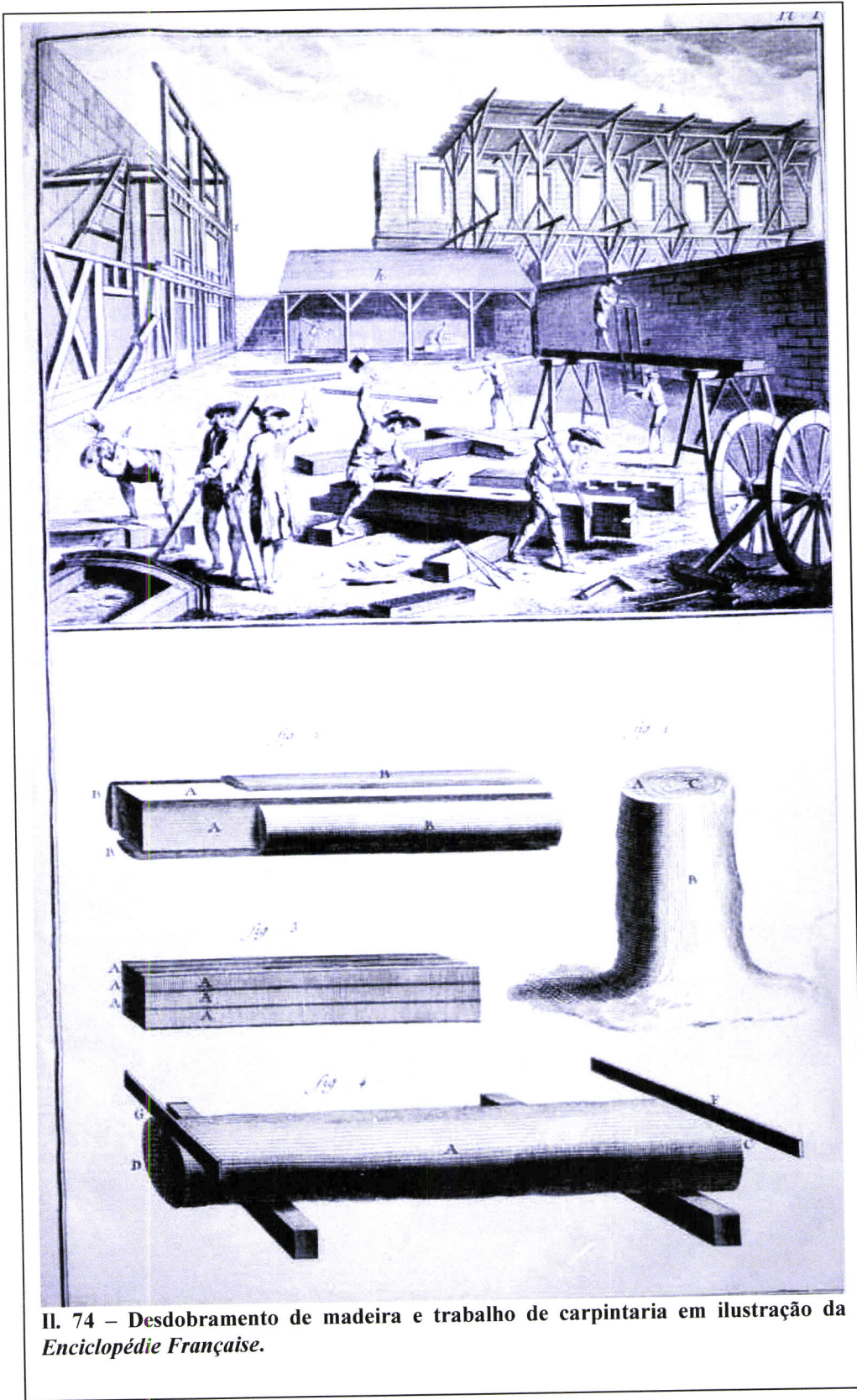
Il. 72 – Salvador (Bahia, Brasil): Operário trabalhando madeira a machado (no Brasil, madeira lavrada).



Il. 73 – (a) Reprodução simplificada de um mural do túmulo de Rekhmara, em Tebas (c.1500 a. C)



Il. 73 – (b) Egito Antigo: Reconstituição feita pela *National Geographic Magazine* baseada em iconografia de um dos murais do túmulo de Rekhmara, em Tebas (18ª Dinastia).



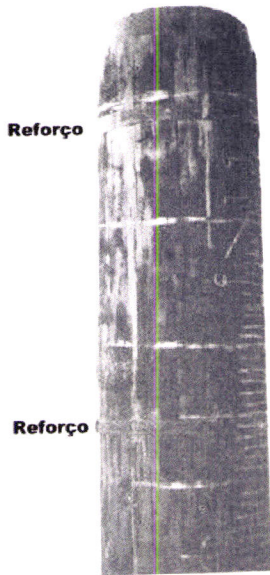
Il. 74 – Desdobramento de madeira e trabalho de carpintaria em ilustração da *Encyclopédie Française*.



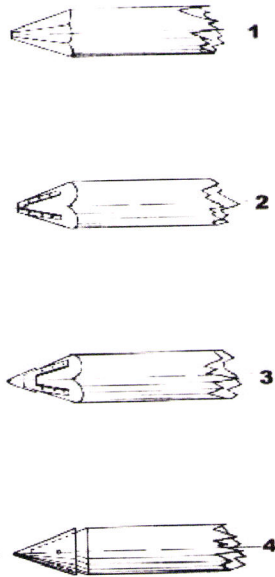
II. 75 (a) - Lisboa (Portugal): Núcleo Arqueológico da rua do Correiros. Evidências de estacas pombalinas, ainda em boas condições, não obstante estarem expostas e dentro da água.



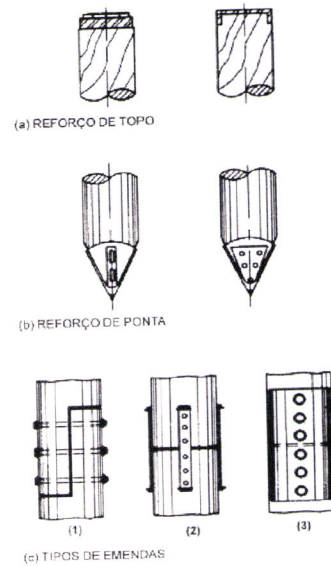
II. 75 (b) - Lisboa, Portugal. Estaca da mesma época - LNEC.



II. 76 - Reforço em anel, de cabeça de estaca.



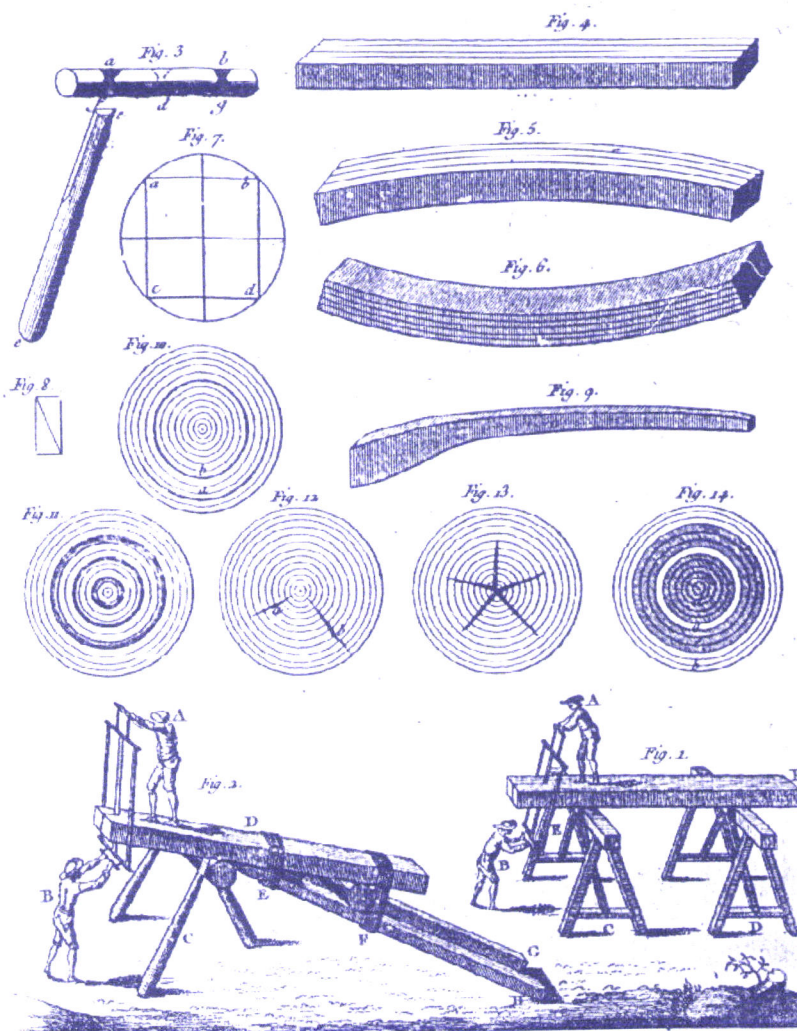
II. 77 - Estacas ferradas na ponta.



II. 78 - Reforço de ponta de estaca e emendas.



II. 79 – Madeira agrafada para evitar fendilhamento (Século XX).

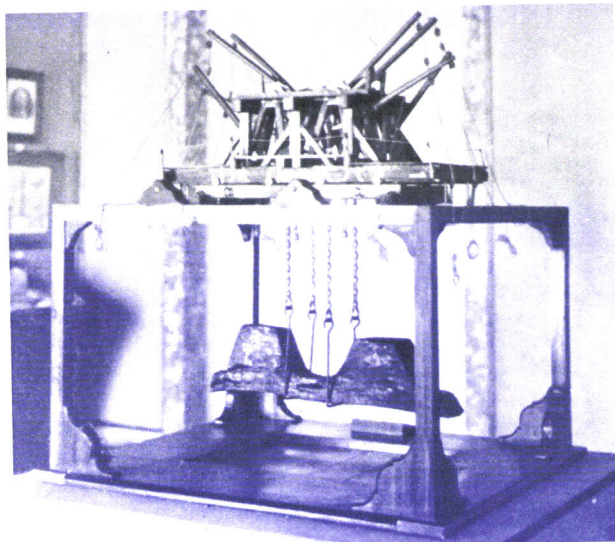


II. 80 – Ilustração do texto de Duhamel du Monceau, mostrando defeitos da madeira e procedimentos de serragem.



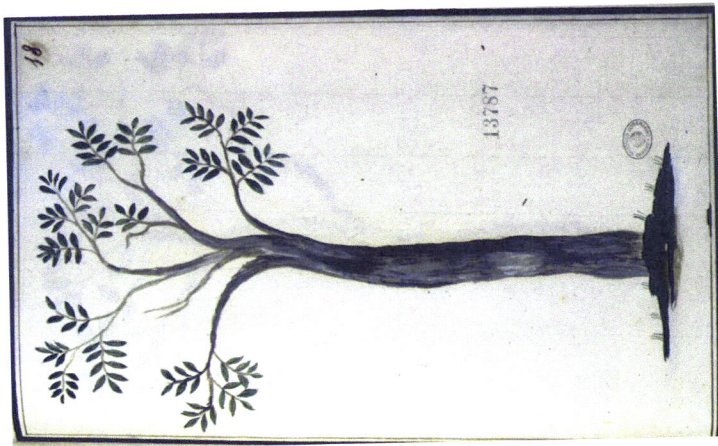
Cavaleiro da Ordem de Christo, Fidalgo da Casa de Sua Magesta-
de Tenente General dos seus Exercitos, Intendente Geral das Fabricas
d'Artilheria e laboratorios dos Instrumentos Bellhos, Director das Minas
de Carvão e Ferro, Socio da Academia Real das Sciencias, Encarregado do
Governo do Arsenal do Exercito. Nasceu em Belem no 1.º de Novembro de
1751. Organizou o Arsenal do Exercito e a Fabrica da Polvora em Barcelo-
na. Edificou o Duque de Arsenal de Marinha. Melhorou o estado de exploração
das Minas de Carvão e Ferro e a administração dos Pólvoras de Leiria. Des-
cobriu uma preciosa porcelana. Fundiu de um só facto a Estatua Equestre
d'El Rey D. José I.º Fazendo os moldes e a forma e inventou a maquina p.
a tirar da cova. Falleceu em Calhariz em 7 de Junho de 1801. jaz na I.
greja do Mosteiro de Belem.

(a)

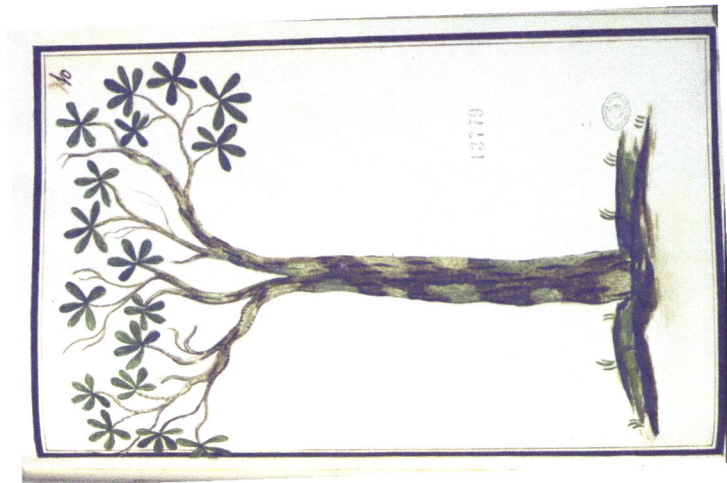


(b)

II. 81 – (a) Retrato (litografia), do Brigadeiro
Bartolomeu da Costa, destacado cientista do século
XVIII, em Portugal a quem se deve inúmeras
criações na área da ciência e tecnologia dos materiais
(AHM). (b) Modelo de máquina executada,
basicamente, com madeira do Brasil, para
deslocamento da estátua equestre de D. José I.



II. 83 - Cedro. Iconografia do séc. XVIII, do Arquivo Histórico Ultramarino (Bahia, CA, Doc. n.º 13787).



II. 82 - Maçaranduba. Iconografia do séc. XVIII, do Arquivo Histórico Ultramarino (Bahia, CA, Doc. n.º 13779).



II. 84 - (a) Maçaranduba (*Persea pyrifolia* Nees et Mart.), árvore completa e folhas. (b) Cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), árvore completa e folhas.

ANEXO 2

TABELA 1: DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE ADOBES

Identificação da amostra	Idade aproximada (anos)	Areia (>62 μ) (%)	Silte (62-2 μ) (%)	Argila (<2 μ) (%)
Califórnia 1	(final do séc. XX)	8	65	27
Califórnia 2	(final do séc. XX)	82	17	1
China 1	400-600	30	58	12
China 2	1100-1400	14	65	21
Egipto 1	3500	4	84	12
El Salvador 1	1365	57	40	3
El Salvador 2	1365	66	31	3
Novo México 1	100	43	33	24
Novo México 2	100	9	53	38
Israel 1	3800	5	59	36
Israel 2	3800	27	67	6

Fonte: COFFMAN, Richard, AGNEW, Neville, AUSTIN, George, DOEHNE, Eric, «Adobe mineralogy: characterization of adobes from around the world», *Actas da 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture – Adobe 90*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990, p. 424-429. p. 424.

ANEXO 3
CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS ROMANAS (PORTUGAL)

NTPR – Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração
UFBA/ Escola Politécnica/ DCTM
Rua Aristides Novis, 02, Federação – Salvador/BA – CEP: 40210-630
Fone: (071) 336-1288 r-186

Análise de amostras de argamassas

Solicitação: Cybèle Celestino Santiago

Amostra n° 01: Barragem Olisipo – Belas (Portugal)

Data: 04/ 03/ 99

ENSAIO 01: Testes qualitativos de sais solúveis

NITRATO	CLORETO	SULFATO
-	-	-

LEGENDA : - = ausência + = pequena quantidade ++ = média quantidade +++ = grande quantidade

ENSAIO 02: Ensaio simples de argamassa

AMOSTRA	ARGAMASSA
% FINOS (Argila e/ou Silte)	12,04
% GROSSOS (Areia)	66,98
% LIGANTE (Resíduo Solúvel)	20,98
TRAÇO MAIS PROVÁVEL em MASSA (Cal: Argila: Areia)	1,00: 0,77: 4,32

Obs.: cor da argamassa: HUE 10YR 8/2 (white) – Tabela de Munsell
cor dos finos: HUE 10YR 8/2 (white) – Tabela de Munsell

ENSAIO 03: Granulometria após ataque ácido (areia)


PENEIRAS N° (ASTM)	16 (1,18mm)	35 (0,50mm)	60 (0,25mm)	100 (0,15mm)	200 (0,075mm)	> 200 (fundo)
% RETIDA	10,08	33,62	40,84	10,78	3,71	0,97

Técnicos responsáveis:

Allard Monteiro do Amaral – Químico NTPR

Elyana Garrido Joerke – Mestranda da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Mariana Sena Gomes Teixeira – Bolsista CNPq


Mário Mendonça de Oliveira
Coordenador do NTPR

ANEXO 3
CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS ROMANAS (PORTUGAL) (cont.)

NTPR – Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração
UFBA/ Escola Politécnica/ DCTM
Rua Aristides Novis, 02, Federação – Salvador/BA – CEP: 40210-630
Fone: (071) 336-1288 r-186

Análise de amostras de argamassas

Solicitação: Cybèle Celestino Santiago
Amostra n° 02: *Villa romana de São Cucufate (Portugal)*

Data: 04/ 03/ 99

ENSAIO 01: Testes qualitativos de sais solúveis

NITRATO	CLORETO	SULFATO
-	+	-

LEGENDA : - = ausência + = pequena quantidade ++ = média quantidade +++ = grande quantidade

ENSAIO 02: Ensaio simples de argamassa

AMOSTRA	ARGAMASSA
% FINOS (Argila e/ou Silte)	11,28
% GROSSOS (Areia)	43,54
% LIGANTE (Resíduo Solúvel)	45,18
TRAÇO MAIS PROVÁVEL em MASSA (Cal: Argila: Areia)	1,00: 0,34: 1,30

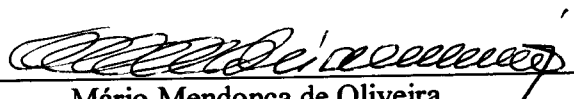
Obs.: cor da argamassa: HUE 10YR 7/3 (very pale brown) – Tabela de Munsell
cor dos finos: HUE 10YR 8/2 (white) – Tabela de Munsell

ENSAIO 03: Granulometria após ataque ácido (areia)

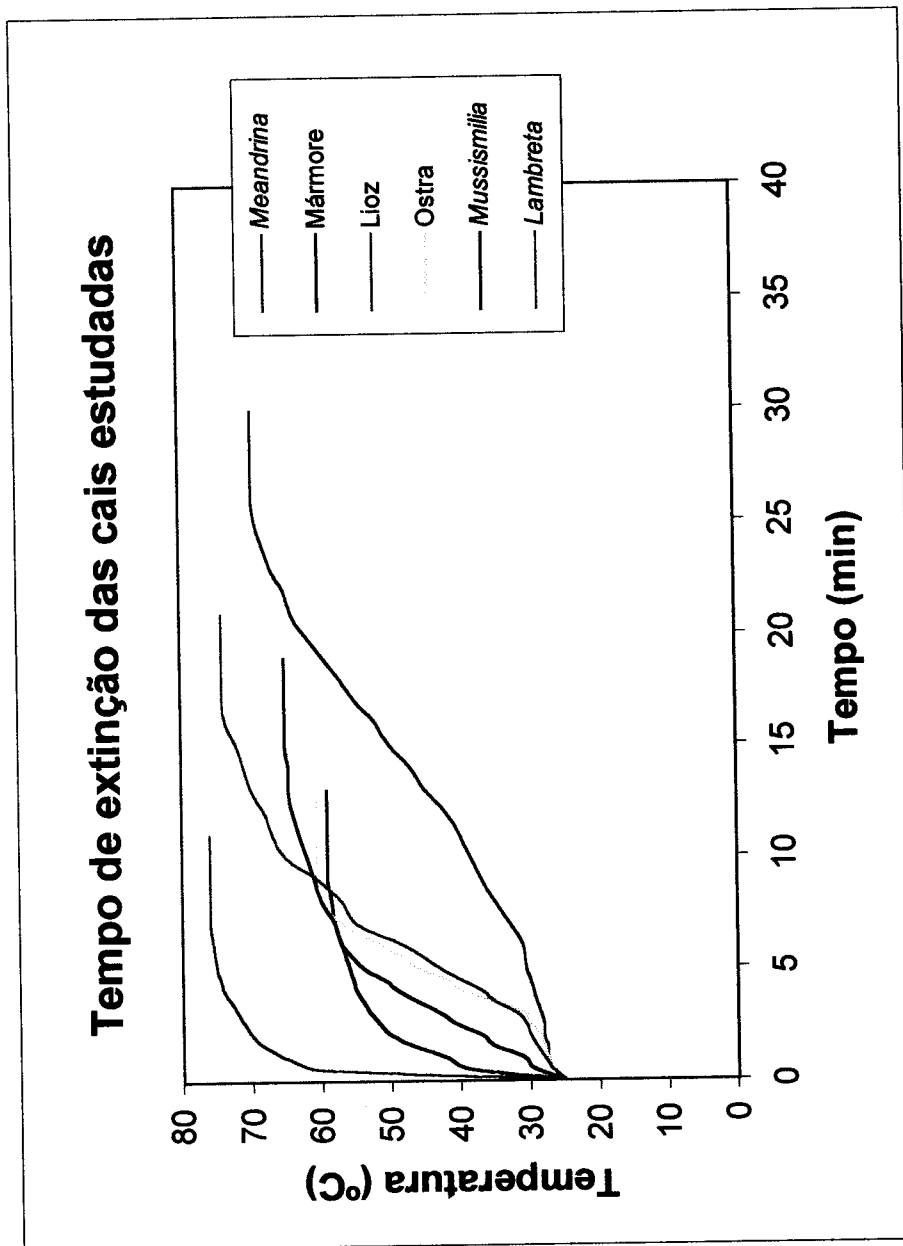
PENEIRAS N°. (ASTM)	16 (1,18mm)	35 (0,50mm)	60 (0,25mm)	100 (0,15mm)	200 (0,075mm)	> 200 (fundo)
% RETIDA	43,58	32,55	14,99	5,13	2,64	1,11

Técnicos responsáveis:

Allard Monteiro do Amaral – Químico NTPR
Elyana Garrido Joerke – Mestranda da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Mariana Sena Gomes Teixeira – Bolsista CNPq


Mário Mendonça de Oliveira
Coordenador do NTPR

ANEXO 4



ANEXO 5

TRANSCRIÇÃO DA TABELA DOS ENSAIOS REALIZADOS PELO ENGENHEIRO ERNESTO CUNHA (SÉC. XIX)
COM ARGAMASSAS E CAIS DE MARISCO (BRASIL)

“Experiências de resistencia á compressão da cal e de argamassas pelo Engenheiro Ernesto Marcos Tygna da Cunha, apresentadas ao Club de Engenharia em 4 de Julho de 1883.

QUALIDADE DA CAL	RESISTENCIA EM KILOGRAMAS POR CENTIMETRO QUADRADO					OBSERVAÇÃO
	PURA	COM PARTE IGUAL DE AREIA	COM O DUPLO DE AREIA	COM O TRIPLO DE AREIA	PURA PENEIRADA	
Cal de pedra de Carandaty	Kilog. 10,00	Kilog. 13,30	Kilog. 11,00	Kilog. 5,10	Kilog. 8,00	O tempo de solidificação das argamassas variou de 68 a 79 dias. Os algarismos citados são, excepto o primeiro, médias de duas experiências.
Cal de marisco	8,70	15,20	14,40	6,80	8,20	

As experiencias foram feitas com prismas rectos de secção quadrada com cinco centimetros de comprimento e 3 c/m, 5 x 3c/m, 5 de base.

Cumpre registrar que a cal pura e peneirada diminue a resistencia á compressão, e que o maximo de resistencia pertence as argamassas de partes iguaes ou de um de cal para dous de areia, medidas em volume a secco”.

Fonte: REBOUÇAS, André, *Guia para os alumnos da 1ª cadeira do 1º anno de engenharia civil*, Rio de Janeiro, Typographia Nacional, 1885. p. 72.

ANEXO 6

LAUDO DE CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSA CONTENDO CORAIS (BAHIA)

Local de retirada da amostra: torre única da Igreja de N. Sr. dos Aflitos (Salvador – BA)

Data: Abril de 1998.

Responsável pela colecta do material: Arq. Maria Juliana Silveira

Responsável pelo laudo: Arq. Cybèle Celestino Santiago

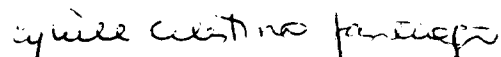
Local de análise da argamassa: NTPR

Descrição da amostra:

Material bastante heterogêneo, composto de matriz cuja coloração denota a presença de elementos terrosos. São visíveis seixos rolados (material quartzoso) e inúmeros fragmentos de cálices de corais que não puderam ser identificados, mas que muito se assemelham aos fragmentos obtidos na maceração de corais do género *Mussismilia*.

Na amostra analisada, o maior fragmento de coral apresenta cerca de 2 x 1 cm, há outro com 1,6 x 1,2 cm, um de 1,3 x 0,6 cm e outros menores. O único seixo inteiro encontrado tem cerca de 1,7 x 1,4 cm, e o fragmentado, 3 x 2,2 cm. Além da matriz já mencionada, são visíveis inúmeros grãos de “areia grossa” (pedrisco), apresentando cerca de 2 mm em sua maior dimensão.

Ass. responsável:



Prof. Arq. Cybèle Celestino Santiago

ANEXO 7

TABELA 2: CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS USADAS NO FABRICO DAS CAIS ESTUDADAS

Composição química (%)	Brasil							Portugal
	Conchas		Corais			Mármore branco	Pedra lioz	
	Ostra	"Lambreta"	Meandrina	Mussismilia				
SiO ₂	6,74	1,09	0,06	4,95	0,16	0,81		
Fe ₂ O ₃	0,87	0,10	0,03	0,18	0,06	0,11		
Al ₂ O ₃	0,34	0,10	0,07	0,34	0,07	0,10		
CaO	43,46	50,36	49,19	46,77	31,94	50,71		
MgO	0,80	0,21	0,10	0,35	17,43	0,32		
BaO	0,002	0,0008	0,003	0,0001	0,0003	0,001		
SrO	0,11	0,18	0,86	0,83	0,01	0,05		
i = (%SiO ₂ +%Fe ₂ O ₃ +%Al ₂ O ₃) %CaO+%MgO	0,179	0,025	0,014	0,116	0,006	0,020		

ANEXO 8

TABELA 3: CARACTERIZAÇÃO DAS CAIS PREPARADAS EM LABORATÓRIO

	Brasil						Portugal
	Conchas		Corais		Mámore branco	Pedra lioz	
	Ostra	"Lambreta"	Meandrina	Mussismilia			
SiO ₂	7,12	0,90	0,38	3,78	0,34	1,48	
Fe ₂ O ₃	0,08	0,02	0,17	0,57	0,02	0,17	
Al ₂ O ₃	0,61	0,17	0,37	1,29	0,10	0,95	
CaO	66,41	68,04	66,82	56,95	42,76	64,65	
MgO	0,60	0,05	0,19	0,52	23,67	0,40	
BaO	0,0005	0,0008	0,008	0,001	0,0003	0,002	
SrO	0,15	0,18	1,13	0,90	0,01	0,06	
Indeterminados	4,77	5,21	5,43	12,98	8,18	9,03	
Perda ao fogo (%)	20,26	25,43	25,50	23,01	24,92	23,62	
$i = \frac{(\%SiO_2 + \%Fe_2O_3 + \%Al_2O_3)}{\%CaO + \%MgO}$	0,12	0,02	0,01	0,10	0,01	0,04	
IC	0,31	0,04	0,02	0,21	0,01	0,08	
Classificação	cal cálcica fracamente hidráulica, extinção média	cal cálcica aérea, extinção rápida	cal cálcica aérea, extinção lenta	cal cálcica aérea, extinção média	cal magnésiana aérea, extinção rápida	cal cálcica aérea, extinção rápida	

Classificação das cais:

Quanto à composição química ^a :	Quanto ao índice de hidraulicidade ^b :	Quanto ao índice de cimentação (IC) ^c :
Cal cálcica: %MgO < 20%	Cal aérea: $i < 0,1$	IC = $2,8 \frac{\%SiO_2 + 0,7 \%Fe_2O_3 + 1,1 \%Al_2O_3}{\%CaO + 1,4 \%MgO}$
Cal magnésiana: %MgO > 20%	Cal hidráulica:	
	Fracamente hidráulica	0,10 < i < 0,16
	Medianamente hidráulica	0,16 < i < 0,30
	Francamente hidráulica	0,30 < i < 0,40
	Eminentemente hidráulica	0,40 < i < 0,50
		Fracamente hidráulica: 0,30 < i < 0,50
		Moderadamente hidráulica: 0,50 < i < 0,70
		Eminentemente hidráulica: 0,70 < i < 1,10

^a PETRUCCI, Eládio G., *Materiais de construção*, 8ª ed., RJ, Globo, 1987. Cap. VI, p. 323.

^b PETRUCCI, Eládio G., *Materiais de construção*, 8ª ed., RJ, Globo, 1987. Cap. VI, p. 327.

^c GUIMARÃES, José Epitácio Passos, *A cal*, São Paulo, Pini, 1997. p. 91 e 266.

ANEXO 9

TABELA 4: CARACTERÍSTICAS DE MADEIRAS BRASILEIRAS:
SÉC. XVIII - SÉC. XX

N.º da peça	Nome vulgar da madeira	Tensão de ruptura (σ) (g/cm ²)		Módulo de elasticidade à flexão (E) (kgf/cm ²)		Densidade (g/cm ³)		Observações	
		Séc. XVIII	Séc. XX	Séc. XVIII	Séc. XX	Séc. XVIII	Séc. XX		
1	<i>Socupira meri' branca</i>	1 344	912	77 200		0,77	0,97	Sucupira mirim Sucupira açu	
2		1 196	639			0,72	0,94		
3		926				0,71			
4		888				0,75			
5		1 152				0,70			
6		1 152				0,76			
103		1 234				0,83			
104		1 162				0,84			
75		838				---			
76		936				---			
7	<i>Oleo vermelho</i>	679	61 900	61 900		0,60	0,70	<i>Copaifera langsdorfii</i> <i>Myroxylon peruiferum</i>	
8		791				0,26			
9		1 047				0,68			
10		1 024				0,76	0,95		
58		839				0,74			
11	<i>Oleo branco</i>	1 127	75 600	75 600		0,72	0,77	<i>Pterogyne nitens</i>	
12		1 149				0,74			
13		1 141				0,67			
57		1 131				0,68			
20	<i>Paroba merim</i>	1154	899/1058	59 900	94 300	0,96	0,79	Peroba rosa P. campos P. campos	
21		1154	964/1104			105 300	0,97		0,73
117		1 184	1017/1262				0,90		
22	<i>Gitaí amarelo</i>	1 240	1672/2028	102 500	215 700	0,88	0,96	Jitaí-preto Jataí-amarelo	
23		1 234				0,88			
24		1 496				0,90			
27		1 354				0,85			
28		1 354				0,92			
29	<i>Pao d'arco</i>	1 101	136 800	136 800		1,03	0,99	<i>Tabebuia vellosi</i> <i>Tabebuia serratifolia</i>	
30		506				1,03			
31		1 216				1,03	1,08		
111		864				1,00			
32	<i>Pao roxo maxo</i>	1 354	1308/1840	104 600	152 400	0,94	1,13	Os dados do século XX são referentes ao pau roxo, porém sem indicação de ser macho	
33		1 193				0,86			
34		1 458				0,89			
35		1 371				0,89			
36		1 227				0,82			
37		1 223				1,17			
39	<i>Conduru</i>	1 523		136 460		1,04			
40	<i>macho</i>	1 149		120 271		1,01			

TABELA 4: CARACTERÍSTICAS DE MADEIRAS BRASILEIRAS:
SÉC. XVIII - SÉC. XX (cont.)

N.º da peça	Nome vulgar da madeira	Tensão de ruptura (σ) (g/cm ²)		Módulo de elasticidade à flexão (E) (kgf/cm ²)		Densidade (g/cm ³)		Observações
		Séc. XVIII	Séc. XX	Séc. XVIII	Séc. XX	Séc. XVIII	Séc. XX	
41	Vinhatico	760	540/694	70 500	74 400	0,64	0,50	
42		390				0,63		
43		601				0,67		
44		653				0,63		
45		818				0,62		
105		750				0,66		
106		735				0,64		
107		677				1,39		
46	Oitissica	737	734/819	77 700	81 200	0,63	0,56	Oitissica amarela
47		810				0,62		
48		839				0,61		
49		---				0,69		
50		---				0,71		
51		921				0,65		
99		708				0,63		
100		845				0,64		
101		779				0,64		
102		838				0,64		
52		Ubatinga assú				1 159		
53	1 080		0,86					
54	1 539		0,90					
55	3 355		0,90					
56	1 104		0,90					
110	1 174		0,88					
59	Queri Ou Angeli	922	684	122 500	102 100	0,95	0,98	Angelim amargoso Angelim pedra Angelim rosa Angelim araroba
60		1 050	722			0,95	1,0	
61		1 183	626/704			0,99	0,81	
112		1 191	1198/1498			0,98	0,68	
113		897				0,94		
114		1 205				0,99		
62	Sapucaia	1 156	1036/1211	125 100	90 500	1,08	0,88	Sapucaia vermelha Sapucaia branca Sapucaia branca
108		1 426			115 700	1,08	0,69	
115		1 469			119 200	1,03	0,77	
63	Baitinga d'area vermelha	881		71 900		1,05		
64		---						
65		970				1,08		
68	Massa-randubas	1 026	648	97 600	150 600	0,91	1,00	<i>Mimos. ellata</i> <i>Manilkara sp.</i>
69		1 609	1491/1902		181 000	0,97	1,16	
70	Coração de negro	737	1152/1396	78 500	127 900	0,81	0,99	
71		1 239				0,77		
81		---				0,76		

Informações genéricas:

Foi mantida, nesta tabela, a grafia utilizada na tabela do século XVIII (ensaios realizados pelo Coronel Reboxo), para o nome das madeiras.

Os valores utilizados para o cálculo da tensão de ruptura e do módulo de elasticidade, correspondentes a cada tipo de madeira, foram retirados da tabela dos ensaios efectuados pelo coronel Reboxo, porém, convertendo-se as unidades dadas (libras e polegadas) para gramas e centímetros.

No caso das densidades, as medidas antigas (libras, onças, oitavas, escrópulos, grãos e polegadas cúbicas) foram convertidas em gramas e centímetros cúbicos.

Foram deixados em branco espaços correspondentes a valores que não constam dos textos pesquisados, ou tiveram que ser deprezados, pelo facto de se apresentarem muito distorcidos.

Os valores encontrados em textos do século XX para as tensões de ruptura (σ)¹ e os módulos de elasticidade (E) foram apresentados em números inteiros, por aproximação. Estão conforme: IPT, Eng. Borja Castro² e Harri Lorenzi³.

¹ Valores correspondentes a madeira verde e madeira a 15% de humidade, nomeadamente.

² BACELLAR, Ruy H., *Formulário técnico*, RJ/SP/Porto Alegre, Globo, 1959. p. 331 .

³ LORENZI, Harri, *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*, Nova Odessa (São Paulo), Plantarum Ltda, 1992.

ANEXO 11

TABELA 5: MADEIRAS CITADAS POR VITRÚVIO (EM DIVERSOS IDIOMAS)

Latim	Espanhol	Francês	Inglês	Italiano	Português
<i>Abies</i>	Abeto	Sapin (<i>Sapinea</i>)	Fir	Abete	Abeto
<i>Vero quercus</i>	Encina	<i>Grand chesne (quercus)</i>	Oak (<i>quercus robur</i>)	Quercia	Carvalho
<i>Esculus vero</i>	Ésculo	<i>Petit chesne (esculus)</i>	Winter oak (<i>quercus aesculus</i>)	Escolo	Pequeno carvalho
<i>Cerrus quercus fagus</i> ¹	Mesto (brezo), alcornoque, haya	<i>Cerrus, liege, hestre</i>	Turkey oak, beech	Cerro, sovero, fago	Azinheira ² , sobreiro, faia
<i>Populus</i>	Alamo	<i>Peuplier</i>	Poplar	<i>Poppio</i>	Alamo, choupo
<i>Salix</i>	Sauce	<i>Saule</i>	Willow	Salce	Salgueiro
<i>Tilia</i>	Tejo (<i>tilia</i>)	<i>Tilleu</i>	Lime	<i>Tiglia</i>	Tília
<i>Vitex</i>	Sauzgatillo (<i>agnocasto</i>)	<i>Agnus castus (vitex)</i>	<i>Agnus castus</i>	<i>Vitice</i>	<i>Agnus castus (vitex)</i>
<i>Alnus</i>	Alamo	<i>Aune</i>	Alder	<i>Alno</i>	Alamo ³
<i>Ulmus vero, fraxinus</i>	Olmo, fresno	<i>Orme, fresne</i>	<i>Elm, ash</i>	<i>Olmo, frassino</i>	Olmeiro, freixo
<i>Carpinus</i>	Ojaranzo (<i>carpe</i>)	<i>Charme</i>	<i>Hornbeam</i>	<i>Carpino</i>	Carpa
<i>Cupressso, pino</i>	Ciprés, pino	<i>Cypres, pin</i>	<i>Cypress, pine</i>	<i>Cipresso, pino</i>	Cipreste, pinho
<i>Cedrus, iuniperus</i>	Cedro, enebro	<i>Cedre⁴, genievre</i>	<i>Cedar, juniper</i>	<i>Cedro, ginepro</i>	Cedro, zimbro
<i>Larix vero</i>	Alerce	<i>Larix</i>	Larch	<i>Larice</i>	Lariço (<i>larix</i>)

¹ VITRUVIUS, *On architecture*, trad. de Frank Granger, versão bilingue latim/inglês, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann, 1962, vol. I, L. II, Cap. IX, p. 136/137 – Curiosamente, estes três termos, constantes da versão latina consultada sem separação por meio de vírgulas, foram traduzidos por três diferentes tipos de árvores, à exceção do idioma inglês, em que corresponderam apenas a dois.

² VITRÚVIO, *Os dez livros de arquitectura*, trad. de Helena Rua, Lisboa, IST, 1998, L. II, Cap. IX, p. 52 – Nesta tradução foi mantido o termo latino “*Cerrus*”, pois Claude Perrault também o conservou quando traduziu o manuscrito.

³ VITRÚVIO, *Os dez livros de arquitectura*, trad. de Helena Rua, Lisboa, IST, 1998, L. II, Cap. IX, p. 52 – Nesta publicação, o termo usado foi “*cana*”.

⁴ VITRUVIUS, *Les dix livres d'architecture de Vitruve*, trad. e com. de Claude Perrault (Paris, Jean Baptiste Coignard, 1684), fac-símile, Bruxelles/Liège, Pierre Mardaga, 1979, L. II, Cap. IX, p. 53, nota 20 – Segundo Perrault, possivelmente seria o “*cedre Phoenicier*” (ou o “*cedre Phoenicium*”), embora suas folhas não sejam semelhantes à do cipreste, o que é indicado por Vitruvius.

ANEXO 12
TABELA 6: CONSTITUIÇÃO, CARACTERÍSTICAS E USOS DE MADEIRAS VITRUVIANAS¹

Madeira	Constituição				Características/usos
	Água	Terra	Fogo	Ar	
	Pouca	Pouca	Muito ^a	Muito ^b	
Abeto ²	Pouca	Muita	Pouco	Eterna sob a terra ⁴	
Carvalho	Iguais quantidades destes elementos				Muito útil; apodrece rápido em locais húmidos ⁵
Pequeno carvalho	Iguais quantidades destes elementos				Porosidade permeável ⁶
Azinhaira, sobreiro, faia	Iguais quantidades destes elementos				Muito leve; boa trabalhabilidade; ^c mole
Alamo, salgueiro, tília, <i>Agnus casto</i>	Média	Pouca ^c	Muito	Muito	^d Ótima para fundações em solos pantanosos ⁷ ; suporta cargas
Álamo preto	Pouca ^d	Pouca	Muito	Muito	Mole, sem rigidez; ^e não suporta cargas ⁸
Olmeiro, freixo	Muitíssima ^e	Algo	Pouquíssimo	Pouquíssimo	Não é frágil, boa trabalhabilidade
Carpa	Muitíssima	Pouquíssimo	Pouquíssimo	Muitíssimo	Não suportam peso, boa durabilidade ⁹
Pinho, cipreste	Muitíssima	Iguais quantidades destes elementos			Não suportam peso, boa durabilidade ⁹
Cedro, zimbro	Não indica				Seu "azeite" afasta xilófagos ¹⁰
Lariço	Muito	Muito	Pouquíssimo	Pouquíssimo	Incombustível, seiva amarga afasta xilófagos, não flutua

¹ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Agustín Blázquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. II, Cap. IX.

² VITRÚVIO, *Les dix livres d'architecture de Vitruve* (trad. e com. de Claude Perrault, Paris, J. B. Coignard, 1684), fac-simile, Bruxelles/Liège, Pierre Mardaga, 1979 – Géneros *Abies* e *Picea*, conforme Perrault.

³ "... pero por contener calor en demasia, cría y sustenta carcoma (...) y por la misma razón es facilmente combustible, porque la porosidad del aire que existe en él está siempre abierta: el fuego penetra en él fácilmente y arde con vivísimas llamas".

⁴ "...y ello es debido a que, como no tiene poros vacíos y es muy compacta, no puede penetrarle la humedad, y aún para huir y resistir la humedad, se tuerce y llega a agrietar las obras en que ha sido empleada".

⁵ A humidade expulsa o ar e o fogo.

⁶ Apodrece rapidamente com a humidade.

⁷ Ao receber o que lhe falta, não se altera. No entanto, exposta ao ar estraga rapidamente.

⁸ Se seco pelos anos ou em pé, é bastante dura (uso: encaixes).

⁹ Segundo Vitruvio, sua durabilidade devia-se ao facto da sua seiva amarga afastar os xilófagos, e não possui tanta resistência mecânica. Talvez o mestre romano não tivesse *brasiliensis* (pinho do Paraná), por exemplo, é facilmente atacada por xilófagos, e não possui tanta resistência mecânica. Talvez o mestre romano não tivesse generalizado tanto ao mencionar as características dos pinhos se conhecesse alguns daqueles existentes em zonas de clima tropical.

¹⁰ "Mientras del ciprés y del pino sale resina, el cedro destila un aceite..."

ANEXO 13

TABELA 7: CORTE DAS ÁRVORES EM RELAÇÃO ÀS FASES DA LUA

Dias	Fases ¹	Vegécio	Negreiros	Columella
1-7	Quarto crescente			
8-14	Cheia			
15-21	Quarto minguante			
22-28	Nova			

TABELA 8: CORTE DAS ÁRVORES EM RELAÇÃO ÀS ESTAÇÕES DO ANO

Hemisférios	Autores	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Norte	Vitrúvio ²												
	Vegécio ³												
	Negreiros ⁴												
	Quintela ⁵												
Sul	Petrucci ⁶												

¹ VITRÚVIO, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. de Agustín Blázquez, Barcelona, Iberia, 1955. L. IX, Cap. II, p. 236.

² Todo o Outono e início do Inverno.

³ Meados do Verão; todo o Outono e início do Inverno.

⁴ Outono, Inverno até ao início da Primavera.

⁵ Março a Maio.

⁶ Maio a Agosto.

ANEXO 14

TABELA 9: CARACTERÍSTICAS DE MADEIRAS DE CONSTRUÇÃO SEGUNDO OS CORONÉIS ANTONIO DE BRITO FREIRE E CHRISTIANO FREDERICO WEINHOLTZ (1760)

Análise dos dados constantes das observações feitas pelos coronéis Antonio de Brito Freire e Christiano Frederico Weinholz sobre as madeiras de construção existentes na Bahia, "pezando hum pé cubico^a de cada qualidade".

Madeira	Arrobas	Arratéis ^b	Onças	Oitavas	Conversão para gramas ^c (g)	Densidade calculada (g/cm ³)	Densidade ^d (séc. XX) (g/cm ³)	Observações
Sucupirá merim	1	27	7	4	27290,6	0,76	0,94-0,97	S. açu - s. mirim
Páo de Arco	2	2	7	0	30488,7	0,85	0,99-1,08	
Páo roxo	1	31	9	4	29183,6	0,81	1,13	Pau roxo macho
Peguim	2	0	3	0	29456,1	0,82	(não encontrada)	
Sapocaya	2	9	7	0	33701,0	0,94	0,88-0,69-0,77	
Jetahy amarello	2	2	0	0	30287,8	0,84	0,96	
Vinhatico	1	14	0	4	21124,0	0,59	0,50-0,55	
Putumuju	1	16	0	0	22027,4	0,61	0,75	
Louro	1	5	3	0	17065,6	0,47	0,78	Louro mutamba
Jequitibá	1	12	4	0	20306,6	0,56	0,78	
Páo de olio do vermelho	1	24	1	4	25741,7	0,72	0,70-0,95	
Massarandubá	2	4	6	0	31377,8	0,87	1,00-1,16	
Ajetahipebá	1	28	5	4	27692,1	0,77	0,83	Jlital
Candurú	1	16	2	4	22099,2	0,61	(não encontrada)	
Sebastião d'Arruda	2	2	15	2	30725,5	0,85	(não encontrada)	
Pequihá	1	11	4	0	19847,7	0,55	0,87	Branco
Jacarandá	1	27	3	0	27161,4	0,76	0,87	
Olandim	1	25	9	0	26415,8	0,74	0,62	

Fonte: VANDELLI, Domingos, «Memória sobre algumas produções naturais deste reino, as quais ou são pouco conhecidas, ou não se aproveitam», *Memorias Economicas da Academia Real das Sciencias de Lisboa (1789-1815)*, t. I. Lisboa, Banco de Portugal, 1990, p. 143-155. p. 149.

Obs.: os valores actuais foram recolhidos no Manual do IPT, nos textos de Rui Bacellar e de Harri Lorenzi, indicados na bibliografia. As densidades calculadas foram, na maioria dos casos, menores do que as encontradas na bibliografia. As razões possíveis seriam: falta de acuidade dos ensaios; uso de peças de madeira húmidas ou defeituosas; comparações feitas com madeiras diferentes ensaiadas, em decorrência de dificuldades de identificação das espécies.

^a 1 pé³ = 35937 cm³.

^b Arratéis.

^c 1 arroba = 14 685 g; 1 arratel = 458,9 g; 1 onça = 28,7 g; 1 oitava = 3,6 g.

^d Conforme dados colectados na bibliografia.

ANEXO 15

TRANSCRIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES DO CORONEL REBOXO RELATIVAS A ENSAIOS DE MADEIRA¹ (1779-1780)

Exper.^{cias}

SOCUPIRA MERI'BRANCA

1) A primeira fêz com as fibras quando quebrou por modo de hum pincel, ella tinha entre os apoyos 36 polegadas, e fora dos apoyos tinha delas que ao todo tinha 40 poleg.^s, e este hé o volume: as fibras debaixo principiando-se a alongar, e a tinir (?) té que quebrou de todo.

2) A segunda tinha em o meyo seo pó de estar muito seca, e quebrou 2 poleg.^s fora da linha em que se pôz o pezo, parte quebrou, como se foce cortada, e parte ficarão as fibras como hum pincel, comessou a estaleiar té que quebrou.

3) Comprimento total tem 43 poleg.^s, as fibras de baixo da altura de hua' forão estendendo as fibras, e estaleiando, té que quebrou inteiramente, ficando as outras fibras cortadas a ferro elle deitou pó pela rotura, o que mostrava estar muito seca: esteve sofrendo o pezo em sima de sy emquanto hiam a Intend.^a buscar pezo de 2 arrobas, o que durou 17 minutos em fim veyo a quebrar.

4) Principiou a estaleiar, e esteve perto de 6 minutos sofrendo o pezo em sima a estaleiar té que quebrou mostrando as fibras de baixo como hum pincel entrelaçadas humas pellas outras, e as mais proximas do gato quebrarão sercias, o gato penetrou a viga quaze duas f^{as}, ella tinha totalmente 43 pollegadas.

5) Esta correspondeu em as roturas das fibras nas mesmas circunstancias que as primeiras, penetrou o gato quaze hu'a linha, tinha 40 polegadas totalmente de comprido.

6) Esta viga correspondeu em tudo a do n.º 5.

103) Quebrou a meya altura deixando as fibras como pincel, e outra meya altura quebrou serciamente, e não deitou pó como as outras a n.º [sic] de n.º 1, de n.º 6, e n.º 74 e 75.

104) Quebrou bem pello meyo, meya altura p.^a baixo ficarão as fibras em pincel, a outra meya altura quebrou sercia, e não deitou pó como a de n.º 103.

SOCUPIRA BRANCA VERDE

74) Quebrou afastado do meyo a dizt.^a de 26 poleg.^s: era secupira verde, e deitou pô como a seca que vai a n.º 1 té 6, e vio-se que ella tinha entre as fibras por modo de húa massa esfarelada, máz não isto as do 103, e 104.

75) Quebrou pelo meyo desemlaçando as fibras té meya altura, e a outra meya quebrou sercia: fêz húas lascas entre a sua grossura.

OLEO VERMELHO

7) Oleo vermelho, comprimento total 41 poleg.^s, as fibras tiverão as mesmas circunst.^{as} que as de sicopira merim n.º 14, e 6, não estaleiou².

¹ AHM, 2ª Div., 1ª Secção, Cx. 1, P.º 26, 1779/1780. *Mappa da experienciaz das madr.^s q' fêz nesta Cid.^o da B.^a o Coronel d'Artr.^a de Gôa Theodozio da S.^a Raboxo [sic]*, Copista: Joze Gonçalvez Galiano (tabela dos ensaios, assembleia que os presenciou, observações) – No documento original, as observações acerca do comportamento de cada peça foram feitas seguindo a numeração crescente, da peça n.º 1 à n.º 123. Por ocasião da transcrição das mesmas, optou-se por agrupá-las por tipo de madeira, e seguindo a ordem da tabela. Destaca-se, entretanto, que foram transcritas somente as informações correspondentes às peças cujos resultados dos ensaios foram comparados com valores do século XX (v. anexos 9, 10 e 17).

² Informação truncada, pois a peça n.º 14 é de pinho.

8) Oleo vermelho tem 41 polegada de comprimento total sofreu 26 pesos de 2 arrobas, e 9 onças, quando deu o primeiro estalo gastou 10 minutos a porem-lhe huns' [sic], e tirarem-lhe outros, té quebrar com 1930 lb, e as fibras de baixo ficarão como as referidas regoas, e as de cima nas mesmas circunst.^{as}, sahio fora do Oriz.^o com 3 grãos, e meyo com o pezo de 1780lb., e finalmente sahio 5 grãos, observou-se que esta regoa xeirava mais que a primeira que indicava estar mais fresca.

9) Oleo vermelho total 40 poleg.^s deo o primeiro estalo estando fora do Oriz.^o 7 grãos, e quebrou estando fora do horizonte 9 grãos; não quebrou como as outras, estalarão huas embx.^o donde apoyava o gato, e lascou em diagonal, vindo debaixo do gato até asima do cavalete antes de xegar a elle pouco mais de duas poleg.^s

10) Oleo vermelho total 36 poleg.^s sofreu 703 arrates, e quebrou de estalo sem estaleiar.

58) Quebrou mostrando as fibras, e junto ao ponto do pezo quebrou sercia.

OLEO BRANCO

11) Oleo branco total 40 poleg.^s, quebrou nas mesmas circunstancias³, lascando as fibras de bx^o algua' coiza menos compridas, e as de cima serciamente.

12) Oleo branco quebrou com as mesmas circunstancias que as do n.^o 11, e sofreu mais pezo, tinha 40 poleg.^s o total.

13) Deu o primeiro estalo, lascou tendo de elasticidade fora do horizonte 10 grãos, e ficou em 16, e quebrou em diagonal.

57) Quebrou no meyo, e lascou fazendo hua' lasca de 11 poleg.^s, e abriu pelo meyo do ponto do pezo para o pilar mais alto.

PAROBA MERIM

20) Total 40 poleg.^s, Paroba merim pouse-lhe o pezo de 426 lb., sahio fora do cavalete hua' poleg.^a, e 4 linhas, estalarão humas fibras, e ella sahio fora do horizonte 20 grãos athe o primeiro estalo, e 22 até asentar, derãose-lhe humas pancadas com o martelo, e então hé que quebrou em diagonal, e o gato foi pozto sem ser do amago.

21) Paroba merim estava em os cavaletes tinha 19 grãos quando deu o primeiro estalo foi curvando té exceder 22 graos que cahio sem quebrar, e apenas se romperão de hum lado as fibras que se comprehendão em 3 linhas de altura, e cahio dos cavaletes pela muita curvatura e não quebrou. Foi posto o gato da parte do amago, e susteve 462 lb.

PAROBA PRETA

117) Quebrou bem pelo meyo como as de 99, 100, 101, &^a

GITAÍ AMARELLO

22) Getahi amarelo sahio fora do horizonte 6 graos, e as fibras todas ficarão como pincel até onde estava apoiado o gato.

23) Quebrou 2 polegadas e meya para hum lado, met.^o quebrou deixando as fibras como pincel, e a outra met.^o quebrou cerciamente porem nezta parte tinha hum broziozinho que querer deitar hum nó não ter efeito na vegetação, e a podreção que vinha como diagonal de 3 linhas de huma parte té huma poleg.^a quebrou para a parte onde o pilar estava mais baixo 2 grãos.

24) Quebrou em diagonal principiando bem pelo meyo té a parte mais baixa antes de xegar ao cavalete 6 polegadas justas, hum pilar tem mais baixo 2 grãos.

25) Foi oprimida pelas duas pontas, quebrou pelo meyo, fêz hua' lasca mayor do comprimento de 11 poleg.^s pela parte em que o pilar estava mais baixo, e outra lasca de 3

³ Que a peça n.^o 10.

poleg.^s pela parte em que estava mais alta, amassou a parte em que estava asentada nas aberturas que a oprimião, não quebrou pelas pontas como se esperava.

26) Foi oprimida pelas duas pontas, quebrou fazendo hua' lasca de 7 poleg.^s, outra de 4, a mayor quebrou p.^a a parte do pilar mais alto: as fibras da regoa não tinhão fibras direitas; não foi bem tirada quando se fêz, porem soffreo 754 lb.

27) Foi solta, estalou afaztado 5 polegadas do apoio que era no meyo, e lascou em diagonal té a extenção de 7 poleg.^s, em o referido lug.^f tinha hum brozio pequeno; as fibraz da regoa não estalarão rectaz (...) ⁴ foi formada com ellas diagonal.

28) Foi solta, e lascou do ponto que dividia o meyo té 15 poleg.^s p.^a o cavalete mais alto, e lascou em diagonal; as fibras da regoa tãobem erão como as de 26 e 27.

PAO D'ARCO BRANCO

29) Não quebrou as fibras, lascou p.^a o pilar mais baixo huma lasca de 8 polegadas, tãobem não era de fibra direita, e tinha hum brozio em a parte do pilar mais baixo, e não mostrou fraqueza p.^f ali.

30) Lascou com huma lasca grossa em que mostrava a tortura da sua fibra, e ficou soztida p.^f meya largura, e dep.^s cansou por hum pouco tempo, e quebrou a lasca ficou concava como cuxarra.

31) Lascou a imitação das mais sempre em concavidade, e soffreo mais que as outras.

PAU D'ARCO BRANCO INFERIOR

111) Quebrou, principiando a lascar da linha em que eztava o gato afazt.^o duas polegadas, e foi em diagonal acabar em sima afazt.^o da linha do cavalete duas poleg.^s e mostrou incidentemente estar a fibra torta.

PAO ROXO MAXO

32) Lascou as fibras debaixo, formando hu'a lasca de 4 + 1/2 poleg.^s, e lascou p.^a o pilar mais alto, e o rezto das fibras quebrou sercio.

33) Lascou da mesma forma, formando hua' lasca de 5 polegadas, e p.^a o pilar mais baixo hua' lasca de hua' polegada.

34) Esta quebrou afazt.^o do meyo 7 poleg.^s e meya, e vio-se ter hua' fenda, e p.^f ella já tinha recebido umid.^o que dep.^s se vio eztar como suja, e p.^f ali quebrou.

35) Deu hum estalo com o praxão de 23 pezos grandez de 64 lb. e completou com os mais que se lhe juntarão 1532 lb., 8 onsas, 6 oitavas, 1 escropulo, 12 graons', com os quaes quebrou lascando p.^a a parte mais baixa hua' lasca de 8 poleg.^s, e o mais sercio.

36) Deu o primeiro estalo, e de espaso, em espaso foi continuando a dar o d.^o estalo de que lascou p.^a a parte do pilar mais alto, principiando pelo meyo té a extenção de 12 poleg.^s.

37) Quebrou fazendo huma lasca da meya altura de baixo té o cavalete mais alto, e a meya altura quebrou sercia, e sempre a lasca foi em diagonal.

CONDURÛ MACHO

39) Quebrou em 3 pedaços, fazendo do meyo p.^a o pilar mais baixo huma diagonal até 3 poleg.^s antez de xegar ao apoio mais baixo, e outra em diagonal p.^a o mais alto a dist.^a de 6 poleg.^s.

40) Quebrou raxando pelo meyo da sua altura que veio quaze a fazer duas taboas de duas poleg.^s de largo, e meya de alto cada hua', ademais fêz humas lascas diferentes em o meyo.

⁴ Foi deixado pelo copista um pequeno espaço entre estas duas palavras.

VINHATICO

41) Quebrou p.^a o pilar mais alto 4 polegadas afastado do apoio do gato, e fes hua' lasca a meya altura de 4 poleg.^s de comprimento, e o mais quebrou sercio: era pao muito seco passava de 16 an.^s que estava em a tercena.

42) Era do mesmo toro q' o do n.^o 41, quebrou 4 poleg.^s afazt.^o do apoio do gato, onde tinha hum brozio a 2 linhas de diametro, e quebrou sem lascas: era pao muito seco passava de 16 an.^s &^a.

43) Estalou p.^r baixo afazt.^o do apoio 4 polegadas, e fêz lasca té o apoio com a altura de huma poleg.^a; e a outra polegada quebrou sercio, e raxou a meya altura para a parte do cavalete mais baixo.

44) Fes huma lasca de 2 poleg.^s de comprimento, e o mais quebrou ao alto mostrando suas pontaz de hua' parte a outra.

45) Lascou da parte do cavalete mais alto em diagonal da dist.^a de 9 poleg.^s té o apoio do gato.

105) Quebrou bem pelo meyo, e despegou inteiramente⁵.

106) Quebrou bem pelo meyo e ficou pegada por humas fibras na linha do gato.

107) Quebrou pelo meyo com[o] as do n.^o 105, e 106.

OUTISSICA

46) Quebrou lascando por baixo fazendo pontas té huma poleg.^a de altura, e outra polegada quebrou sercia, as lascas principiarão p.^a onde eztava o pilar mais alto: ella formava hun's arcos em o toro, e as suas cordas ficarão a altura: hera madeira muito seca eztava ao tempo em a tercena, e constou ser muito antigo.

47) Quebrou bem pelo meyo deixando pontaz pela metade da altura, e cortou-se sercia da met.^e da altura té o apoio do pezo.

48) Quebrou sercio, e só fêz hu'a lasca por baixo do comprimento de 4 poleg.^s.

49) Quebrou afazt.^o do ponto do pezo 4 poleg.^s p.^a a parte do pilar maiz baixo, e teve lascas desde o ponto em que quebrou té o ponto do pezo.

50) Quebrou pelo ponto do pezo, e lascou com varias lascas do d.^o ponto p.^a a parte do pilar mais baixo, e abrio hua' raxa p.^a a mesma parte do comprimento de 12 polegadas abrindo a meya grossura.

51) Quebrou do ponto do pezo para o pilar mais alto a 3 poleg.^s, e fêz hua' lazca do ponto do pezo té o ponto da rotura, e em sima não lascou.

99) Quebrou bem pelo meyo, e não mostrou fibra como caixo (?), se vião hu'as lasquinhas que encaixavão humas em as outras.

100) Quebrou bem pelo meyo, como a do n.^o 99.

101) Quebrou pelo meyo, como a de 99, e a de 100.

102) Quebrou bem pelo meyo, como as 3 precedentes.

UBATINGA ASSÛ

52) Quebrou pelo ponto do pezo, excepto hua' lasca que abrio té a extremid.^o da regoa sem ficar nem trocida, mostrava ezta já aberta p.^r hua' fenda que se vio ezta suja de alguma umidad.^o ou outra materia que se introduzio pela fenda, e mostrou terem pregado o pezo, e fazer esta lasca que erão as primeiras fibras que devia ceder, e ficarão inteiras té o topo da regoa.

⁵ Partiu ao meio.

53) Quebrou bem pelo meyo, tinha em sima huma fenda tal que logo principiou a sofrer o pezo, e se começou a despegar hua' lasca, e ficou assim té quebrar, e na rotura tomou, de forma, que se vio bem o enlaçado das fibraz, e quebrarão interior, e gradualmente, té seder.

54) Quebrou deslaçando as fibras na mesma forma que a do n.º 53, e ficou o pincel que formavão as fibras inda emlaçadas como a do n.º 53.

55) Tinha hua' raxa a polegada e meya de sima p.^a baixo na sua altura, e ezta raxa que a dividia mostrou quando quebrou pelo muito sujo e negro a sua extensão, e esta parte que a dividia ficou inteira, e só quebrou a outra parte dividindo-a em duas em o meyo d'altr.^a, e a de baixo quebrou duas poleg.^s e meya afastada do ponto do pezo, e a outra quebrou bem pelo d.º ponto.

56) Quebrou mostrando as suas fibras emlaçadas, e só junto ao ponto em meya altura deixou ver que as fibras se cortarão sercias.

110) Quebrou como as precedentez⁶.

QUERI ou ANGELI

59) Quebrou, mostrando em sima no meyo da sua largura huma fenda q' p.^f ella penetrou agoa, e porcaria a dist.^a de duas polegadas do ponto do pezo, tinha hum nó, ou brozio, ap.^{te} que tinha as fibras direitas formou pincel em pontas, fêz hua' lasca em sima do comprimento de 7 poleg.^s, e meia.

60) Quebrou no meyo, fazendo huma lasca do comprimento de um palmo, e a fibra não eztava direita.

61) Quebrou bem pelo meyo mostrando as fibras em pontas, e estas erão mais direitas.

112) Quebrou afastado da linha do gato duas poleg.^s, e pôr hua face fêz hua' lasca de 5 p.^a 6 poleg.^s, que na sua mayor largura tem hua' poleg.^a, tinha huns' poucos de farelos por dentro, e mostrava ser huma goma subatume (?) que liga as fibraz.

113) Quebrou, lascando afastado da linha do gato duas polegadas, e em sima não acabou em diagonal, acabou quebrando em grossura de meya poleg.^a p.^a outro lado da linha do gato afastado outraz duas polegadas.

SAPUCAYA

62) Quebrou pelo meyo mostrando, e rompendo as fibras, deixando-as emlaçadas té meya altura, e a outra meya quebrou sercia, exepcto hua' grosa fita no ponto do pezo.

108) Quebrou pelo meyo como as de outra madeira n.º 105, 106, e 107.

115) Quebrou bem pelo meyo, e ficarão as fibras como ligadas, e algumas com arcos concentricos.

BATINGA D'AREA VERMELHA

63) Era verde, e quebrou não mostrando fibra como caixo (?), mas sim em pontas, ou lascas.

64) Quebrou em lasca, abrindo em diagonal do ponto do pezo para hum lado a dist.^a de 7 poleg.^s.

65) Quebrou, lascando em pontaz a distancia de 6 polegadas para hua' parte.

MASARANDUBA VERMELHA

68) Quebrou afazt.^o do ponto do meyo em que asentava o gato duas poleg.^s e meya, e fêz hua' lazca do mesmo comprimento p.^a fora.

⁶ Peças de números 101 a 110.

MASARANDUBA MENOS VERMELHA

69) *Principiou a lascar do meyo da regoa té a distancia de 5 polegadas, e meya p.^a a banda, não formou pincel, sendo lascas.*

CORAÇÃO DE NEGRO INFERIOR

70) *Quebrou bem pelo meyo, de forma que a fibra grossa que estalou levou o final da linha preta que signalava o meyo: a fibra não era direita, e tinha seus nôz.*

71) *Quebrou mostrando fibras grosaz té o meyo da altura, e do dito quebrou sercio.*

CORAÇÃO DE NEGRO MENOS INFERIOR

81) *Lascou de sima p.^a baixo, desligando-se até 5 p.^a 6 polegadas afastada da linha onde asentava o gato, e mostrou ter as fibras desemcontradas.*

PAO FERRO DE GÔA

76) *Quebrou, fazendo hua' lasca do comprimento de 16 poleg.^s, principiando em diagonal, terminou em o meyo até meya altura debaixo p.^a sima, e do meyo té o ponto onde sustentava o gato, e pezo; fes outras lascas, despegando-as do meyo da grossura; não tinha a fibra direita, foi feita de hua' taboa que servia de diagonal nos pilares.*

77) *Quebrou em diagonal, fazendo hua' lasca que principiava huma polegada afazt.^a do meyo, e veyo morrer a dist.^a de 12 polegadas, té a ultima superficie de sima, e procedeu tudo de não ter a fibra direita, como a de n.^o 76.*

78) *Quebrou em diagonal de 7 poleg.^s, principiando pelo meyo da regoa.*

79) *Lascou de sima, e foi abrindo p.^a baixo athé 19 polegadas de comprimento, e como obedeceu ao pezo escorregou o gato, e não se separou inteira.*

80) *Quebrou junto do pilar bem sercio ficando com as fibras ligadas, e entaladas humas com as outras, e bem sercia; não se separando porque asentou em terra.*

82) *Desligou-se, e ficou mais inteira que a de n.^o 80 p.^r q' mostrava que lascaria, se não despegase o gato de sima da regoa.*

83) *Quebrou semelhante a do n.^o 80, e abrio pelo meyo ao comprimento na parte em que estava oprimida.*

98) *Quebrou, lascando, e fêz hua' lasca despegada de outras duas que ficou (?) feita em 3 pessas a regoa teria da linha do gato para hum lado a distancia dum palmo.*

QUINZOLO DE GÔA

84) *Quebrou sercio do apoio.*

85) *Quebrou pelo meyo lascando para hum lado té a distancia*

PAO COIRE DE GÔA

86) *Lascou té o meyo de sima junto ao apoio té abaixo 6 p.^a 7 polegadas.*

87) *Lascou principiando por hum lado afastado do apoio 4 p.^a 5 polegadas, passou pelo meyo, e vindo lascando de baixo para sima em diagonal, foi a terminar p.^a outra parte, tãobem a dist.^a de 4 p.^a 5 poleg.^s.*

CASAROL DE GÔA

88) *Quebrou a distancia de polegada e meya onde estava furada por baixo, ou Carunxo, o q.^l furo teria 2 linhas de diametro, e atravesado a largura.*

89) *Quebrou sercio afazt.^o por hum lado huma polegada, e quebrou sercio té meya altura, e a outra meya quebrou ult.^{ma} junto ao gato, e quebrou maiz sercio.*

TECA DA INDIA

96) Quebrou por baixo, afastado da linha do gato 3 poleg.^s, e lascou em diagonal a cobrar (?) a dist.^a de 6 polegadas afastado da linha do gato, e não tinha fibra direita.

97) Quebrou em diagonal, principiando pela linha do gato, até terminar em cima hua' poleg.^a antes do apoio, e pela lasca.

ANEXO 16

TABELA COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA DE DIVERSOS TIPOS DE MADEIRAS, DA AUTORIA DE JOAQUIM AMORIM DE CASTRO¹ (1790)

TABOAS DE COHERENCIA RESPECTIVA DAS MADEIRAS²

Feita sobre planos de iguais grandezas, grossuras, e larguras.

Com as latitudes de meia polegada, longitudes de sette, e meia, e profundidades de quatro linhas³.

Os quais postos horizontalmente⁴, e applicados aos mesmos as potencias rumpentes resistirão da forma seg.^{te}⁵.

<i>Pau roxo</i>	<i>lb. 10^{1/4}</i>	<i>Sapucáia</i>	<i>lb. 15^{1/2}</i>
<i>Gitahi preto</i>	<i>lb. 15</i>	<i>Oleo de dentadura de Eng.</i>	<i>lb. 10</i>
<i>Gitahi amarello</i>	<i>lb. 9^{1/2}</i>	<i>Oleo de folha d'arruda</i>	<i>lb. 12</i>
<i>Putû mujû</i>	<i>lb. 8^{1/2}</i>	<i>Balsamo</i>	<i>lb. 14</i>
<i>Sipipira mirim</i>	<i>lb. 16^{1/2}</i>	<i>Pau ferro</i>	<i>lb. 9</i>
<i>Parahiba</i>	<i>lb. 6</i>	<i>Espinheiro amarello</i>	<i>lb. 6</i>
<i>Piquiã amarello</i>	<i>lb. 8</i>	<i>Arueira</i>	<i>lb. 13</i>
<i>Aderno</i>	<i>lb. 10</i>	<i>Jacarandá</i>	<i>lb. 9^{1/2}</i>
<i>Oiti sica</i>	<i>lb. 7^{1/2}</i>	<i>Caviuna</i>	<i>lb. 14</i>
<i>Massaranduba</i>	<i>lb. 9^{1/2}</i>	<i>Jacarandá Pitanga</i>	<i>lb. 9^{1/2}</i>
<i>Inhahiba</i>	<i>lb. 12</i>	<i>Vinhatico</i>	<i>lb. 6</i>
<i>Camassari</i>	<i>lb. 11</i>	<i>Tamburí</i>	<i>lb. 3^{1/2}</i>
<i>Amoreira</i>	<i>lb. 14</i>	<i>Taipoca</i>	<i>lb. 6^{1/2}</i>
<i>Giquitibás</i>	<i>lb. 7</i>	<i>Louro</i>	<i>lb. 6^{1/2}</i>
<i>Sipipira assû</i>	<i>lb. 9</i>	<i>Brasilete</i>	<i>lb. 10</i>
<i>Pau d'arco</i>	<i>lb. 23</i>	<i>Ginipapo</i>	<i>lb. 15^{1/2}</i>
<i>Amargoso</i>	<i>lb. 7^{1/2}</i>	<i>Salsafrás</i>	<i>lb. 16</i>
<i>Cedro</i>	<i>lb. 3^{1/2}</i>	<i>Arariba</i>	<i>lb. 7^{1/2}</i>
<i>Sebastião d'Arruda</i>	<i>lb. 14</i>		
<i>Piqui</i>	<i>lb. 4</i>		
<i>Assafran</i>	<i>lb. 4^{1/2}</i>		
<i>Piquiã marfim</i>	<i>lb. 3</i>		
<i>Juerána</i>	<i>lb. 5</i>		
<i>Matatauba</i>	<i>lb. 5</i>		
<i>Murussuca</i>	<i>lb. 4^{3/4}</i>		
<i>Burahem</i>	<i>lb. 9^{1/2}</i>		
<i>Emborí castelhana</i>	<i>lb. 6</i>		
<i>Tapicurû maxo</i>	<i>lb. 15</i>		
<i>Tapicurû femea</i>	<i>lb. 9^{1/2}</i>		

¹ AHU, CA, Bahia, vol. III, Doc. n.º 13769 (anexo ao Doc. n.º 13766), 10/Jul/1790. *Memória sobre as madeiras das matas do termo da vila de Cachoeira (Bahia), redigida pelo Juiz de Fóra Joaquim de Amorim Castro, em 1790, para D. Maria I* – Transcrição original.

² As quarenta e sete madeiras às quais Joaquim Castro se referiu foram caracterizadas e apresentadas sob a forma de desenhos aguarelados no mesmo códice.

³ Todas as peças apresentavam mesmas dimensões.

⁴ As peças de madeira não foram colocadas inclinadas, como nas experiências feitas pelo Coronel Reboxo.

⁵ O autor indicou as cargas de ruptura das diversas madeiras.

ANEXO 17

TABELA 10: MEYAS PROPORCIONAIS¹

Madeira	Mezas proporcionais (em libras)		Madeira	Mezas proporcionais (em libras)	
	Séc. XVIII	Séc. XX		Séc. XVIII	Séc. XX
Socupira meri' branca	329	330	Vinhatico	205	202
Oleo vermelho	267	267	Outissica	308	256
Oleo branco	347	347	Ubatinga assú	353	353
Paroba merim	428	524	Queri ou angeli	328	327
Gitaí amarello	407	414	Sapucaya	412	411
Pau d'arco	281	312	Baitinga d'aréa verm.	271	270
Pau roxo maxo	398	398	Masarandubas	418	418
Conduru macho	407	336	Coração de negro	229	256

¹ Indicadas na tabela do Coronel Reboxo (séc. XVIII) e calculadas conforme as recomendações de Bernard Forest de Belidor.

ANEXO 18

Asamblea que acento como diferentes dias que se fizieron estas experiencias

Paises	Grados	Nombres	Años		
			Octubre 1779	Nov. 1779	Janio 1780
Pa	100.00	Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	1 25 26 27 27	14	
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	2 25 26 27 27	14	12 13 14
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	3 25 26		
Pa	100.00	Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	4 25 26 27 27		
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	5 26		
Lo	100.00	Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	6 25 26 27		
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	7 25 26 27 27	14	
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	8 25 26 27 27		12 13 14
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	9 25 26 27 27		12 13 14
Pa	100.00	Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	10 25 26 27 27		12
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	11 25 26 27 27		12 13 14
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	12 25 26 27 27		
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	13 25 26 27 27	14	
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	14 25 26 27 27		12
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	15 25 26 27 27		12 13 14
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	16 25 26 27 27	14	
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	17 25 26 27 27		
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	18 25 26 27 27		
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	19 25 26 27 27	14	12 13 14
Lo	100.00	Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	20 25 26 27 27		
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	21 25 26 27 27		
Pa	100.00	Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	22 25 26 27 27		
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	23 25 26 27 27	14	12 13 14
Pa	100.00	Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	24 25 26 27 27		
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	25 25 26 27 27	14	
Pa	100.00	Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	26 25 26 27 27		
		Don J. de la Cruz Manuel de la Cruz	27 25 26 27 27		

Jose G. Gabiam, Jent.



10530

ANEXO 19

TABELA 11: CÁLCULO DAS TENSÕES DE RUPTURA DAS MADEIRAS ENSAIADAS POR JOAQUIM AMORIM DE CASTRO (1790)

Madeira	Carga de ruptura		$\sigma_r = \frac{M^*}{W^{**}}$ (kgf/cm ²)	Madeira	Carga de ruptura		$\sigma_r = \frac{M^*}{W^{**}}$ (kgf/cm ²)
	lb.	kgf			lb.	kgf	
Pau roxo	10,25	4,7	127,6	Sapucáia	15,5	7,1	192,8
Gitahi preto	15	6,9	187,4	Oleo de dentadura de Eng	10	4,6	124,9
Gitahi amarello	9,5	4,4	119,5	Oleo de folha d'arruda	12	5,5	149,4
Putú mujú	8,5	3,9	105,9	Balsamo	14	6,4	173,8
Sipipira mirim	16,5	7,6	206,4	Pau ferro	9	4,1	111,4
Parahiba	6	2,8	112,0	Espinheiro amarello	6	2,8	76,0
Piquiã amarello	8	3,7	100,5	Arueira	13	6,0	162,95
Aderno	10	4,6	124,9	Jacarandá	9,5	4,4	119,5
Oiti sica	7,5	3,4	92,3	Caviuna	14	6,4	173,8
Massaranduba	9,5	4,4	119,5	Jacarandá Pitanga	9,5	4,4	119,5
Innahiba	12	5,5	149,4	Vinhatico	6	2,8	76,0
Camassari	11	5,0	135,8	Tamburí	3,5	1,6	43,4
Amoreira	14	6,4	173,8	Taipoca	6,5	3,0	81,5
Giquitibás	7	3,2	86,9	Louro	6,5	3,0	81,5
Sipipira assú	9	4,1	111,4	Brasilete	10	4,6	124,9
Pau d'arco	23	10,6	287,9	Ginipapo	15,5	7,1	192,8
Amargoso	7,5	3,4	92,3	Salsafrás	16	7,3	198,2
Cedro	3,5	1,6	43,4	Arariba	7,5	3,4	92,3

Sebastião d'Arruda	14	6,4	173,8	* M = PL/4 (kgf.cm) ∴ L = 7,5" = 20,625 cm ∴ M = 5,16 P
Piqui	4	1,8	48,9	** W = bh ² /6 ∴ b = 0,5" = 1,375 cm; h = 4" = 0,33" ∴ W = 0,19 cm ³
Assafran	4,5	2,1	57,0	1" = 2,75 cm
Piquiã marfim	3	1,4	38,0	1 lb. = 0,45905 kg
Juerána	5	2,3	62,5	
Matatauba	5	2,3	62,5	
Murussuca	4,75	2,2	59,8	
Burahem	9,5	4,4	119,5	
Emborí castelhano	6	2,8	76,0	
Tapicurú maxo	15	6,9	187,4	
Tapicurú femea	9,5	4,4	119,5	