U.PORTO

MESTRADO

ARQUITETURA

Arquitetura Contemporânea em Terra: *modos de ver e de fazer*

Lisa Nathalie Franke

M

2017

Arquitetura Contemporânea em Terra:
modos de ver e de fazer

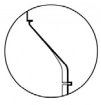
Lisa Nathalie Franke

Dissertação de Mestrado em Arquitetura

apresentada à Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto

sob a orientação do Professor Doutor Carlos Nuno Lacerda Lopes

e co-orientação da Professora Doutora Maria Clara Pimenta do Vale



A presente dissertação foi escrita ao abrigo do novo acordo ortográfico.

As citações transcritas em português referentes a edições de língua não portuguesa foram sujeitas a uma tradução livre pela autora desta dissertação.

Algumas imagens e desenhos recolhidos foram tratados, redimensionados e cortados pela autora, e têm a respetiva referência no índice de imagens.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, aos meus Professores Carlos Nuno Lacerda e Clara Vale, pela orientação e inspiração dada durante todo o percurso.

Ao atelier Baixo Impacto Arquitetura e, em especial, à Ana Ruivo, por despertar em mim o interesse e a paixão pela arquitetura em terra.

Aos Arquitetos Bartolomeu Costa Cabral, Alexandre Bastos, Andreas Frank, José Laranjeira, Patricio Arias e a todos que de algum modo possibilitaram o desenvolvimento de uma investigação fundamentada nas suas vivências e concretizações.

Aos meus amigos e colegas, pela companhia e apoio durante os dias passados nas bibliotecas da cidade.

E, por último, aos meus pais, à minha irmã e ao Adriano, pela motivação e por manterem a minha disposição positiva em todos os momentos.

resumo

'*Arquitetura Contemporânea em Terra: modos de ver e de fazer*' propõe a revisão das conceções estabelecidas sobre a natureza dos projetos e dos arquitetos 'da terra'. Uma revisão que se considera urgente pela persistência de uma imagem pré-estabelecida da arquitetura em terra e pela uniformização artificial dos seus arquitetos. Deste modo, a presente dissertação tenciona desfazer a visão estereotipada que se construiu em volta da arquitetura em terra, uma visão que, hoje em dia, se acredita representar apenas um pequeno fragmento da realidade desta arquitetura.

O próprio termo 'arquitetura em terra' já constitui, de certo modo, uma generalização, uma definição de uma arquitetura através do material que utiliza. Este fenómeno não se verifica, nestas dimensões, com outros materiais construtivos. Por exemplo, não é comum falar-se de 'arquitetura em betão' quando se pretende fazer referência à Piscina de Marés do Arquiteto Álvaro Siza Vieira, nem de 'arquitetura em tijolo maciço' quando se refere a Town Hall de Säynätsalo do Arquiteto Alvar Aalto. Ambos os projetos são valorizados não apenas pelo seu material construtivo, mas também pela atitude arquitetónica ou pela linguagem formal empregue pelos arquitetos.

Torna-se então necessário caracterizar de outro modo a arquitetura em terra. Um modo que reconheça verdadeiramente uma arquitetura nas obras em terra, e não apenas uma mera construção. De forma a chegarmos a esse ponto no futuro, acredita-se na necessidade de clarificar o contexto atual. Ao definir a situação presente na arquitetura em terra, este trabalho procura sensibilizar que não é a terra em si mesma que define o projeto, mas um arquiteto, que pode utilizar o material com diferentes intenções. Propõe-se assim o estudo de sete projetos, ilustrativos de distintos modos de *ver* e de *fazer* arquitetura contemporânea em terra. A interpretação e identificação dos diferentes objetivos dos arquitetos ao conceber estes projetos será fundamentada pela primeira parte do trabalho, composta por dois capítulos. No primeiro capítulo, o objetivo será estudar a aplicação da terra na arquitetura através da compreensão das suas diferentes expressões, da sua história e da sua presença na atualidade. No segundo capítulo, procurar-se-á entender a aplicação da terra na construção. Neste sentido, o estudo do comportamento da terra enquanto material construtivo é considerado como mais um ponto importante para percecionar a situação presente e as atitudes relativas à arquitetura em terra. Na segunda parte do trabalho, formada pelo terceiro capítulo, serão então analisados os modos de *ver* e de *fazer* arquitetura contemporânea em terra presentes nos sete casos de estudo.

Com estes três capítulos, pretende-se alargar a compreensão do panorama internacional atual da construção em terra e abrir caminho para uma nova abordagem desta arquitetura. Para além destes objetivos, espera-se que esta dissertação possa constituir uma fonte de informação para futuros estudos sobre o tema e, ainda, auxiliar os arquitetos que estejam a ponderar a utilização do material terra.

Por último, encontrar as razões por trás da escolha de determinado material no projeto sempre me fascinou durante o meu percurso académico e este trabalho é, em certa medida, uma procura de justificação do porquê do uso do material terra na arquitetura contemporânea.

abstract

'*Contemporary Earthen Architecture: ways of perceiving and acting*' proposes a revision of the established conceptions about the nature of 'earthen' projects and its architects. A revision considered urgent due to the persistence of a pre-established image associated to earthen architecture and the artificial standardization of its architects. This dissertation therefore pretends to undo a stereotyped view constructed around earthen architecture, a view which is only believed to represent a small fragment of the reality of this architecture.

The term "earthen architecture' is already a generalization of an architecture defined only by the material it uses. This phenomenon does not exist in this dimensions with other building materials. For example, it is not common to address to 'concrete architecture' when referring to the Piscina das Marés from the Architect Álvaro Siza Vieira, neither to 'brick architecture' when mentioning the Town Hall of Säynätsalo from the Architect Alvar Aalto. Both projects are given credit not only for the material they use, but also for the architectonic attitude or the formal language the architect applies.

An alternative way of defining the earthen architecture is thus needed. A way that truly recognizes architecture in earthen buildings, not exclusively construction. In order to achieve this point in the future, it is necessary to clarify the present situation. By outlining the actual situation of earthen architecture, we aim to shift awareness from the simple material *earth* to the architectural intention. This work proposes to study seven projects, which are illustrative of distinctive attitudes towards contemporary earthen architecture. The interpretation and identification of the main reasons behind the construction of the studied projects will be justified with the first part of this work, composed of two chapters. In the first chapter, the aim is to study the application of earth in architecture by understanding its different expressions, its history and its present. The purpose of the second chapter is to ellucidate how earth is applied in construction. In this way, studying earth as a building material is seen as another important point in drawing a picture of the present situation and attitudes regarding earthen architecture. Finally, the second part of this work, which integrates the third chapter, analyzes the different attitudes found in the seven earthen architecture case studies.

With these three chapters, the goal is to further our understanding of the actual international panorama of earthen construction, as well as allowing a new approach towards this architecture. Besides of these purposes, this dissertation aims to be a source of knowledge for future studies about this subject and also assist architects considering to use earth as a building material.

Finally, finding the reasons behind the choice of a certain material in a project has always fascinated me during my academic career, and this work is, in a certain way, a search of the reason behind the use of earth in contemporary architecture.

Índice

Resumo 8

Abstract 9

Índice 10

Nota prévia. ***A inquietude da experiência*** 12

Parte 1

Capítulo 1. *A Terra e a Arquitetura*

1.1. Porquê conhecer a história? 24

1.2. Técnicas construtivas 24

1.2.1 Alvenaria 25

1.2.1.1. Blocos cortados 26

1.2.1.2. Torrões de Terra 26

1.2.1.3. Adobe manual 27

1.2.1.4. Adobe moldado 28

1.2.1.5. BTC (Blocos de terra comprimida) 31

1.2.2. Enchimento de uma Estrutura de Suporte 33

1.2.2.1. Tabique (Técnica Mista) 33

1.2.2.2. Terra palha 38

1.2.3. Monolítica 39

1.2.3.1. Terra escavada 39

1.2.3.2. Terra modelada 40

1.2.3.3. Terra empilhada (*cob*) 41

1.2.3.4. Taipa 41

1.2.3.5. Terra plástica 47

1.3. O porquê das várias técnicas construtivas? 48

1.4. História da Arquitetura em Terra 50

1.4.1. Ásia 52

1.4.2. África 53

1.4.3. Europa 55

1.4.4. Américas 63

1.4.4.1. Brasil 64

1.4.4.2. América Espanhola 69

1.4.4.3. Estados Unidos da América 70

1.4.5. Austrália 72

1.5. Panorama atual 73

Capítulo 2. *A Terra como Material de Construção*

2.1. Porquê conhecer as propriedades do material terra? 78

2.2.1. Os constituíntes e sua formação 80

2.2.2. Ensaios de campo e laboratório 85

2.2.3. Consequências da composição da terra no seu comportamento 87

2.2. Composição da terra ... 79

2.3. Comportamento estrutural ... 88
2.3.1. Material heterogéneo – estandardizável? ... 88
2.3.2. Resistência à compressão ... 89
2.3.3. A influência da água na resistência mecânica ... 90
2.3.4. A água e seus impactos na construção ... 92
2.3.4.1. Estados de consistência da terra ... 92
2.3.4.2. Dispersantes ... 95
2.3.5. A estabilização de solos ... 96
2.3.6. Conclusões ... 97

2.4. Térmica ... 97
2.4.1. A terra - material com bom desempenho térmico? ... 97
2.4.2. Condutividade e resistência térmica ... 99
2.4.3. Inércia térmica ... 101
2.4.4. Inércia térmica vs isolamento térmico ... 102
2.4.5. Influência da humidade no comportamento térmico da terra ... 104

2.5. A terra e o conforto interior ... 105
2.5.1. Qual a importância da humidade relativa do ar para a saúde? ... 105
2.5.2. Noções básicas da higroscopicidade da terra ... 107
2.5.2.1. Comportamento higroscópico de rebocos de terra vs rebocos convencionais ... 107
2.5.2.2. A qualidade do ar. Purificação através da propriedade higroscópica da terra? ... 111
2.5.3. A ionização do ar ... 112
2.5.4. Isolamento Acústico ... 115

2.6. Conclusões ... 116

Parte 2

Capítulo 3. *Sete modos de ver e de fazer Arquitetura Contemporânea em Terra*

3. Objetivos do capítulo ... 121
3.1. Integração no lugar ... 125
3.2. Integração conceptual ... 133
3.3. Materialidade da terra ... 143
3.4. Inovação ... 149
3.5. Estratégia de mercado ... 155
3.6. Construção alternativa ... 161
3.7. Consequências sociais ... 175

Considerações finais ... 185

Bibliografia ... 195

Índice de imagens ... 201

Anexos ... 222



(1)

(1) Obra Baixo Impacto Arquitetura: Guilherme e Marina, Paulo Lopes, SC - Brasil, Janeiro de 2016

Nota prévia

A inquietude da experiência

Sinto a presente dissertação como resultado de uma viagem iniciada durante a minha experiência de intercâmbio na América Latina e que pretendo descrever sumariamente nestas páginas para que o leitor entenda a origem de algumas inquietações que este trabalho propõe acalmar.

O primeiro contato consciente com o material terra deu-se no Brasil, na ilha de Florianópolis, onde decidi estagiar num escritório de arquitetura bioclimática durante as minhas férias das aulas na *Escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica* de Valparaíso, no Chile. A escolha pelo atelier e pelo lugar decorreu precisamente de uma vontade de escapar da cidade caótica e nervosa que senti Valparaíso e mergulhar na calma natureza de Florianópolis, conhecer um outro modo de fazer arquitetura, reduzido à essência, ao clima, ao contexto, à natureza. Com este estado de alma, parti então para a experiência no escritório Baixo Impacto Arquitetura. Olhando para trás, acredito que foi uma etapa essencial na minha formação, enquanto arquiteta e como pessoa. Comecei a entender que a obsessão dos desenhos bonitos adquirido durante os meus anos na FAUP, na verdade, tem pouca utilidade na prática. O escritório, talvez por ser num país ainda não tão controlado pelas regulamentações como Portugal, vivia sobretudo na obra, com os clientes e os construtores. Os desenhos eram muitas vezes feitos diretamente na obra. Não se importavam com a linguagem esperada de um arquiteto contemporâneo – projetavam de acordo com o seu gosto e, sobretudo, de acordo com o gosto do cliente. Procuravam soluções simples que, através do mero desenho do projeto, pudessem garantir conforto térmico. Consideravam os ventos, os pontos cardeais, a vegetação, os materiais. E foi no ponto da opção pelos materiais que, pela primeira vez, senti que a importância da sua opção não estava ligada meramente a questões económicas ou estéticas, de materialidade: existiam outros fatores importantes a serem considerados, começando pelo conforto térmico que nem sempre se consegue resolver com espessas camadas de



(2)



(3)

isolamento térmico ou um desenho sem pontes térmicas, especialmente não no Brasil.

Foi assim que, numa visita a uma obra em construção do Atelier, em pleno Verão Brasileiro, comecei a valorizar a terra enquanto material construtivo: foi o fascínio pela simples sensação de frescura e bem-estar que senti dentro da casa de adobe, contrastante com o calor que estava no exterior. Não foi a beleza extraordinária das suas formas, nem os detalhes perfeitos que tanto estava habituada a estimar durante os meus anos de aprendizagem na faculdade. Foi o simples conforto que estava a sentir dentro da casa, aliado a um sentimento de união e harmonia com a natureza selvagem que rodeava a casa. Esta sensação foi o que motivou num primeiro instante a investigação sobre a arquitetura em terra e, por conseguinte, esta dissertação. Uma dissertação que, para além de estudar o tema da arquitetura em terra, relata a minha viagem por este mundo antes desconhecido.

Com o interesse despertado, começaram as investigações sobre a arquitetura em terra. No Brasil, ainda no escritório Baixo Impacto Arquitetura, mergulhei nas preocupações dos Arquitetos em colaborar na escrita de uma norma brasileira para a construção em terra e de preparar testes de campo e de laboratório. Os três meses de férias terminaram, e chegou o meu tempo de regressar a Valparaíso para cumprir o 2º trimestre de aulas que necessitava para completar o meu quinto ano de faculdade.

De volta ao Chile, o tema não me deixou em paz e resolvi investigar o que se fazia em Terra nessa região do mundo. Comecei a ocupar os meus dias livres com investigações e entrevistas a vários Arquitetos que trabalham com o material. Uma experiência que foi de extrema importância para a formação do meu pensamento sobre a arquitetura em terra foi uma visita realizada às obras do escritório Surtierra em Santiago, em Peñalolén, já na pré-cordilheira do Andes. Experienciei uma atitude completamente distinta daquela a que estava habituada do 'meu' escritório *Baixo Impacto*. Percecionei que o Arquiteto Patricio Arias, que me guiou por duas das suas obras em construção, queria fazer uma arquitetura excecional. Durante o caminho de uma obra à outra, o próprio me relatou que começou a utilizar a terra porque via nela um *nicho* no mercado da arquitetura. Um mercado virado para a nova elite

(2) Interior obra Baixo Impacto Arquitetura: Guilherme e Marina, Paulo Lopes, SC - Brasil, Janeiro de 2016

(3) Pormenor de parede de adobe, obra Baixo Impacto Arquitetura: Guilherme e Marina, Paulo Lopes, SC Brasil, Janeiro de 2016



(4)



(5)

(4) Obra Surtierra, Casa Alvarez, Peñalolén, Santiago de Chile, Maio de 2016

(5) Obra Surtierra: Casa própria do Arquiteto Patricio Arias, Peñalolén, Santiago de Chile, Maio de 2016

chilena, à qual já chegaram as preocupações ambientalistas como no resto do mundo. O objetivo de Arias era eliminar os estigmas negativos associados à arquitetura em terra, que acreditava atingir, por um lado, ao libertá-la da sua imagem *hippie,* através do cumprimento de prazos de obra e um desenho puramente contemporâneo. Um desenho simbolizado perfeitamente através da segunda obra que me apresentou, uma casa em terra levantada do chão, a Casa Alvarez (*fig.4*). Os arquitetos do *Baixo Impacto* não estavam propriamente preocupados com a imagem da terra no mundo da arquitetura. Foi esta constatação que motivou grandemente o objeto de estudo desta dissertação, que se tornou a análise das diferentes intenções possíveis atrás do uso da terra como material construtivo, os distintos modos de *ver* e *fazer* esta arquitetura.

Com o decorrer do tempo, comecei a questionar-me o que se estava a investigar sobre o tema a nível académico e inscrevi-me num seminário em Santiago - o ENACOT[1] II. Foi nesse momento que descobri a grande preocupação e a paixão das pessoas envolvidas com este tema. Um mês mais tarde estava no Congresso Mundial de Terra em Lyon, onde tive a oportunidade de escutar as palestras e discussões de vários arquitetos e investigadores motivados extremamente pela construção em terra. Neste congresso, reconheci verdadeiramente que os interesses perante o material terra variam – enquanto que uns valorizavam certas propriedades do material terra, a nível de saúde, térmica, etc., outros destacavam questões relacionadas com a história e a tradição construtiva dos lugares, e outros louvaram ainda o fato de ser um material apto para ser utilizado em arquiteturas de emergência ou de ajuda para países em via de desenvolvimento. O que todos pareciam ter em comum, era uma profunda paixão pelo material. Uma das questões que me coloquei foi do porquê de toda essa paixão. Seria realmente pelas suas possíveis vantagens? Ou seria uma questão de moda, assim como aconteceu com o elogio e exaltação do betão no século XX? O gosto pela arquitetura do betão armado de Corbusier, Paulo Mendes da Rocha, Lina Bo Bardi, etc. não se deve, a meu ver, à mera apreciação mecânica desse material, mas também ao amor pela matéria, sensação e atmosfera que este material é capaz de provocar. Questionei-me se

1 Encuentro Nacional de Arquitectura y Construcción con Tierra, organizado pela Red Nacional Protierra Chile, em conjunto com o Comité de Tecnología del Colegio de Arquitectos.



(6) Produção de adobes, Florianópolis - Brasil, Outubro de 2016

não se estaria a passar o mesmo com a arquitetura em terra.

Em Agosto de 2016 estava de regresso ao Brasil para iniciar o acompanhamento de uma obra em adobe do escritório Baixo Impacto. Esta obra tinha um caráter diferente das outras realizadas até ao momento pelo escritório – não apenas pelo cliente que desde o início tornou claro que não queria a estética da terra, mas também pela sua localização, que não era no meio da natureza, mas num condomínio que já estava repleto de grandes vivendas em betão armado. A obra iniciou-se em Outubro com a seleção da terra e a montagem do espaço de fabrico de adobes, no próprio terreno. A primeira terra em vista seria de uma escavação dentro de uma garagem de prédio, no centro da cidade de Florianópolis. No entanto, a escolha caiu numa terra proveniente de um aterro, que tinha a opção de ser encomendada à vez e poupar deste modo espaço no terreno da obra. Apenas se encomendava pequenas quantidades. A arquiteta Ana Ruivo do escritório realizou um simples teste tátil-visual para verificar a qualidade da terra, eu mais tarde realizei mais uma série de testes de campo com a terra já escolhida, nos quais confirmei que a qualidade da terra era adequada para formar adobes. Rapidamente começou então o fabrico dos adobes. O esquema de produção consistia numa área de mistura da massa da terra e a quatro campos onde os adobes seriam moldados em esquema rotativo, pois estes necessitam de permanecer alguns dias no lugar onde são produzidos para secar. Para não parar a produção, segue-se para um campo vazio e, à medida que os adobes secam, podem ser empilhados para libertar de novo o espaço para uma nova produção. O objetivo colocado era produzir à volta de 500 adobes por dia, que se acreditou ser realístico com dois adobeiros a trabalhar numa produção semi-mecanizada, conseguida através da ajuda de uma betoneira para misturar a massa da terra. No entanto, a observação da produção identificou este valor como uma exceção e não uma constante devido a essencialmente dois fatores: o trabalho estava dependente das condições meteorológicas, pois era efetuado ao ar livre, e ainda da presença dos dois adobeiros, que não era constante. Em relação à sua experiência profissional: apenas um já tinha trabalhado com a produção de adobes, o outro começou a aprender na própria obra com o 'mestre'. O meu trabalho na obra



(7)



(8)



(9)



(10)

(7) Local de venda de terra, Florianópolis - Brasil, Outubro de 2016

(8) Extração de terra em garagem de prédio, Florianópolis - Brasil, Outubro de 2016

(9-11) Produção de adobes, Florianópolis - Brasil, 2016



(11)



(12)



(13)



(14)



(15)

(12-16) Produção de adobes, Florianópolis - Brasil, 2016



(16) *Nota prévia*



(17)



(18)

(17) Paredes em pau-a-pique: estrutura de suporte, *Workshop* Costa da Lagoa, Florianópolis - Brasil, 2016

(18) Extração da terra no terreno da Casa, *Workshop* Costa da Lagoa, Florianópolis - Brasil, 2016

(19) Teste de sedimentação da terra, *Workshop* Costa da Lagoa, Florianópolis - Brasil, 2016

(20) Aplicação da mistura de terra e palha na estrutura de suporte, *Workshop* Costa da Lagoa, Florianópolis - Brasil, 2016



(19)



(20)



(21)

era sobretudo contabilístico: consistia em fazer uma contagem diária dos adobes produzidos, virados e empilhados, adquirir uma ideia das quantidades de terra, água e esterco de cavalo utilizadas para cada *x* adobes e o tempo médio de produção de um adobe, incluindo o tempo gasto para cada uma das etapas, como o enchimento da betoneira e a utilização da massa de terra. O trabalho de acompanhamento foi realizado durante 5 semanas, pois considerou-se o tempo necessário para adquirir dados suficientes para realizar uma média. A utilidade do trabalho consistiu em adquirir uma ideia precisa dos tempos e quantidades médias para a produção de um adobe, ou seja, dados importantes para inserir o adobe no mercado de trabalho, onde existem prazos e orçamentos a cumprir. Foi igualmente neste ponto que comecei a entender que o escritório estava numa procura de adaptar o uso do adobe à realidade presente, onde é utópico fazer arquitetura sem uma ideia exata do tempo e do dinheiro eu se irá gastar com determinada construção.

(21) Parede de pau-a-pique com garrafas incorporadas, *Workshop* Costa da Lagoa, Florianópolis - Brasil, 2016

Paralelamente à observação da produção de adobes, o escritório convidou-me para participar num *workshop* de pau-a-pique na Costa da Lagoa. Não existia outra forma de acesso sem ser por barco e uma trilha pelo monte acima. Os poucos materiais de construção comprados foram transportados por um cavalo. A terra foi então retirada do próprio local e, como se tratava de uma obra que partiu de uma pré-existência, a madeira utilizada para fazer a estrutura de suporte do pau-a-pique provinha da antiga estrutura de telhado da casa original. Foi nesta obra que realmente senti o que é construir com os materiais do lugar e qual a vantagem de umas técnicas de terra sobre as outras. A escolha caiu sobre o pau-a-pique porque existia pouco espaço plano para a produção de adobes e, como as únicas paredes que necessitavam de ser construídas de raiz seriam as do 1º piso, sobre uma estrutura simples de madeira, nem a taipa constituía uma boa opção. O escritório organizou então um *workshop* de 3 dias, de 20 vagas pagas, para construir as paredes em pau-a-pique, numa fase em que a obra estava já com a sua estrutura toda montada, incluindo a cobertura. As paredes de pau-a-pique conseguiram ser construídas quase na sua totalidade nos dias do *workshop*, por pessoas sem qualquer treinamento profissional na construção. Esta experiência



(22)



(23)

(22) Casa de pau-a-pique, fotografia de Elio Moreno Lima de uma cena do filme Barravento de Glauber Rocha, Lauro de Freitas - Bahia, 1961

(23) Construção de tijolo vazado na aldeia de Santo António - BA- Brasil, 2017

mostrou-me outras facetas da arquitetura em terra que antes desconhecia: a primeira, que realmente existem técnicas simples, executáveis por qualquer pessoa, e a segunda, que me fez realizar a importância dos workshops nesta área, uma estratégia dos escritórios para, por um lado, divulgarem seu trabalho e conhecimento e, pelo outro lado, fazer dinheiro. Observei, ainda, a grande quantidade de pessoas interessadas na arquitetura em terra, nomeadamente pelo seu caráter ecológico e por constituir uma forma de se afastar da dependência do sistema dominante da indústria.

Em Dezembro 2016, encontrava-me em Salvador da Bahia, o Nordeste do Brasil e a terra do pau-a-pique. No entanto, pouco (ou nada) encontrei vivo desta cultura construtiva nos lugares por onde andei. Nas localidades junto ao mar, dantes ocupadas por pescadores que construíam suas casas com o material que encontravam à sua volta – ou seja, canas, ramos, palha de coco e terra, apenas encontrei condomínios com casas luxuosas ou simples casas de tijolo furado. Na Praia do Forte, uma antiga vila de pescadores e atual *shopping mall* turística, encontrei somente uma construção em terra: uma pequena barraca de venda de tapioca. Deparei-me com uma realidade distinta daquela idealizada romanticamente antes da minha viagem. Constatei que a arquitetura em terra alterou o seu público alvo e contexto. Quem hoje constrói com terra são os ricos, uma elite preocupada com os problemas 'secundários' do Primeiro Mundo, a sustentabilidade. Os pobres, já há muito tempo, foram seduzidos pela indústria da construção, com os seus preços baixos e a ilusão de se aproximarem assim um pouco mais às casas 'normais' dos ricos. Especialmente a passagem por favelas era gritante a este respeito: não se via uma única casa em terra, o esquema construtivo dominante era uma estrutura de betão armado com paredes de tijolo não rebocadas.

De regresso a Florianópolis para seguir então o acompanhamento da obra em adobe, que seguiria com a elevação das paredes após a produção dos 17 000 adobes terminada em Janeiro, fui deparada com atrasos e greves, que atrasaram o início da obra. Foi assim que terminei o meu tempo no escritório Baixo Impacto e voltei para o Porto para consciencializar a experiência obtida e iniciar a escrita da presente dissertação.





(24) Pormenor de parede de terra na obra de Surtierra Arquitectura, Maio 2016

(25) Construção de pau-a-pique em Itamaracá, Brasil

Mas usar coisas simples não é tão simples assim. Primeiro é preciso sentir o cheiro da terra. A luz do luar. O calor do sol. A presença da brisa. O barulho do mar. O canto dos pássaros. O silêncio das noites e o astral de Itamaracá.

Com um arquiteto que conversou com o cupim e com o joão-de-barro, que tem o coração no mesmo compasso, basta uns rabiscos. E que, riscando o projeto no chão, posso explicar como começar a construção.

[...]

Começa assim a casa de taipa com a madeira que saiu da mata e que, naturalmente, contém bons fluidos, próprio das coisas puras e novas, que ainda não cheiram a óleo diesel nem se iluminam com choques elétricos. O resto é barro, água, palha de coqueiro e imaginação.

Cyra da Silveira in (Silveira & Gama, s.d., p. 74)

Parte I

Capítulo 1

A Terra e a Arquitetura

1.1. Porquê conhecer a história?

Na verdade nenhum arquiteto pode deixar de utilizar o trabalho dos arquitetos que o precederam; por mais que ele se esforce por ser original, a maior parte do seu trabalho existirá em alguma tradição .

(Fathy, 1980, pp. 40-41)

Neste trabalho propõe-se uma revisão do estado atual da arquitetura em terra através de uma análise focada no entendimento das posições e intenções dos seus arquitetos. Na medida de auxiliar a perceção da realidade presente, acredito na necessidade de reconhecer as razões que foram determinando o uso da terra na arquitetura ao longo dos tempos de modo a conseguir entender a situação contemporânea e eventualmente estabelecer alguns paralelos com épocas passadas.

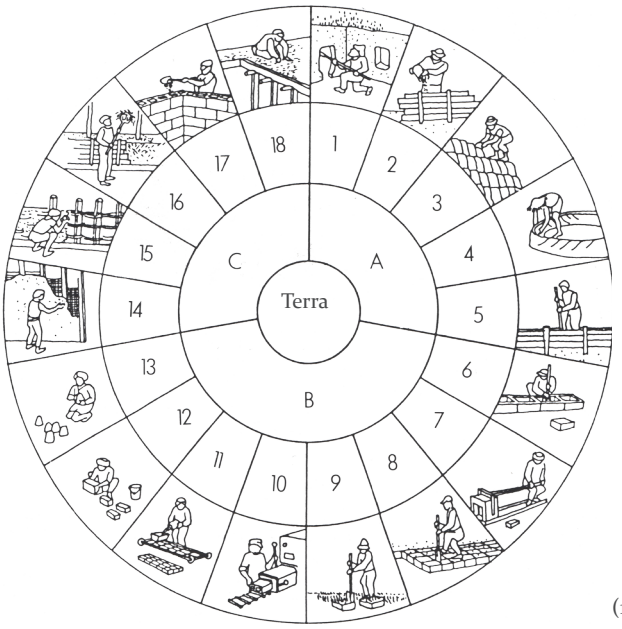
A história da arquitetura em terra é vasta, pois trata-se de um dos primeiros materiais construtivos utilizados pelo homem em praticamente todos os continentes. Além do mais, não engloba apenas uma técnica construtiva, mas várias, e cada técnica tem a sua própria história e razão de ser. O que importa conhecer desta história para o trabalho é o entendimento de como e, sobretudo, porque é que as técnicas de construção em terra foram adaptadas por diversas culturas ao longo dos milénios e como é que evoluíram até ao momento atual.

Antes de iniciar o relato desta história e de modo a torná-la mais percetível, será feita uma breve compilação das diversas técnicas construtivas em terra crua.

1.2. Técnicas construtivas

Muitos dos tradicionais códigos de boa prática aplicam-se também aos padrões contemporâneos: o saber fazer "erudito" revoca constantemente o saber-fazer popular e parece não conseguir ultrapassar realmente as suas técnicas ou arquiteturas propostas.

(Houben & Guillaud, 2006, p. 9)



A_Utilização da Terra sob a forma monolítica e portante
1 - Terra escavada
2 - Terra plástica
3 - Terra empilhada
4 - Terra modelada
5 - Terra prensada: taipa

B_Utilização da terra sob a forma de alvenaria portante
6 - Blocos apiloados
7 - Blocos prensados
8 - Blocos cortados
9 - Torrões de terra
10 - Terra extrudida
11 - Adobe mecânico
12 - Adobe manual
13 - Adobe moldado

C_Utilização da terra como echimento duma estrutura de suporte
14 - Terra de recobrimento
15 - Terra sobre engradado
16 - Terra palha
17 - Terra de enchimento
18 - Terra de cobertura

(1)

(1) Diagrama estabelecido pelo grupo CRAterre das diferentes famílias de técnicas construtivas em terra crua

Existe uma grande diversidade de aplicação da terra crua enquanto material construtivo – pode constituir o piso/pavimento, coberturas[1], paredes, escadas ou pode ser usado ainda como enchimento isolante[2] (Houben & Guillaud, 2006).

Neste trabalho, o foco incidirá sobretudo nas técnicas de construção de paredes, que podem ser escavadas, empilhadas, modeladas, prensadas, apiloadas, recortadas ou extrudidas. Cada técnica tem o seu próprio carácter e cada uma delas envolve uma lógica construtiva distinta. Por isso, torna-se importante conhecer cada uma destas técnicas individualmente, na sua versão tradicional e, quando se aplica, igualmente na sua versão atualizada em função da tecnologia disponível, pois a construção em terra não ignorou o surgimento da possibilidade de mecanizar alguns dos seus processos construtivos.

Para iniciar apresenta-se a *figura 1*, onde se observa um diagrama elaborado pelo CRAterre que procura compilar e descrever sucintamente as principais técnicas de construção em terra existentes no mundo. Neste diagrama, as técnicas são subdivididas em 3 grupos – monolítica, alvenaria e enchimento de uma estrutura de suporte. É de referir que será dada uma maior ênfase às técnicas construtivas predominantes ainda hoje em dia, sobretudo nos países industrializados.

1.2.1 Alvenaria

O primeiro grupo a ser analisado será o grupo da alvenaria, que consiste no fabrico de tijolos em terra que são secos naturalmente ao ar. Estes tijolos podem ter os mais variados formatos – desde blocos irregulares a perfeitos paralelepípedos, dependendo da sua forma de fabrico.

1 A terra pode ser aplicada em coberturas que, por sua vez, podem ser ajardinadas ou não, como se observa, por exemplo em muitas construções no Vale do Draa em Marrocos. O princípio é simples – sobre a estrutura da cobertura é colocada uma camada de terra. Tradicionalmente, são vulgares na América do Norte e do Sul, em África, nos Países Nórdicos e na Ásia. Em Portugal, conhecem-se as coberturas em pendentes da ilha de Porto Santo, os designados tetos de salão (Fernandes, 2006).

2 A terra pode ser utilizada para encher o "vazio" entre estruturas, geralmente de alvenaria de pedra ou tijolo. Os painéis de isolamento de terra pré-fabricados constituem uma inovação desta técnica.



(2)



(3)

(2) Igreja de Bom Jesus construída com laterites, Goa

(3) Talhe de blocos de laterite, Salcete, Goa

1.2.1.1. Blocos cortados

Em que consiste

Os blocos cortados são retirados diretamente da terra, ou seja, são extraídos pedaços de terra de solos superficiais com determinadas características minerais, fundamentalmente os que apresentam boa coesão (*fig. 3*). Um exemplo são os blocos de Laterite[3] provenientes de solos de desagregação avançada e grande concentração de hidróxidos metálicos que provocam oxidação e que tornam a terra dura[4] .

História

A técnica dos blocos cortados foi provavelmente uma das primeiras formas de usar a terra crua como unidade de alvenaria e é utilizado nas regiões onde se encontra o solo adequado para a extração destes blocos, que se restringe principalmente às regiões tropicais e subtropicais húmidas, na Índia e em África (Fernandes, 2006). Para além de habitações, encontram-se igrejas e edifícios públicos construídos com blocos de laterite (*fig. 2*).

1.2.1.2. Torrões de Terra

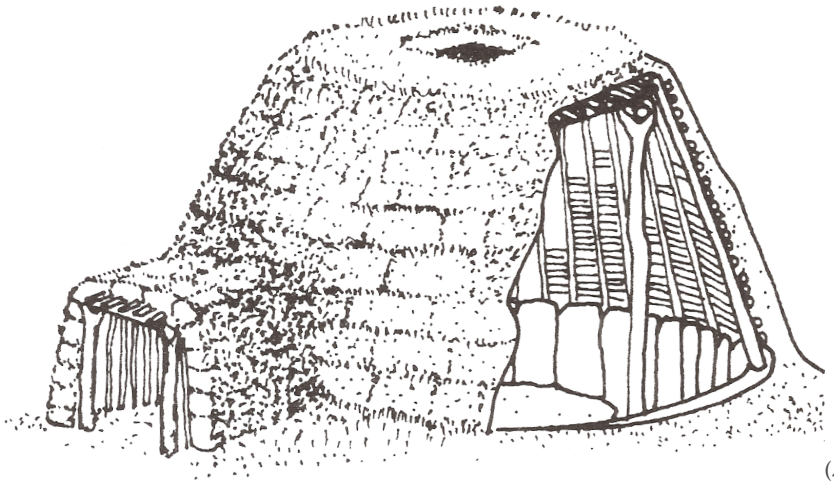
Em que consiste

Os torrões de terra constituem uma técnica muito semelhante aos blocos cortados: como estes, são extraídos de um solo superficial. Como Mendonça (2005, p.89) refere, *esta técnica consiste na remoção de porções de terreno com boa qualidade e com boa estabilização natural, para empregá-las no levantamento de paredes ou muralhas*.

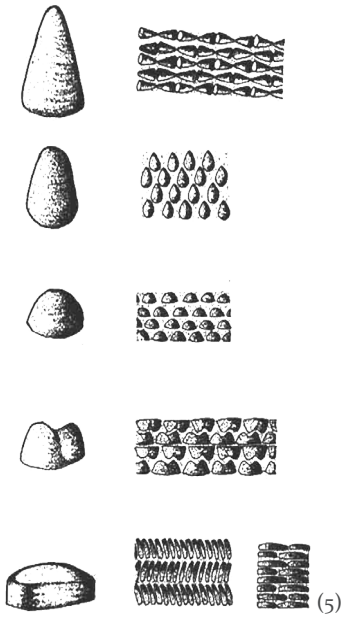
O que distingue os torrões de terra dos blocos cortados é sobretudo o tipo de terra extraído e a consequente qualidade dos blocos. Enquanto que os blocos cortados são de uma terra que oxida, os torrões de terra provêm de um solo vegetal, o que de partida torna-os mais frágeis e dificultam o talhe de formas regulares.

3 O termo laterite vem do latim *later,eris* que significa tijolo para construção (Silveira, 2005).

4 A dureza que os blocos de terra adquirem com o tempo é tanta que, muitas vezes, as suas construções são designadas de arquiteturas em pedra (Fernandes, 2006).



(4)



(5)

(4) Habitat dos Índios locais dos Estados do Missouri e do Nebraska (EUA) construído com torrões de terra

(5) Adobes produzidos manualmente, não paralelepipédicos. Esquema da provável evolução de forma segundo o arqueólogo José Imbelloni

História

A técnica dos torrões de terra foi tradicionalmente utilizada em países onde existia uma falta de matéria-prima, mas uma abundância em argila. Os autores Houben & Guillaud (2006) relatam o caso Americano, no qual os imigrantes europeus que colonizaram os Estados do Missouri e do Nebraska estavam confrontados com uma ausência de combustível que não permitia a cozedura da terra. Foi assim que os colonos se inspiraram no habitat dos índios locais e adoptaram os torrões de terra, recortados do solo através de simples instrumentos como pás ou enxadas (*fig. 4*). Esta técnica foi também utilizada em alguns países nórdicos, na Ásia e na América Latina, onde destaca-se especialmente o Estado da Bahia no Brasil (Fernandes, 2006; Mendonça, 2005).

1.2.1.3. Adobe[5] manual

Em que consiste

O adobe manual é uma técnica que envolve a manipulação da terra para formar um bloco de alvenaria. A manipulação mais básica consiste em moldar ou esculpir, apenas com as mãos, unidades em terra plástica. As formas resultantes podem ser diversas e apenas necessitam de secar para serem utilizadas posteriormente na construção de paredes.

História

Trata-se de uma técnica ancestral, ainda hoje utilizada em África. A sua forma inicialmente cónica evoluiu progressivamente para ortogonal (*fig. 5*).

5 O termo adobe deriva do egípcio *thobe*, significando tijolo, o que deu origem ao termo árabe de *otoob*, evoluído para *adobe* no espanhol e no português que, depois, também foi assimilado no inglês (Doat et al., 1991; Guillaud, 1993). É também denominado apenas de tijolo cru.



1. A terra é misturada com água e fibras vegetais até atingir o seu estado plástico;

2. A massa de terra é colocada dentro de um molde (formato variável) e alisada com um instrumento;

3. O molde é retirado imediatamente. Os adobes não são deslocados do lugar onde foram desmoldados;

4. Após alguns dias, os adobes são virados para que a secagem seja homogénea;

5. Uma vez secos, os adobes são empilhados;

6. O aparelhamento dos adobes é realizado de um modo análogo aos tijolos cozidos. A argamassa utilizada para unir os adobes uns aos outros deverá ser igualmente de terra.

(6) Ilustração das etapas durante a produção dos adobes e sua posterior aplicação

1.2.1.4. Adobe moldado

Em que consiste

O processo de fabricação dos adobes moldados consiste em colocar, com as mãos ou uma pá, uma massa plástica de terra, água e fibras vegetais[6] no interior de um molde, apoiado numa superfície plana (*fig. 8*). Esta massa é ligeiramente pressionada e alisada com as próprias mãos ou com um utensílio de madeira, prosseguindo-se imediatamente à sua desmoldagem (*fig. 7*). O adobe já está formado, mas não pode ser deslocado do local onde foi moldado porque ainda é apenas uma massa plástica – terá que secar para poder ser movido e empilhado. Para a produção de adobes, é então necessária uma área de produção relativamente grande. É necessário prever que os adobes recéns produzidos ocuparão o espaço onde foram moldados por, pelo menos, 3 ou 4 dias. O processo de secagem é importante e devem ser tomados alguns cuidados, como evitar a exposição direta ao sol. Quanto esta acontece, a camada exterior seca muito rápido, enquanto que a interior ainda se mantém húmida, abrindo-se fissuras. Assim, o melhor é a sombra para secarem uniformemente, ou o sol primaveril ou outonal, como já referia Vitrúvio no seu Tratado de Arquitetura[7]. Após secos, os adobes podem ser aparelhados em paredes, que podem ser portantes, ou constituir cúpulas, arcos e abóbadas[8] (*fig. 9*).

6 Com a experiência de construir com terra, foram-se encontrando procedimentos de compensar as fraquezas do material através da adição de outros componentes. Entre estas inovações, estão a redução da retração através da adição de fibras vegetais, pelos de animais e, mais recentemente, a estabilização química, geralmente através de um aglomerante como o cimento, o betume ou a cal (Neves & Milan, 2011). Este assunto será aprofundado no capítulo 2.

7 *Deverão ser confeccionados no tempo primaveril ou outonal, para secarem com uniformidade. Pois os que são argamassados no solstício ficam defeituosos, devido ao facto de o interior não ficar enxuto quando o sol queima violentamente a superfície exterior, fazendo-o parecer seco. E quando posteriormente se contrair secando, destroça o que já estava seco. Assim, ficando rachados, tornar-se-ão inconsistentes. Serão, por outro lado, muitíssimo mais vantajosos se confeccionados com dois anos de antecedência: com efeito, não podem secar completamente antes desse prazo. Por essa razão, quando são aplicados de feitura recente e não secos, permanecendo o revestimento aplicado rigidamente consolidado, os tijolos abatem-se, não podendo manter a mesma altura que apresenta o revestimento e não aderem a ele, deslocados pela contracção, separando-se da sua ligação.* [...] *Por isso os cidadãos de Útica só usam nas estruturas das paredes o tijolo que esteja seco e confeccionado cinco anos antes* [...](Vitrúvio, 2006, p. 75).

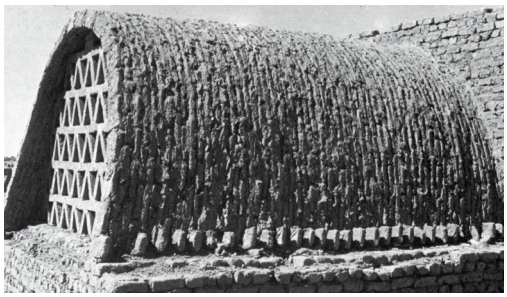
8 As técnicas da abóbada e da cúpula em adobe são levados à sua perfeição sobretudo em cidades do Irão, das quais se destacam Bam, Yazd, Seojane e Tabriz (Houben & Guillaud, 2006).



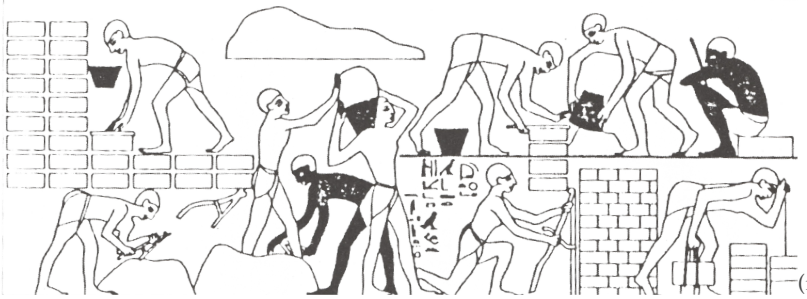
(7)



(8)



(9)



(10)

História

A técnica do adobe sofreu uma grande evolução quando se começou a utilizar um molde[9] no seu fabrico, sinónimo de mais rapidez, formas mais estandardizadas e geométricas. Guillaud (1993, p. 40) refere o adobe como sendo um dos mais antigos da história da arte de construir: *constitui a própria base da arquitetura mesopotâmica (Suméria, Ninive e Babilónia) e egípcia*.

O seu uso tradicional concentra-se sobretudo em lugares do mundo onde existem terrenos aluviais próximos de água, em vales, nas margens de rios, na costa ou junto a linhas de água, pois necessita-se de uma grande quantidade de água para o fabrico de adobes. Por exemplo, as margens do Rio Nilo eram propícias para a produção de adobes porque permitiam trazer a água através de um canal para criar a massa plástica de limo argiloso, areia do deserto vizinho e palha dos cereais cultivados (Houben & Guillaud, 2006). Provavelmente esta presença de recursos naturais necessários à fabricação dos adobes é também uma das razões que justifica o uso do adobe na Civilização Egípcia, cujo processo de produção encontra-se testemunhado através de uma pintura antiga (*fig. 10*). Também em Portugal, o adobe surgiu naturalmente nos vales, junto aos rios, estuários e planícies e nas fozes do litoral centro[10], onde predominam os solos de aluviões, ricos em minerais, areias e siltes, uma terra considerada ideal para a sua manufatura[11] (Fernandes, 2006).

(7) Processo de fabrico de adobes com molde duplo

(8) Molde duplo em madeira, revestido por chapas de aço inox para facilitar a desmoldagem

(9) Abóbada "núbia" no Egipto do arquiteto Hassan Fathy

(10) Friso egípcio com a ilustração das diversas fases de preparação e aparelhagem dos adobes. Os primeiros túmulos egípcios (mastabas) eram construídos em adobe. Apenas mais tarde começaram a ser revestidos por pedras (Houben & Guillaud, 2006)

9 O molde para fazer adobes terá sido inventado na Suméria, aproximadamente no ano de 4.000 a.C. (Lafuente, Villalobos, & Castelblanco, 2014). Inicialmente, os moldes eram em madeira. Hoje em dia, podem ser metálicos, plásticos, mistos (de madeira e revestidos apenas parcialmente por folhas metálicas.), etc. Igualmente as formas dos moldes podem ser variadas, assim como a opção de poderem ser para um ou vários adobes (Rotondaro, 2011).

10 Em Portugal as construções em adobe situam-se sobretudo na Beira Litoral e Estremadura (entre Alcobaça e Espinho), nos vales dos rios Mondego, Tejo e Sado e apenas em paredes interiores no vale do rio Guadiana e no Barlavento Algarvio (Fernandes, 2006). As construções em adobe na região com *terras de areia*, localizada entre a Gafanha (Aveiro), a Bairrada e o Baixo Mondego (Coimbra), denominam-se por casa Gandaresas e possuem, geralmente, um minucioso detalhe construtivo. É de destacar ainda que a arquitetura portuguesa em adobe é, na sua maioria, rebocada (Fernandes, 2005).

11 Vitrúvio (2006, p.75), por sua vez, não aconselha terras ricas em areia para produzir adobes: [...] *não deverão ser elaborados a partir de barro arenoso, que tenha pedras ou areia grossa, porque, se forem produzidos a partir destas variedades, resultarão, logo de início, pesados, e depois, quando nas paredes forem regados pelas chuvas, desfazer-se-ão e dissolver-se-ão, além de que a palha não encontrará neles adesão, por causa da sua aspereza. Deverão, em contrapartida, ser confecionadas a partir de terra esbranquiçada abundante em argila, de terra vermelha ou ainda de vigoroso saibro. Com efeito, estas variedades apresentam consistência devido à sua textura leve, não são pesadas na obra e argamassam-se facilmente.*



(11)



(12)

(11) Método tradicional chileno para misturar a massa de terra, água e palha. Fotografia do atelier Surtierra, projeto de restauração da capela "La Vicuña", Quinta Região do Chile, 2016

(12) Utilização de maquinaria para a mistura da massa de terra, água e esterco de cavalo. Produção de adobes do atelier Baixo Impacto Arquitetura, Florianópolis, Brasil, 2016

A arquitetura em adobe encontra-se espalhada pelo mundo[12], da China às regiões do Médio Oriente, da África à América Latina e no sudoeste dos Estados Unidos.

Inovações

Nos nossos dias, continua-se a produzir ainda em muitos países os adobes de modo não muito diferente daquele utilizado já pelos povos ancestrais e, nem sempre, em contextos de pobreza ou desenvolvimento. Talvez isto se deva à simplicidade desta técnica, não apenas em termos da sua produção, mas também no aparelhamento dos próprios adobes. Em contextos onde o tempo de produção dos adobes não é muito importante, a técnica tradicional não apresenta qualquer desvantagem em relação à sua versão mecanizada. Deste modo, pode-se afirmar que a grande desvantagem da produção artesanal de adobes é o fato de ser bastante demorada – segundo um estudo realizado por Guillaud (1989, cit. por Rotondaro, 2011) e Rotondaro et al (2009, cit. por Rotondaro, 2011), em escala familiar ou em grupos pequenos, a produção diária de adobes varia entre 150 a 500 adobes, que ainda necessitam geralmente de uma semana para secarem antes de puderem ser empilhados. Já uma produção semi-mecanizada e mecanizada aumenta exponencialmente estes números, passado a produção a 2500 a 20000 adobes diários. A mecanização dos processos de fabrico de adobe observa-se, entre outras, nas seguintes medidas:

1. Introdução de máquinas para misturar a massa de terra, água e fibras vegetais (*fig. 12*). Este processo, quando executado manualmente, é bastante demorado e cansativo a nível físico. Por exemplo no Chile, antes do surgimento de máquinas, os homens procuraram meios de facilitar esta etapa, utilizando a força animal através das pisadas de um cavalo (*fig. 11*).

2. Utilização de máquinas que mecanizam o processo de moldagem (*fig. 13*). A produção diária que estas máquinas podem atingir é extrema, que anda à volta dos

12 Há evidências que o adobe era bastante utilizado em cidades como Catal Hüyük, com 8.000 anos de idade, na Turquia; Ganj-Dareh, no Irão, por volta de 7.000 a.C.; em Uruk, a cidade dos sumérios; no povoado de Jarmo, no Iraque; nos celeiros de Ramsés II, no sul do Egito; e pelo povo Pan-p'o do ano de 4.000 a.C. na China (Rotondaro, 2011). O adobe era também utilizado pelos Gregos em paredes perimétricas de edifícios militares e templos, geralmente cobertos posteriormente por pedras (Doat et al., 1991). No Novo México, destacam-se pueblos tradicionais como Taos e Acoma City, originalmente edificados em adobe (Correia, 2006).



(13)



(14)

20000 adobes diários (Rotondaro, 2011). O que limita estas produções é, acima de tudo, o espaço disponível pela empresa – antes dos adobes serem empilhados, estes precisam de permanecer no local durante alguns dias para secarem, tal como os produzidos artesanalmente. Foi sobretudo o reaparecimento do adobe nos Estados Unidos no início do século XX que introduziu o emprego destas máquinas que, nas palavras de Guillaud (1993, p. 40), são *verdadeiras poedeiras de adobe*.

3. Novos modos de aparelhamento. Esta inovação não diz respeito à produção dos adobes, mas à sua aplicação. O arquiteto alemão Franz Volhard tem vindo a utilizar um método no qual existe uma estrutura de suporte de madeira, encerrada já por um lado através de painéis, e que assim forma uma espécie de estante que será preenchida com adobes, que podem ser rebocados tradicionalmente ou, então, podem seguir-se ainda outras camadas de painéis isolantes, de gesso cartonado, etc. Este método torna a técnica bastante "limpa" (*fig. 14*).

(13) Fabrico industrializado de adobes, 1980, Novo México, Estados Unidos. A massa da terra é colocada num depósito em cima do trator adaptado que, em deslocamento, vai enchendo e desmoldando os moldes montados numa roda

(14) Parede constituída por painéis preenchidos com adobes, projeto "Atelier (D)", 1996, Arquitetos Schauer + Volhard, Darmstadt - Alemanha

1.2.1.5. BTC (Blocos de terra comprimida)

Em que consiste

A técnica do BTC apresenta semelhanças com os blocos apiloados[13] a nível do processo de fabricação, pois estes produzem-se através da compactação de terra húmida dentro de um molde, como se pode observar na *figura 15*. Os blocos prensados, ou blocos de terra comprimida (BTC) mantêm o mesmo princípio – a terra seca é comprimida. No entanto, em vez de ser compactada manualmente com um pequeno maço, esta é apertada à pressão com máquinas[14].

13 Cointeraux, arquiteto e construtor Francês que procurou racionalizar a construção em terra nos finais do século XVIII e inícios do século XIX (ler mais na pág.), apresentou o "nouveau Pisé" como evolução da técnica tradicional da taipa, que no fundo consiste na compactação de terra nos mesmos moldes utilizados para o fabrico de adobe. Geralmente, a sequência era maior, ou seja, um molde possuía à volta de 12 orifícios em vez dos tradicionais 2 do adobe tradicional (Kiefer, 2004). Apesar da aparente inovação, já se observava esta técnica no Reino Unido e no Índico (Fernandes, 2006).

14 A versão mecanizada dos BTCs pode ser confundida com a técnica de terra extrudida, na qual os tijolos são produzidos mecanicamente através do mesmo princípio de compactação, mas numa maquinaria que foi concebida sobretudo para a produção de tijolos cozidos.



1. Preparo da terra. Consiste em destorroar e peneirar, se necessário, a terra seca.

2. A massa de terra é colocada dentro do molde da prensa;

3. A terra é comprimida manualmente;

4. O bloco é desmoldado e retirado da prensa com cuidado (arestas frágeis);

5. Os BTC podem ser empilhados imediatamente, contudo necessitam de secar durante um determinado período de tempo antes de serem aplicados na construção (é importante fazer um empilhamento que permita o contacto com o ar de cada um dos BTCs);

6. Os BTC são emparelhados com uma argamassa de terra.

(15)

(15) Ilustração das etapas durante a produção de BTC e sua posterior aplicação

História

A primeira prensa Cinva-Ram foi desenvolvida na Colômbia em meados dos anos 50 e constitui um dos primeiros instrumentos técnicos da sociedade industrial que permitiu racionalizar e acelerar a produção de tijolos de terra crua (Dethier, 1993; Fernandes, 2006). Considera-se o BTC como uma tentativa de modernizar o adobe.

Inovações

Esta técnica difundiu-se pelo mundo em larga escala e hoje, a pequena prensa foi ultrapassada por uma nova geração de compressoras mais competitivas: manuais ou mecânicas, hidráulicas ou de compressão estática (Guillaud, 1993). Assim, hoje em dia o processo pode ser praticamente todo mecanizado e automatizado: existem complexas unidades de produção industrial que englobam pulverizadores de solo, peneiradores, misturadores mecânicos, doseadores e prensas automatizadas[15] (*fig. 16*). O dimensionamento da maquinaria está relacionado com a dimensão, produtividade e custo do empreendimento (Neves & Milan, 2011). Existem unidades industriais capazes de fabricar 50 000 blocos por dia[16] (Gauzin-Müller, 2015). Por fim, pode-se afirmar que os BTC conquistaram o mercado internacional pela sua simplicidade e leveza, constituindo uma das técnicas em terra crua que talvez mais se adaptou à lógica do mercado de construção atual[17]. Depois de vários aperfeiçoamentos, a técnica passou a ser muito utilizada em programas de habitação económica na África e na

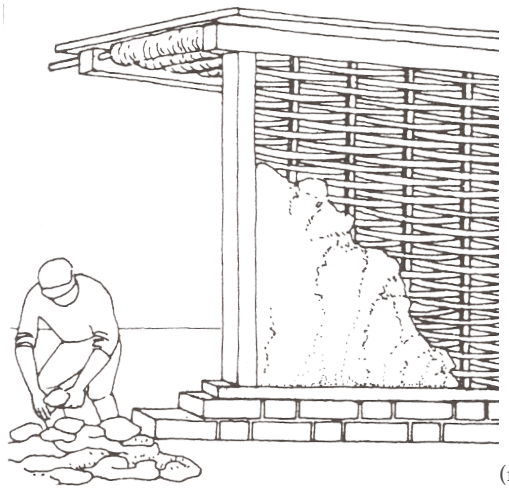
15 A empresa *Terracrua* (*fig. 16*), localizada no Algarve, descreve o seu processo de fabrico de BTCs: [...] *a matéria-prima – constituída por argila, silte e areia – é primeiro tratada num pulverizador que uniformiza a granulometria e retira impurezas da mistura. Este material é transportado por passadeiras para um contentor que fornece uma misturadora com as quantidades adequadas de terra e de estabilizadores* [...]. *Na misturadora é adicionada uma percentagem de água, adequada à quantidade de terra (matéria-prima) e material estabilizador. Esta mistura é finalmente transportada, também através duma passadeira, para a máquina compactadora. Toda a produção é programada, podendo-se produzir cerca de 2500 blocos por cada dia de trabalho, sendo necessário dois homens para operar os sistemas. Os blocos, após compactação, são empilhados em paletes e resguardados por plástico, a fim de curarem por um período mínimo de quinze dias. No final deste período os blocos ficam suficientemente resistentes para serem armazenados ao ar livre sem qualquer tipo de protecção* (Quintino, 2005, pp. 53-54).

16 A produção industrial do BTC consegue superar consideravelmente a primeira prensa manual CINVA-RAM do engenheiro colombiano Raul Ramirez, que apenas produzia entre 300 a 800 tijolos diários (Gauzin-Müller, 2015).

17 As vantagens em relação ao adobe prendem-se sobretudo com a sua adaptação ao mercado de construção atual. Um ponto importante é o fato dos BTCs poderem ser imediatamente empilhados e não necessitarem do processo de secagem em terreno estendido como os adobes. Deste modo, a produção pode atingir os seus limites máximos sem ter a condicionante do espaço disponível. Outro fator é que os tijolos saem mais regulares e podem formar-se blocos com formas especiais, com furos, sistemas de encaixe, etc. Doat et. al (1991) referem também a presença de uma maior resistência à compressão nos BTCs em relação aos adobes.



(16)



(17)

América Latina (Gauzin-Müller, 2015) sendo, hoje em dia, utilizada um pouco por todo o mundo. Na Europa, esta técnica é desenvolvida sobretudo na Bélgica, França e Alemanha (Fernandes, 2006).

(16) Fábrica e produção de BTC "Terracrua", Carrapateira, Aljezur

(17) Ilustração da técnica de tabique

1.2.2. Enchimento de uma Estrutura de Suporte

Esta família inclui todas as técnicas construtivas em que a terra é utilizada como material de enchimento ou revestimento de outras estruturas. Essas estruturas de suporte tradicionalmente são de madeira ou de outros materiais de origem vegetal como canas, bambu ou outras (Fernandes, 2006). Hoje em dia, a estrutura de suporte pode ser também construída de materiais inorgânicos, como por exemplo o metal.

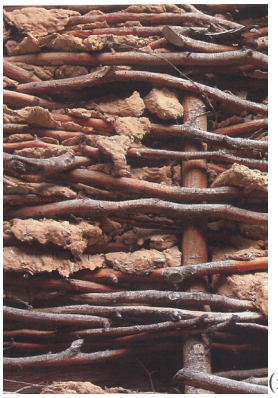
1.2.2.1. Tabique (Técnica Mista)

Em que consiste

No diagrama apresentado pelo CRAterre, os autores, dentro da técnica vulgarmente denominada por tabique[18], distinguem entre terras de recobrimento e sobre engradado[19]. A diferença está no fato de na primeira, a massa plástica de terra funcionar como revestimento de uma estrutura de suporte, unida por entramados reticulados, enquanto que na segunda acumula-se ainda a função de enchimento de uma estrutura ou malha (Fernandes, 2006). Antes de aplicar a terra, é então necessária a construção prévia de toda a estrutura do edifício (*fig. 17*). É também comum que a cobertura seja construída previamente, pois servirá de proteção à chuva durante o tempo de construção das paredes de terra vulneráveis.

18 Em França, o tabique recebeu o nome de *torchis*; em Portugal de *taipa de fasquio* ou de *rodízio*; na Inglaterra de *Wattle and Daub*; no Brasil de *pau-a-pique* ou *taipa de mão* / *sopapo* ou apenas de *taipa*; na Argentina e no Chile de *quincha*; no Uruguay de *fajina* e na Colômbia e no Equador de *bahareque*. Vulgarmente, esta técnica é denominada de *tabique* (Correia, 2006; Fernandes, 2006).

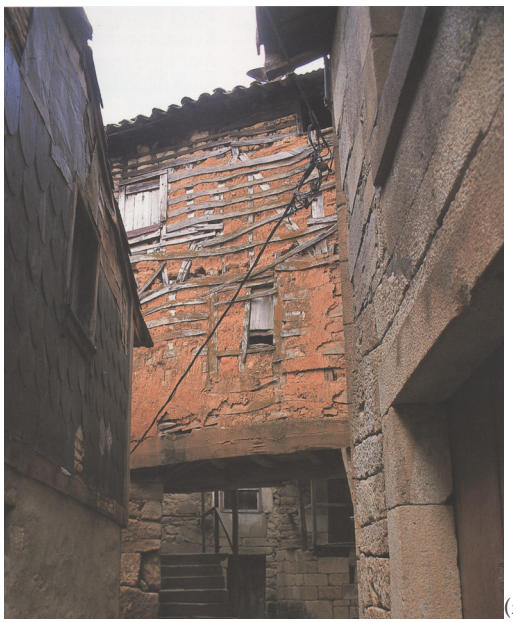
19 Neste trabalho não será feita a distinção entre as terras de recobrimento e sobre engradado, sendo ambas designadas apenas por tabique ou pau-a-pique quando aplicada ao contexto brasileiro. O PROTERRA propõe a denominação geral do sistema como *técnica mista*.



(18)



(19)



(20)

(18) Detalhe de parede em tabique do *Open Air Museum* em Szentendre, Hungria

(19) *Fachwerkhaus* em tabique, Marburg, Alemanha

(20) Tabique em paredes exteriores, Salzedas, Tarouca

História

O fato da cobertura poder ser construída antes do preenchimento das paredes, é um dos motivos pelos quais a técnica de tabique expandiu-se bastante em países da Europa Central e do Norte[20], onde o clima é, em geral, chuvoso (*fig. 19*). Outro motivo é, certamente, a abundância de madeira que se verifica nestas regiões. No entanto, está também bastante presente em países Africanos e da América Latina, por um lado por ser uma técnica bastante simples - tal como o arquiteto brasileiro Cydno Silveira[21] sugere, a *técnica surgiu da realidade do homem desamparado que, na sua miséria, teve que construir o próprio abrigo para resolver seu problema de moradia, usando o seu conhecimento e suas mãos como ferramenta* (Silveira & Gama, s.d., p. 75). Esta simplicidade pode justificar também o porquê do tabique ser uma das técnicas de construção mais antigas do mundo. A ideia de cobrir uma estrutura armada de madeira ou canas com terra é quase intuitiva, não são necessários conhecimentos eruditos de construção. Por isso surgiu logo com as primeiras Civilizações no Próximo Oriente: já nos primeiros assentamentos humanos no delta do Nilo, datadas do milénio 5 a.C., uma das formas de construir o habitat era através de varas de junco e de ramagens, revestidas posteriormente por argila (Houben & Guillaud, 2006). Também em Portugal esta técnica faz parte da arquitetura vernacular de algumas regiões: observa-se o seu uso principalmente nas regiões do Norte de Portugal. Nestas zonas, geralmente predomina a alvenaria de granito ou xisto no piso térreo, sendo o tabique principalmente usado nas paredes do primeiro piso (Fernandes, 2006), tal como se observa na *figura 20*. Neste sentido, o tabique constitui provavelmente uma das técnicas tradicionais em terra mais universais, observando-se o seu uso em climas variados, desde regiões com temperaturas elevadas até às mais frias .

20 O tabique foi aperfeiçoado pelas culturas neolíticas do Danúbio desde os assentamentos mais antigos da Europa, datados do VI milénio (Houben & Guillaud, 2006). Mais tarde, estendeu-se até às regiões arborizadas de toda a Europa Central.

21 Cydno da Silveira, nascido em 1940 no Rio de Janeiro, colaborador de Oscar Niemeyer durante vários anos, realizou numerosas experiências em pau-a-pique para habitações de baixo custo em Itamaracá (Pernambuco, Brasil) em finais dos anos 70, e tem desenvolvido vários projetos contemporâneos com recurso a esta técnica construtiva. Atualmente constitui uma das grandes referências no que respeita a retoma da técnica do tabique no Brasil.



(21)



(22)

(21) Construção da casa de Dona Maria, Maceió - AL - Brasil

(22) Casa rural em Cáceres, MT - Brasil

A simplicidade da técnica constitui uma das suas maiores vantagens mas, ao mesmo tempo, origina um certo desprezo pela mesma. Houben & Guillaud (2006) associam o uso da técnica do tabique a períodos obscuros, referindo a sua retoma na península grega após as invasões dóricas (1100-700) ou durante a própria Idade Média. Já Vitrúvio (2006, p. 90) afirmava: *no que diz respeito às paredes de grades de caniços, por sua vez, gostaria sinceramente que elas não tivessem sido inventadas,* apesar de reconhecer vantagem na sua rapidez de execução. Argumenta que as paredes *ficam sujeitas a maiores e não raras calamidades, porque estão prontas para incêndios, como se fossem tochas* e *que nestas paredes se originam fendas nos trabalhos de revestimento devido ao alinhamento dos caniços verticais e transversais* que, *ao serem revestidos, recebendo humidade, incham e, secando posteriormente, contraem-se; desse modo enfraquecidos, quebram a solidez dos revestimentos*. No entanto, tem consciência que é possível evitar estes defeitos, fornecendo até indicações para evitá-los: *assente-se o muro de base até uma altura que não permita o contacto directo com a camada de assentamento e com o pavimento,* pois os caniços enterrados diretamente no pavimento *acabarão por apodrecer com o tempo e depois inclinar-se-ão, cedendo, e farão quebrar a superfície exterior dos revestimentos*. De certa forma, é um estigma negativo sem razão de ser, que apenas se fundamenta em casos de má qualidade construtiva. É interessante observar que até hoje em dia estes estigmas negativos injustificados permanecem, e afetam não apenas o tabique, mas provavelmente todas as técnicas de construção em terra crua. A razão pela sua desaprovação muitas vezes é outra, associada a fatores sociais.

Assim, principalmente em países onde a técnica foi empregue por necessidade e falta de opção, como no Brasil[22], esta ainda é associada à precariedade. Ao observar as fotografias de exemplos de casas em pau-a-pique no Brasil, observamos realmente uma superfície com bastantes frestas abertas (*fig. 22*). No entanto, as frestas acontecem naturalmente devido aos efeitos da retração da massa de terra, em geral bastante argilosa. É necessário aplicar, no mínimo, uma segunda camada de terra

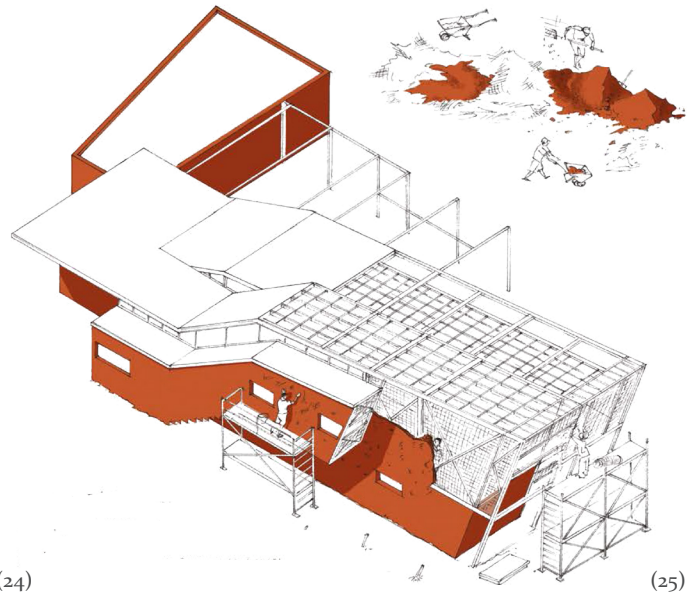
22 No Brasil, o pau-a-pique constituía uma das principais técnicas construtivas da população nordestina que, na sua maioria, era muito pobre.



(23)



(24)



(25)



(26)

(23) Painéis metálicos produzidos propositadamente para receber a massa de terra e palha. Casa Bioclimática, Surtierra Arquitectura, Peñalolén, visitada em obra em Maio de 2016

(24) Detalhe da soldagem dos painéis de malha metálica com a estrutura metálica. Casa Bioclimática, Surtierra Arquitectura, Peñalolén, visitada em obra em Maio de 2016

(25) Ilustração do processo construtivo da Casa Munita Gonzalez, 2011, Arias Arquitectos + Surtierra Arquitectura

(26) Detalhe do painel metálico colocado no sistema construtivo da parede. Casa do Arquiteto Patricio Arias, Surtierra Arquitectura, Peñalolén, visitada em obra em Maio de 2016

(mais arenosa) para tornar a superfície lisa e evitar a entrada de bichos que possam danificar a estrutura de madeira[23]. As frestas até podem ser consideradas positivas até certo ponto, pois permitem uma melhor adesão do reboco à primeira camada. O que acontecia nas casas precárias é que, na sua maioria, não eram rebocadas, deixando exposta apenas a primeira camada com frestas. É discutível se as populações não tinham conhecimento desta necessidade ou se simplesmente eram pobres ao ponto de não terem dinheiro (= tempo) para executá-la. Acredito que se tratava sobretudo de uma questão de falta de recursos e tempo, pois estas populações dominavam a técnica ao ponto de saberem controlar a retração (até certo nível) com a adição de palha ou outras fibras vegetais à mistura de terra e água e de terem o simples cuidado de molhar a estrutura de madeira antes de aplicar a massa de terra, para que esta não absorvesse bruscamente toda a água contida na terra.

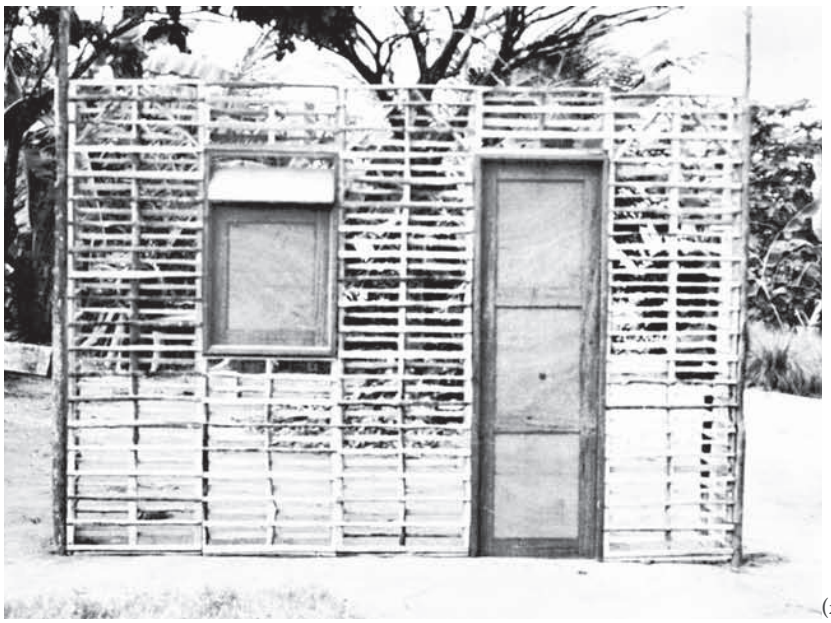
Estes conhecimentos provêm certamente da experiência de construção com a técnica e com a passagem de conhecimento com a tradição. Além destas inovações, registam-se outras que foram surgindo com o tempo, apresentadas em seguida.

Inovações

1. Afastamento da base da casa do solo e impermeabilização junto à estrutura de madeira (por exemplo, através de asfalto). Esta foi também uma das primeiras inovações realizadas à técnica de tabique, cuja estrutura de madeira, numa primeira fase, assentava diretamente no solo, causando uma natural deterioração da mesma através da subida de humidade por capilaridade;

2. Utilização de máquinas para misturar a massa de terra, fibra vegetal e água; como já foi mencionado anteriormente, estas máquinas conseguem poupar tempo e esforço físico que esta etapa requer na sua versão artesanal, na qual a terra é pisada com os pés à medida que se vai adicionando água e fibra vegetal.

23 Lafuente et al. (2014) propõem que as canas da estrutura de suporte, antes de serem montadas, devem ser mergulhadas em petróleo para protegê-las de insetos.



(27)



(28)

3. Estrutura de suporte metálica (*guincha metálica*). O arquiteto chileno Marcelo Cortés inventou esta nova adaptação do tabique, que consiste em usar uma estrutura metálica em vez da tradicional em madeira, cana ou bambu. À estrutura metálica, é soldada uma malha dupla, afastada entre si de acordo com a espessura de parede pretendida e fortificada a aproximadamente cada 100 cm por tensores horizontais, como se observa nas *figuras 23* e *24* (Lafuente et al., 2014). Este sistema forma assim um painel que apenas necessita de ser preenchido com a massa plástica de terra e fibra vegetal, como acontece no tabique tradicional (*fig. 26*). Antes dos painéis serem enchidos, a malha ainda é coberta por um banho asfáltico para impedir a oxidação. A grande vantagem neste sistema é a rapidez de execução em comparação com a demorada carpintaria a que a madeira obriga. Além disso, traz a possibilidade de criar estruturas verdadeiramente arrojadas, pois o material estrutural é o metal e pode ser explorado como em qualquer outra construção metálica contemporânea (*fig. 25*).

A nível de custo, pode ser mais económico ou mais caro, dependendo do contexto de construção – incluindo custos de mão de obra, a necessidade ou não em comprar a madeira necessária à estrutura, etc. Além disso, implica o uso de máquinas de soldagem – definitivamente ultrapassa a técnica simples de tabique, capaz de ser executada por qualquer camponês. Esta técnica ainda se concentra sobretudo no Chile, onde foi inventada, apesar de já ser conhecida e reconhecida internacionalmente.

4. Estrutura de suporte pré-fabricada em formato de painéis, montáveis independentemente, que apenas necessitam de ser preenchidos com a massa plástica de terra e fibra vegetal. Esta inovação foi sobretudo experimentada no Brasil em contexto social, como por exemplo na experiência do Cajueiro Seco de Acácio Gil Borsói em 1963/64 (*fig. 27*). Atualmente, está sendo retomada pelo arquiteto alemão Franz Volhard, conhecido pelas suas obras em terra palha (*figs. 28 - 29*). O tabique, quando faz uso de uma grande percentagem de palha, pode ser inserido dentro desta categoria, que será analisada de seguida.



(29)

(27) Projeto *Cajueiro Seco* de Acácio Gil Borsói, Pernambuco – Brasil, 1963/64. Painél pré-fabricado em madeira para ser preenchido através da técnica de tabique

(28) Casa privada em Darmstadt (D), 2012, Arquitetos Schauer + Volhard. Construída com painéis pré-fabricados de madeira, posteriormente preenchidos através da técnica de tabique (fachada) e, no interior, através de adobes em "estante" (ver *fig. 14*)

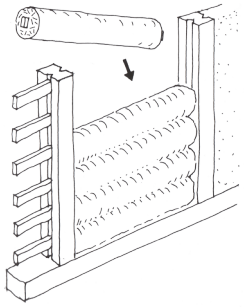
(29) Detalhe do sistema de tabique da casa privada em Darmstadt (D), 2012, Arquitetos Schauer + Volhard



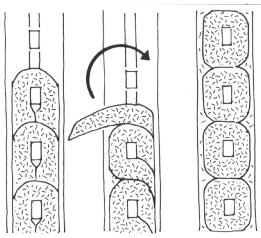
(30)



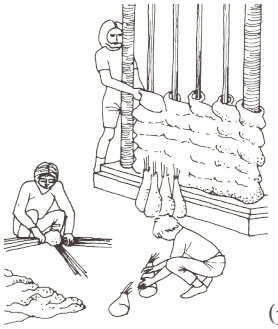
(31)



(32)



(33)



(34)

(30) Compressão manual da terra palha

(31) Construção em *fusée*, Alemanha, aprox. 1922

(32) Esquema construtivo da técnica de *fusée*

(33) Diferentes modos de enrolar a palha na vara de madeira na técnica de *fusée*

(34) Ilustração do CRAterre para a técnica de *bouteille de paille*

1.2.2.2. Terra palha

Em que consiste

A construção em terra-palha não constitui uma técnica construtiva em si, apenas significa uma maior percentagem de palha na mistura de terra aplicada. Deste modo, são apresentadas apenas as técnicas que mais se distinguem das suas versões originais.

Terra palha cofrada

O princípio da técnica de terra palha cofrada é semelhante ao da taipa, com a grande diferença de se tratar de uma massa de terra plástica, com uma grande quantidade de palha. Não é necessário o grau de compactação que a taipa exige, no caso da terra-palha a massa é mais moldada do que compactada, sendo suficiente executar uma ligeira pressão para que esta se distribua dentro da cofragem (*fig. 30*). Geralmente as cofragens são mais simples do que aquelas utilizadas na taipa.

Fusée

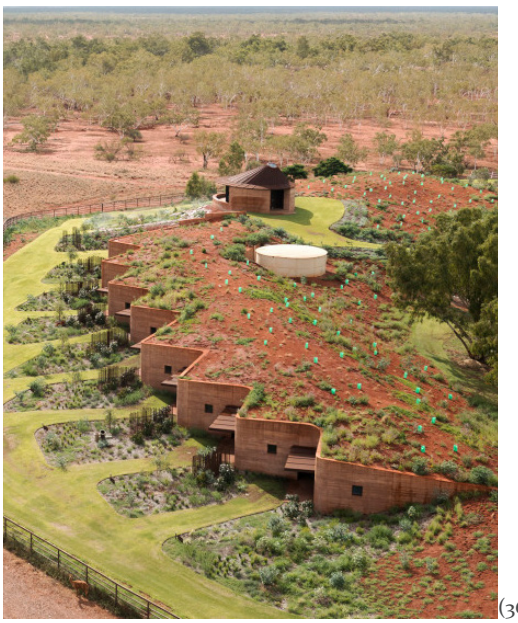
O *fusée* é, de certa forma, uma variação do tabique – numa estrutura de suporte vertical são encaixadas, horizontalmente, varas de madeira que estão cobertas de palha mergulhada em terra. Ou seja, são rolos de terra-palha que se vão sobrepondo uns aos outros horizontalmente e prendendo-se na estrutura de suporte de madeira (*figs. 31, 32 & 33*). Pode ser também utilizada para preencher estruturas de suporte de madeira horizontais, passando a constituir o enchimento de um piso e a funcionar como laje.

Bouteille de paille

De um modo semelhante à técnica do *fusée*, as bouteilles de paille consistem numa "corda" de palha mergulhada em terra mas, ao contrário da primeira, entrelaçada em varas verticais de madeira já fixas numa estrutura de suporte (*fig. 34*). Trata-se também de uma variação do tabique – a diferença principal está na ausência de varas horizontais e na consequente necessidade de agarrar as "cordas" na estrutura de suporte. Na Alemanha encontram-se várias construções que recorrem a esta técnica construtiva (Houben & Guillaud, 2006).



(35)



(36)

(35) Casas subterrâneas em Matmata, Tunísia

(36) *The Great Wall of WA*, Arquiteto Luigi Rosselli, Austrália

Inovações

Um arquiteto que atualmente se dedica ao estudo da técnica de terra palha é o já mencionado Volhard, que tem procurado mecanizar alguns dos seus processos construtivos ao incluir tecnologias adaptadas ao mercado de construção, por exemplo, através da utilização de painéis de suporte pré-fabricados que, em obra, apenas necessitam de ser preenchidos através da técnica de tabique ou adobes (ambos com uma percentagem elevada de palha). Outra método utilizado por Volhard consiste na pulverização de terra líquida sobre a palha já montada em parede, que torna o processo construtivo mais rápido. Também recorre a materiais de terra crua pré-fabricados[24] .

1.2.3. Monolítica

A terceira família compreende técnicas construtivas que, recorrendo à terra crua, formam paredes monolíticas, que podem ser portantes. Geralmente a sua elevação acontece *in situ*, apesar de hoje em dia, em países industrializados, existir já a opção da pré-fabricação. Deste grupo fazem parte 5 técnicas:

1.2.3.1. Terra escavada

Em que consiste

A terra escavada consiste, tal como o nome indica, em escavar e moldar espaços no solo. Fernandes (2006, p. 20) refere que *é uma técnica construtiva em negativo, onde se retira material a depósitos de terras no estado sólido ou seco, construindo ao mesmo tempo espaços no seu interior. Conhecem-se dois tipos – horizontal e vertical – e os casos identificados situam-se em colinas e planaltos de climas quentes e secos, como na China[25], Tunísia, Colômbia e em geral por todo o Mediterrâneo* (*fig.* 35).

24 Uma das empresas que se destaca atuamente no mercado de construção é a *Claytec,* uma empresa alemã que oferece um grande leque de materiais pré-fabricados de terra crua,tal como painéis de isolamento, rebocos em várias tonalidades, adobes, painéis de taipa, bem como a própria terra ensacada e pronta a usar.

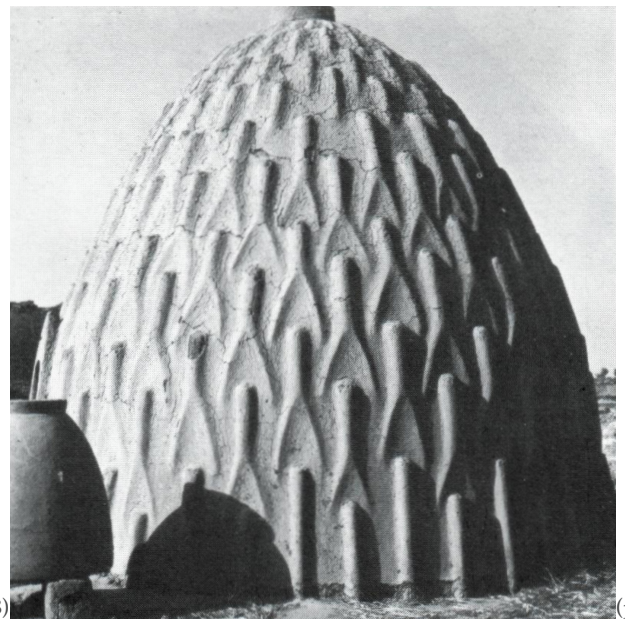
25 Na China, em Henan e Shânxi, no Gansu, existem pelo menos dez milhões de pessoas que moram numa habitação em terra crua escavada (Houben & Guillaud, 2006).



(37)



(38)



(39)

(37) A sensualidade do ato de construir com terra. Colocação da camada de proteção à base de cal nas paredes de terra de uma casa em Saana, Iémen do Norte

(38) Elementos de terra na base das paredes da mesquita de San, no Mali

(39) Habitação rural da etnia Mousgoum, nos Camarões, edificada por modelagem direta da terra crua

História

Sobretudo povos ancestrais ou indígenas utilizaram a técnica da terra escavada. Por exemplo, no sul do Brasil foram realizadas escavações que indicam que algumas tribos indígenas da região sul moravam em habitats subterrâneos, escavados na terra, para se protegerem do frio (Coissi, 2016). Um nome dado a este tipo de construção é Kiva, que segundo Correia (2006, p. 12) *são estruturas subterrâneas, em geral com cobertura de terra, apoiada em troncos de madeira* onde o *acesso vertical ao interior é efectuado pelo seu centr*o. Hoje em dia, muitas vezes é procurada a ilusão de arquiteturas escavadas, no entanto, na maior parte das vezes, estas recorrem a paredes de taipa (*fig. 36*).

1.2.3.2. Terra modelada

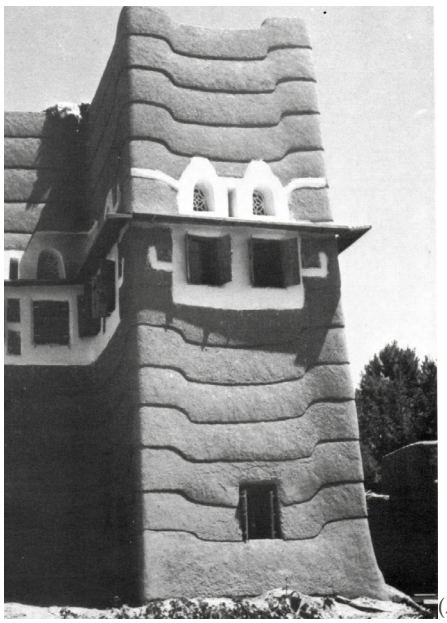
Em que consiste

A técnica da terra modelada consiste na modelação ou no esculpimento da terra no seu estado plástico, formando paredes à fiada. Geralmente, está associada a construções de planta circular. Carateriza-se pela extrema facilidade de execução e pela quase ausência de instrumentos – geralmente, as paredes são moldadas com as próprias mãos. Provavelmente é nesta técnica onde se aplica a sensualidade do ato de construir em terra, tão aludido por Dethier[26] (1982). Também Fernandes (2006, p. 20) destaca que *esta técnica caracteriza-se pela beleza das formas arquitectónicas na sua maioria extremamente decoradas*.

História

Esta técnica é ancestral e comum nas regiões do Equador e por toda a África. Devido ao seu processo construtivo que não necessita de utensílios para além do corpo humano, é sobretudo utilizada em lugares onde ainda não chegou a industrialização.

26 *A modelagem da terra permite uma real diversidade de linguagens plásticas, onde se exprimem os impulsos criativos mais profundos. Em certas etnias da África ou do Oriente-Médio, é através dessa arquitetura escultural em terra crua que desabrocha a volúpia das formas redondas, o erotismo e a sensualidade das formas. A terra elemento mais fecundo de nosso planeta – torna-se aí um símbolo sexual* (Dethier, 1982, p. 8).



(40)



(41)

1.2.3.3. Terra empilhada (*cob*)

Em que consiste

A técnica da terra empilhada[27] consiste na formação de uma parede através do acrescento manual de terra no seu estado plástico, raramente com estabilizadores como palha ou fibras vegetais, sem moldes nem cofragem (Doat et al., 1991). A modelagem geralmente acontece através da formação de pequenas bolas grosseiras com a terra plástica, que sucessivamente são amontoadas e ligeiramente comprimidas em fileiras de pouca altura (4 - 60cm) até atingirem a altura de parede desejada (*fig.41*).

História

Considera-se que esta técnica apareceu no Próximo Oriente há aproximadamente 10 000 anos atrás, altura em que também surgiram o tabique e o adobe. Foi assim utilizada pelos primeiros homens sedentários que começaram a modelar o seu abrigo com terra argilosa, misturada com fibras vegetais. De mencionar são as construções em *cob* na península Arábica e grande parte da arquitetura vernacular africana. Na Europa, esta técnica desenvolveu-se principalmente na Inglaterra e na Escócia, apesar de se encontrar também noutros países europeus, como na França e algumas regiões italianas (Gauzin-Müller, 2015). Hoje em dia, esta técnica é utilizada sobretudo em contextos alternativos.

1. A terra é amassada até atingir o estado plástico (adição de 15 a 30% de água e, geralmente, palha);
2. A massa de terra é empregada diretamente na forma de pequenas bolas moldadas manualmente;
3. As bolas são empilhadas sobre a fundação em camadas que variam entre 50 a 60 cm de altura e pressionadas levemente umas às outras para uma melhor coesão;
4. Cada camada é batida para fechar as fissuras que eventualmente apareceram durante a secagem (geralmente com a duração de 2 semanas);
5. Um passo possível para alisar a parede e torná-la mais direita é retirar os excessos com a ajuda de uma pá e uma tábua apoiada no seu topo (guia);
6. A parede pode ser rebocada.

(40) Casa nobre edificada através da técnica da terra empilhada, Iémene do Norte

(41) Ilustração das etapas necessárias para executar a técnica da terra empilhada

1.2.3.4. Taipa

Em que consiste

A terra prensada ou taipa[28] consiste em comprimir camadas de terra[29] seca (com humidade natural) no interior de uma cofragem, denominada por taipal. Os taipais podem apresentar algumas variações em relação às suas dimensões e/ou sistema.

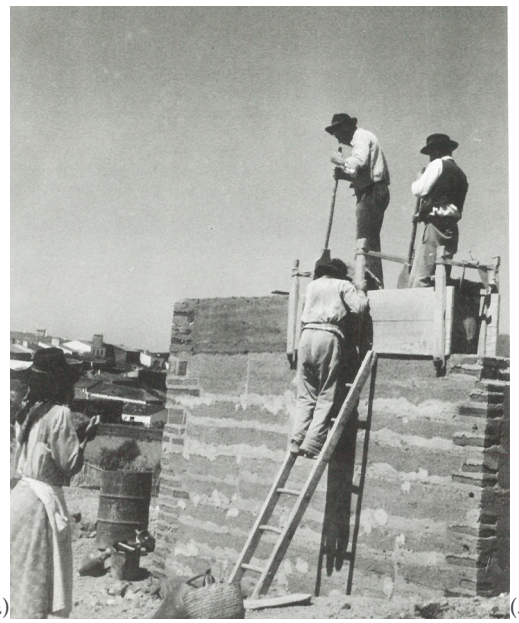
27 A terra empilhada é designada de *bauge* na França e de *cob* no Reino Unido.

28 No Brasil, a taipa é vulgarmente designada de *taipa de pilão*. Nos países anglo-saxónicos, o termo é r*ammed earth*, nos germânicos s*tampflehmbau*, nos francófonos *pisé* e nos espanhóis *tapial* (Fernandes, 2006).

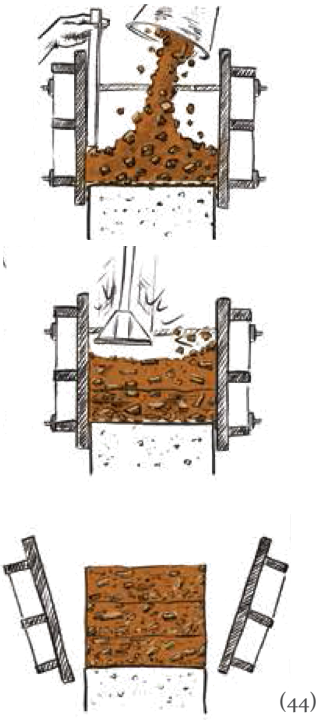
29 Para a taipa, recomenda-se uma terra arenosa, rica em pedras e cascalho e pouco argilosa (Guillaud, 1993).



(42)



(43)



(44)

(42) Cofragem metálica executada pela empresa brasileira *Taipal*

(43) Construção em taipa tradicional alentejana. Compactação da terra em taipais de madeira. Fotografia do Inquérito à Arquitectura Portuguesa (zona 5), Alfundão, Alentejo

(44) Ilustração do princípio construtivo da taipa

Em Portugal, um relato do Inquérito à Arquitectura Popular Portuguesa descreve que *os taipais são moldes constituídos por espessas pranchas desmontáveis, com as dimensões de aproximadamente 2m por 0,50 x 0,45 x 0,50 úteis* (AAP, 1988 [1961], p.34). A compactação é realizada camada por camada através de impulsos provocados por um pilão[30]. Após a compactação, a descofragem é imediata (*fig. 44)*. Na sua versão tradicional, os taipais de madeira vão-se deslocando à medida que avança a construção, ou seja, a parede na verdade é constituída pela junção dos blocos de terra comprimida dentro da cofragem[31] (*fig. 43*). As paredes em taipa executadas com cofragens metálicas procuram essencialmente evitar esta junção de blocos ao torná-los o maior possível (*fig. 42*). O deslocamento dos taipais é um processo demorado e, além do mais, provoca juntas. Em ambos os casos, as paredes resultantes geralmente são massivas e podem ser portantes.

História

Como a técnica da taipa está ligada à cofragem, esta é muito mais recente do que o adobe ou o tabique (Gauzin-Müller, 2015), com provável origem nas margens dos Indo e do Irão Ocidental (Torres, 2005). Vestígios muito antigos foram descobertos na Tunísia (aproximadamente do século IX a.C.), e numerosos sítios arqueológicos testemunham igualmente o seu uso no passado. Tradicionalmente, constrói-se em taipa sobretudo em climas secos e quentes, provavelmente devido à sua caraterística de não necessitar praticamente de água para ser executada, ao contrário das outras técnicas construtivas em terra crua.

Encontram-se construções tradicionais em taipa por todo o mundo, nomeadamente

30 Existem vários tipos de pilões disponíveis no mercado de construção. Tradicionalmente, estes eram de madeira e impulsados manualmente. Hoje em dia, existem pilões metálicos, cujos impulsos são gerados mecanicamente.

31 No Inquérito à Arquitetura Popular Portuguesa são relatadas as etapas de produção de uma parede de taipa: *a massa é batida com <malhos>, e fortemente trabalhada. São desarmados os taipais, para constituírem novo troço, ficando disposto em fiadas horizontais. As espessuras das paredes variam entre as dimensões de 0,45 a 0,70.* (...) *Quatro homens entram na construção, por este sistema. Dois apiloam, um amassa e outro transporta o material até ao local da obra desejado* (AAP, 1988 [1961], p. 34). Quanto à qualidade construtiva da taipa, salientam que *as paredes deste material, quando bem realizadas e rebocadas, são muito duradouras e a sua espessura oferece boas condições de isolamento térmico. A taipa necessita, contudo, de certas precauções na sua execução, sendo uma delas o evitar o contacto com a humidade do solo e o consequente apodrecimento; para isso, constrói-se uma fundação em alvenaria de pedra, que se eleva sempre acima do terreno* (AAP, 1988 [1961], p. 176).



(45)



(46)

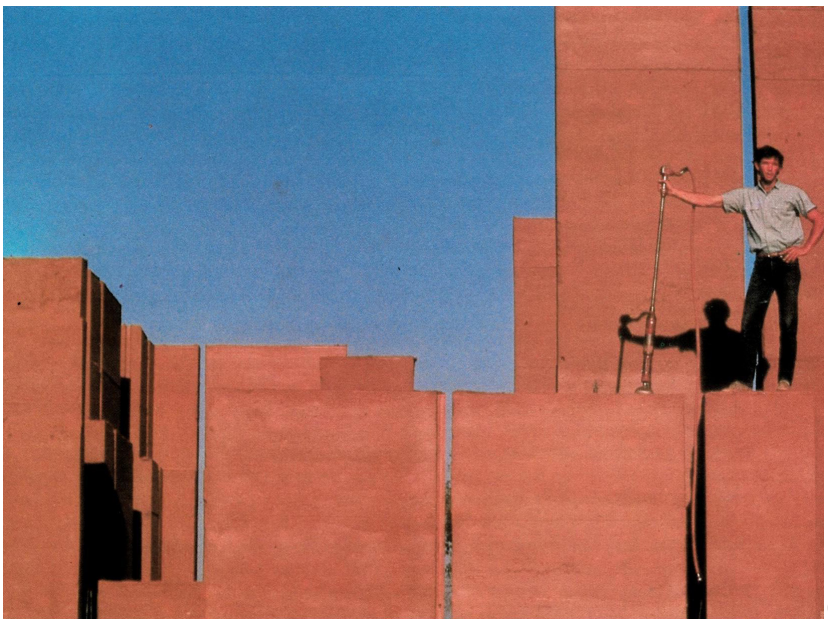
no Oriente (Síria, Afeganistão), África (Marrocos, *fig. 45*), China e por toda a Europa Mediterrânea. Entre estes, destaca-se por um lado Portugal, onde a taipa se encontra sobretudo no Sul[32] em arquiteturas habitacionais, públicas e militares[33]. Mas também em algumas áreas restritas do centro e litoral norte encontram-se algumas edificações em taipa (Fernandes, 2006). A Espanha teve um percurso semelhante ao português no que respeita a presença da taipa. Uma obra que se distingue claramente no território espanhol é o Alhambra, em Granada, edificada por construtores do Norte de África (Dethier, 1993). Foram também estes dois países que, com uma longa tradição de construção em taipa, introduziram esta técnica em vários países do continente americano. Ainda é de destacar a França, onde existe um grande património em taipa na região dos Rhône-Alps e na própria cidade de Lyon (*fig. 46*). Nos séculos XVIII e XIX, a técnica da taipa teve um renascimento que foi motivado sobretudo pela publicação dos livros do arquiteto francês François Cointeraux que, rapidamente, se traduziram e espalharam por vários países, entre outros na Dinamarca, Itália, Alemanha, Austrália e nos Estados Unidos da América (Dethier, 1982; Gauzin-Müller, 2015).

(45) Casas rurais em taipa construídas durante os anos 70 no vale do Dades, nos Ait Oudinar, Marrocos

(46) Bairro operário edificado em taipa segundo os princípios de François Cointeraux, centro de Saint-Siméon-de-Bressieux, Isère, França

32 A construção em taipa é uma tradição que marca a região Sul de Portugal. Os Arquitetos do Inquérito responsáveis pela zona 6 (Algarve, Baixo Alentejo, Bacia do Sado e Alentejo Litoral) salientam que *o tipo de material mais empregado em paredes de elevação na área abrangida pela Zona* [6] *é, a taipa, a qual aparece desde o litoral algarvio até ao vale do Sado*. Este fenómeno pode ser justificado através da *presença de terrenos argilosos e a economia de meios necessária à sua execução* e, além disso, do simples fato de muitas vezes ter constituído o único material construtivo disponível nos lugares onde a madeira e a pedra eram escassas (AAP, 1988 [1961], p. 176). Entende-se também pelos relatos do Inquérito e pela própria observação do património vernacular alentejano e algarvio que geralmente as casas de taipa são térreas, apesar de serem referidos casos de dois pisos no Alentejo. Estas construções em taipa costumam ser revestidas por um reboco de cal, existindo casos onde o reboco encontra-se apenas nas fachadas principais ou nas fachadas que têm aberturas, como por exemplo no Outeiro e em Ferragudo (Correia, 2005). No ressurgimento da técnica nos anos 90, foi sobretudo esta imagem que arquitetos como Alexandre Bastos e Teresa Beirão seguiram. Assim, dos relatos existentes no Inquérito à Arquitetura Portuguesa, compreende-se que os chamados "taipeiros" dominavam a técnica de um modo empírico, através da experiência antiga de aplicação do material, como era por exemplo a eleição da terra e a correção granulométrica. Esta longa tradição de construção em taipa provém, provavelmente, do fato do Sul de Portugal ter sido bastante permeável a continuados contributos culturais com origem no Mediterrâneo Oriental, designadamente fenícios, gregos e púnicos, que traziam consigo os saberes de edificar em taipa já durante a Idade do Ferro (séculos VIII-II a.C.). Também a construção romana começou a empregar largamente a taipa em muralhas no sul do país devido às invasões muçulmanas entre os séculos VIII e XIII (Gomes, 2005).

33 A partir do século VIII d.C. e durante o período islâmico, realizaram-se na Península Ibérica inúmeras fortificações em taipa militar. Destacam-se em Portugal o castelos de Paderne, Alcácer do Sal, Juromenha, Silves, Salir, etc. e, em Espanha, as muralhas de Niebla, Granada, Valência, etc. (Correia, 2006). O que distingue essencialmente a taipa militar da civil são a composição das argamassas (adição de cal e de materiais cerâmicos para maior dureza) e as métricas utilizadas (Bruno, 2005).



(47)



(48)

(47) Paredes em taipa para uma casa na Califórnia com o arquiteto, engenheiro e construtor David Easton, considerado como o principal pioneiro americano da renovação e racionalização da taipa. Fundou a sua empresa de construção *Rammed Earth Works* em 1978, através da qual começa a executar a taipa recorrendo a cofragens metálicas e pilões pneumáticos

(48) Compactação com pilão pneumático em cofragem metálica, executada pela empresa brasileira *Taipal*

Hoje em dia, a taipa faz-se em vários países. A tentativa de modernizar e adaptar tecnicamente a taipa ao século XX e XXI procura sobretudo reduzir os custos da mão-de-obra para tornar esta técnica uma opção válida nos países industrializados (Lafuente et al., 2014). No Sudoeste dos Estados Unidos da América e na Austrália existem já várias empresas que, há muitos anos, executam esta técnica de construção, sendo pioneiros no que respeita à aceitação e à abundância de obras contemporâneas construídas em taipa. Mas também em Portugal, mais precisamente no Alentejo Litoral, a arquitetura em taipa sofreu um renascimento a partir dos anos 90, destacando-se arquitetos como Alexandre Bastos, Teresa Beirão ou Henrique Schreck.

Apesar de todos os esforços de modernização da técnica, pode-se afirmar que hoje em dia a taipa é ainda uma técnica *haute de gamme* nos países industrializados devido à ainda grande intensidade de trabalho e ao elevado custo da mão-de-obra nestes países. Ao mesmo tempo, é provavelmente a técnica que mais se adapta esteticamente à arquitetura contemporânea pela sua materialidade, as suas paredes monolíticas, os seus planos limpos. Talvez seja por isso que constitui a técnica que mais se procurou inovar a fim de adaptá-la à contemporaneidade, onde o tempo é sinónimo de dinheiro.

Inovações

1. Pilões pneumáticos. Em vez da força física do homem, é utilizada a força mecânica. Esta inovação certamente tornou o processo de compactação mais rápido, além de conseguir fornecer um grau de compactação maior e mais uniforme (*fig. 48*).

2. Cofragens metálicas. Estas permitem a produção de blocos de taipa de grandes dimensões que, por si só, já podem constituir paredes independentes. Ou seja, evita-se a junção de blocos que acontece na taipa tradicional pela limitação de dimensão dos próprios taipais (*fig. 43*). Atualmente, as cofragens metálicas são sobretudo executadas no Sudoeste dos Estados Unidos e na Austrália, embora também se verifique espontaneamente em outros países, como por exemplo no Brasil (*Taipal*). Obras executadas com esta técnica geralmente afastam-se da linguagem tradicional da taipa, a arquitetura passa a ser sobretudo de planos: os vãos são tratados como grandes



(49)



(50)

planos envidraçados, ou seja, as paredes permanecem monolíticas e desaparecem os vãos de pequenas dimensões característicos da arquitetura tradicional em taipa.

3. Dispersores antissísmicos. Nos países altamente sísmicos da América Latina, a taipa foi evitada durante muito tempo devido à sua fraca resistência aos impactos horizontais. No entanto, recentemente tem-se retomado esta técnica nestes países, graças a uma inovação de Marcelo Cortés que se comprovou eficaz: dispersores, pequenas lajes de betão armado, introduzidos entre os blocos de taipa (*fig. 49*), que ajudam a propagar o impacto sísmico no sentido horizontal (Lafuente et al., 2014).

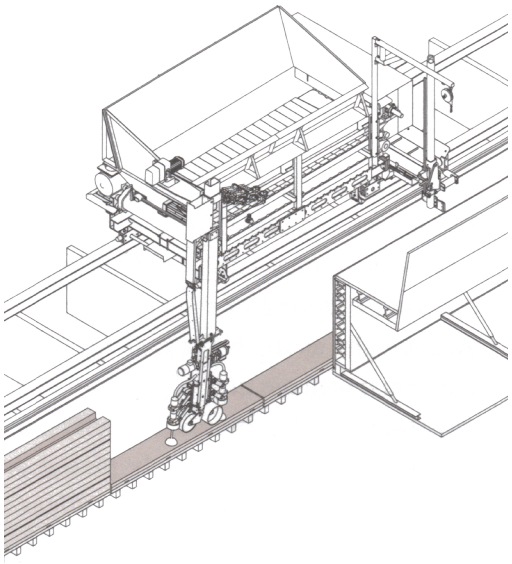
4. Pré-fabricação. Neste campo, são de mencionar dois grandes construtores que, com a pré-fabricação, pretendem facilitar a execução da taipa tradicional: o já referido Cointeraux, na transição do século XVIII para o século XIX e o austríaco Martin Rauch, no século XXI. O primeiro, procura uma independência da produção da taipa em relação às condições meteorológicas e uma simplificação da técnica, que refere encontrar muitas vezes mal executada. A solução que propõe é o *Noveau Pisé*, que são blocos pré-fabricados de terra crua, realizados através da compactação da terra, tal como acontece na taipa (também denominados de blocos apiloados). Naturalmente este processo de construção origina uma técnica que se afasta da parede monolítica, passando a ser uma parede de alvenaria, mas que, apesar de tudo, utiliza os mesmos princípios da taipa tradicional. No século XXI, Martin Rauch aposta novamente na pré-fabricação, por motivos semelhantes. Os prazos de execução de obras cada vez mais apertados, bem como a limitação imposta pelas condições meteorológicas, motivaram o desenvolvimento de elementos em taipa pré-fabricados em oficina, possíveis de serem montados em obra através de um sistema de encaixe, que constitui um dos principais desafios. Como o objetivo é criar uma parede o mais uniforme possível e com o menor número de juntas visíveis, geralmente fabricam-se elementos de grandes dimensões que depois são divididos em várias secções. Tal como se observa na *figura 50*, no processo de montagem em obra as juntas são preenchidas com uma massa de terra, a mesma utilizada para a compactação em fábrica, o que torna as juntas praticamente invisíveis, atribuindo uma aparência monolítica à parede (Sauer, 2015).

(49) Dispersores antissísmicos na Casa Entre Muros, Ecuador, 2008, Arquitectos al bordE, David Barragán e Pascual Gangotena

(50) Processo de eliminação das juntas entre os blocos de taipa pré-fabricados através da aplicação de argamassa de terra. Parede do *Ricola Kräuterzentrum*, 2012, Herzog & De Meuron



(51)



(52)



(53)



(54)

(51) Processo de montagem em obra dos painéis de taipa pré-fabricados. *Ricola Kräuterzentrum*, 2012, Herzog & De Meuron

(52) Máquina desenvolvida pela empresa *Lehm Ton Erde* com a função de distribuir automaticamente a terra nas cofragens e compactar mecanicamente através de um pilão, que igualmente é movido automaticamente. Este processo permite uma espessura de elementos bem menor do que aquela que se observa nas paredes de taipa tradicionais, pois é requerido um espaço mínimo para a pessoa se colocar dentro da cofragem e compactar a terra

(53) Elementos de taipa pré-fabricados com camada de isolamento incorporada, destinados para o Edifício Alnatura na Alemanha (em construção)

(54) *Ricola Kräuterzentrum*, 2012, Herzog & De Meuron

Os primeiros elementos de taipa pré-fabricados pela empresa de Rauch, *Lehm Ton Erde*, surgiram em 1997 e foram empregados para construir uma parede dentro de uma sala de estar (Sauer, 2015). Várias obras[34] foram executadas posteriormente com este método, sendo provavelmente a obra com mais destaque internacional o *Ricola Kräuterzentrum* (2012), um projeto dos Herzog & De Meuron (*figs. 51 & 54*).

Claramente a pré-fabricação representa um novo paradigma na construção em taipa, a nível quantitativo como qualitativo: permite uma racionalização de custos de mão-de-obra e do tempo de execução e, ao mesmo tempo, um maior controlo de qualidade da execução dos elementos, pois processos como a dosagem de terra e água ou a própria compactação passam a estar mais padronizáveis (Barros, 2016). A nível de custos, não é possível generalizar se é ou não mais económico, porque depende de vários fatores, tais como o custo da mão-de-obra local, da quantidade produzida, etc. Assim, uma fábrica a produzir elementos de taipa durante todo o ano[35], com um processo praticamente mecanizado *(fig. 52)*, provavelmente é mais económica do que a fabricação da taipa *in situ*, onde é necessário pagar as elevadas horas da mão-de-obra originadas pela montagem e desmontagem das cofragens e pelo próprio processo de compactação. No entanto, há que considerar também outros custos acrescidos nos elementos pré-fabricados como o transporte dos mesmos, a necessidade de utilizar uma grua, a própria maquinaria de produção, entre outros. Talvez as suas maiores vantagens estejam na adaptação à logística do mercado de construção contemporâneo, onde geralmente se separam a produção e a instalação. Além disso, por tornar a obra independente das condições meteorológicas, fator importante sobretudo nos países chuvosos, torna mais fácil coordenar os tempos previstos para executar a obra e não a restringe temporalmente (Sauer, 2015). Igualmente, evita uma possível abdicação da técnica da taipa por receios de não encontrar empreiteiros com capacidades para

34 A empresa *Lehm Ton Erde* executou com os painéis pré-fabricados obras como o Centro de visitas *Schweizerische Vogelwarte* pelos :mlzd; o King Abdulaziz Center pelos Snøhetta; o edifício de escritórios da empresa Alnatura pelo STUDIO2050; a escola agrágria Mezzana pelos Conte Pianetti Zanetta Architetti; o Centro de formação ambiental pelos Barcelo Baumann Architekten GmbH; assim como também empregou estes painéis de taipa pré-fabricados em contextos de reabilitação, dentro dos quais se destacam o Stall Plazza Pintgia pelos arquitetos M. Gujan + C. Pally e a Wohnung H.

35 Atualmente, ainda se trata de oficinas temporárias que são montadas/adaptadas nas proximidades da obra.



(55)



(56)

executá-la, visto que a montagem dos elementos pré-fabricados não requerer mão-de-obra especializada. Inovações dentro dos elementos pré-fabricados prendem-se sobretudo com a inclusão de uma camada de isolamento térmico intermédia, como também à inserção de tubos de aquecimento geotérmico[36] (*fig. 53*).

(55) Parede executada pelos *Caracol Architectures* através da cofragem de terra plástica

(56) Enchimento de uma cofragem com terra plástica

1.2.3.5. Terra plástica

Em que consiste

A terra plástica parte do princípio do betão: dentro de uma cofragem é ejetada uma massa constituída por terra quase líquida, com um elevado teor de água (*fig. 56*). Ao contrário do que acontece na taipa, a terra não é compactada no seu estado seco.

História

A terra plástica foi utilizada em novas construções após a II Guerra Mundial, quando não existiam materiais disponíveis e, durante o século XX, nos Estados Unidos e no Brasil (Fernandes, 2006). É um sistema moderno mas ainda pouco empregue devido aos seus problemas de retração. No entanto, meios de melhorar esta técnica estão a ser investigados[37], com objetivos de reduzir a quantidade de água utilizada e estabilizar a terra de forma a contrariar os efeitos negativos da secagem. Esta técnica provavelmente seria a que mais facilmente se adaptaria aos processos contemporâneos de execução do betão, visto que a maquinaria poderia ser a mesma. Provavelmente também seria uma das mais baratas, visto não implicar elevados tempos de execução.

36 Na construção do edifício administrativo Alnatura na Alemanha recorreu-se a elementos de taipa pré-fabricados com o isolamento térmico e os tubos de aquecimento geotérmicos incorporados. Os elementos de taipa, constituídos por três camadas, foram pré-fabricados em módulos com 3,66 x 1,33m. A camada exterior (35cm), consiste numa mistura de argila, um agregado leve mineral, como por exemplo a areia, juntamente com casca de semente Espelta (contribui para o isolamento térmico), cascalho (travão à erosão) e ainda foi adicionada argamassa de cal hidratada de pedra vulcânica (aumenta a resistência mecânica). A camada interior (15cm), que funciona como isolamento térmico, combina argila expandida ou cascalho de lava com a casca da semente de Espelta. A camada interior (15cm) apresenta a mesma composição da exterior, excluindo a argamassa de cal, desnecessária no interior do edifício (Barros, 2016). As três camadas formam um elemento monolítico, capaz de ser encaixado de um modo análogo aos elementos de taipa simples (fig. 53).

37 Um projeto que estudou minuciosamente a terra plástica em função de melhorá-la através de uma compreensão das propriedades físicas e químicas da terra foi o "Béton d' Argile Environnemental (B.A.E)", iniciado em 2010 e terminado em 2013. Estiveram envolvidos vários órgãos de investigação, entre outros o laboratório da CRAterre, e empresas de construção ativas no setor, onde se destaca a AKTERRE e o CARACOL.



(57)

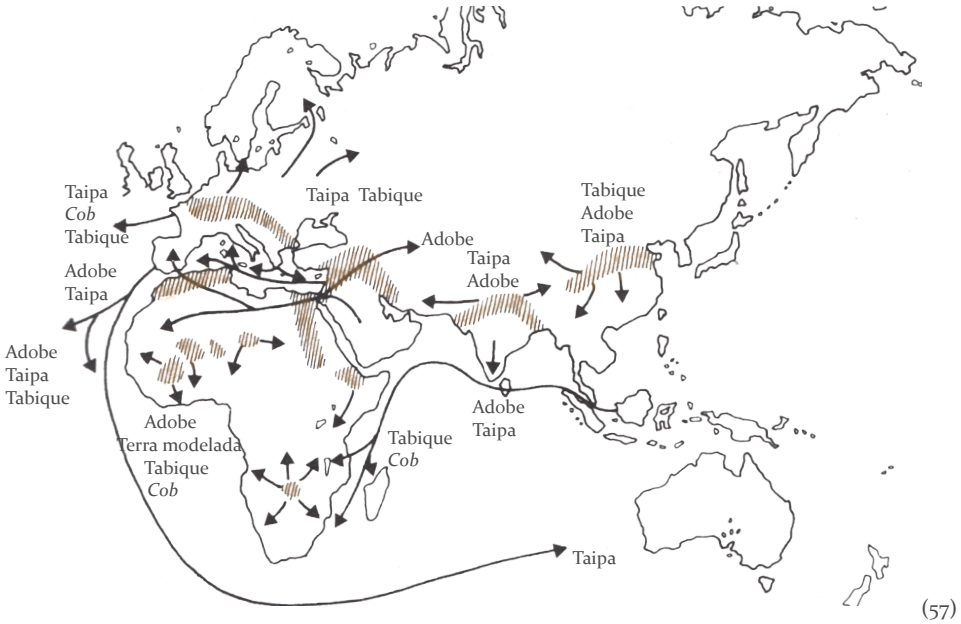
1.3. O porquê das várias técnicas construtivas?

Com a terra crua, material simples e de uma evidência primária (...) os construtores conseguiram edificar, em todo o mundo, arquiteturas de uma extraordinária diversidade de formas, elaborar uma estupenda diversidade de linguagens arquiteturais, exprimindo como eloquência as originalidades culturais dos usuários. Assim, a sabedoria local se transforma em verdadeira sabedoria da terra. Ela se adapta, em múltiplas variações, às condições peculiares do meio social e económico, geográfico e climático.

(Dethier, 1982, p. 33)

Pelo abordado até este ponto, entende-se que existem imensas variações dentro das técnicas construtivas em terra crua. Variações que, tal como Dethier (1982) salienta, dependem sobretudo da tecnologia, tradição e dos meios económicos disponíveis no lugar, ou seja, do contexto sociocultural. Para além deste, ainda existe o contexto geográfico, que não depende dos fatores socioculturais - pelo contrário, este chega até a determiná-los num contexto tradicional ou não-industrializado. Isto porque o fator geográfico inclui não apenas o clima, mas também as próprias características do lugar ao nível da existência de árvores ou canas, da proximidade a rios, fontes, etc., assim como a qualidade da terra disponível no local. Existe a própria ideia de que as técnicas construtivas surgiram em função do tipo de terra existente, embora não se deva esquecer que, independentemente deste fator, os recursos naturais têm que estar disponíveis no lugar de modo a poder concretizá-las [38].

38 Portugal ilustra perfeitamente a ideia de predominância de certas técnicas devido à disponibilidade (ou ausência) de recursos naturais: no Alentejo e no Algarve dominou principalmente a taipa, na Beira Litoral e Estremadura, nos vales dos rios Mondego, Tejo e Sado, o adobe e, nalgumas zonas do Norte arborizado, o tabique. No Inquérito da Arquitetura Popular Portuguesa, primeiramente publicado em 1961, confirma-se esta ideia: os autores do Inquérito apresentaram propositadamente, ao lado dos mapas com materiais/técnicas predominantes, um mapa geológico da mesma zona. Assim, justificam que *nas áreas, de formação mais recentes do cenozóico ou do antropozóico, recorre-se ao emprego de materiais aglutinados, em substituição da pedra que escasseia. Na zona arenosa do pinhal de Leiria, utiliza-se a madeira abundante, e ao sul do Tejo, nas terras fartas de cereais e palha, usa-se, em construções de menor importância, o colmo para coberturas e mesmo paredes* (AAP, 1980 [1961], p. 388). Já do Algarve ao vale do Sado, *a presença de terrenos argilosos e a economia de meios necessária à sua execução podem justificar a frequência com que (a taipa) é utilizada* (AAP, 1988 [1961], p. 176). Ao contrário, no mapa de materiais correntes apresentado para a zona 3 (Beira Alta, Beira Baixa e uma pequena parte montanhosa da Beira Litoral), denota-se que a construção em terra já é escassa, devido à abundância de pedra e madeira.



(57)

(57) Migrações das técnicas construtivas em terra crua. Mapa estabelecido pelo CRAterre

Ou seja, se existir bastante madeira, cana ou bambu, é provável que se opte pelo tabique. Em zonas aluviais, o adobe passa a ser também uma opção pela existência abundante de água. E, em zonas muito secas, sem pedra, madeira ou água, a taipa é provavelmente a técnica que mais sentido faz de ser adaptada porque requer pouco para além da terra, dos taipais e dos pilões. Naturalmente, os motivos que originaram o desenvolvimento de certa técnica construtiva em determinado lugar alteraram com o decorrer da civilização, seja pelas influências ou imposição de práticas construtivas praticadas por invasores e colonizadores, pela industrialização (materiais construtivos à venda mesmo em lugares onde estes não surgem naturalmente) ou pelo simples fato de existir água canalizada. Neste sentido, considera-se que, ao longo da história, o fator sociocultural começou a prevalecer sobre o geográfico no desenvolvimento da arquitetura em terra. Apenas a sismicidade[39] e, até certo ponto, as condições meteorológicas locais[40] continuam a exercer uma certa influência na escolha pela técnica construtiva em terra.

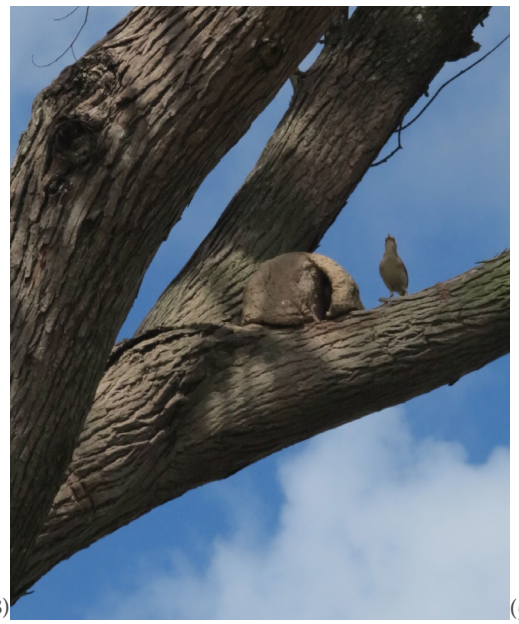
Assim, hoje em dia, considera-se que o arquiteto já não se encontra travado por uma limitação de recursos que quase que pré-definia a técnica construtiva a utilizar em tempos passados. Está-se perante uma certa liberdade na construção, limitada apenas por orçamentos e regulamentos a cumprir. Tendo esta liberdade atual, quais são então os motivos que conduzem os arquitetos contemporâneos a construir com terra?

39 Em países sísmicos, o tabique constitui uma boa opção porque a sua estrutura de suporte oferece resistência ao colapso na ocorrência de um sismo (na sua versão tradicional de madeira, como no caso da guincha metálica). Não obstante, observa-se um grande uso de adobe em zonas sísmicas da América Latina, nomeadamente no Chile, no Peru e na Bolívia, pois foi esta a técnica que mais se vulgarizou com a colonização espanhola. Quando bem executadas, as casas de adobe conseguem resistir igualmente bem aos sismos. Neste sentido, é sobretudo em casos onde não se verifica uma construção cuidada que acontece o colapso de toda a estrutura. Atualmente, está-se a investigar vários métodos para impedir que tal situação ocorra. Uma solução que se tem vindo a aplicar a construções de adobe já existentes consiste na colocação de malhas metálicas ou plásticas sobre a superfície da parede. Estas malhas evitam a caída de adobes e o consequente colapso. Em relação às técnicas monolíticas como a taipa, observa-se uma resistência muito baixa a impactos laterais.

40 O tabique e o adobe (no caso de existir uma estrutura independente) permitem a construção prévia da cobertura, o que torna o momento de construção com terra protegido da chuva. Já no processo construtivo da taipa, dificilmente a cobertura estará montada antes da elevação das paredes, mesmo existindo uma estrutura auxiliar, devido à necessidade de compactação das paredes até ao topo (excluindo, naturalmente, a opção dos painéis pré-fabricados). Este fator não impede a opção pela técnica, pois pode-se construir em períodos secos ou até podem ser construídas tendas que protejam a obra da chuva, no entanto esta opção é dispendiosa e acrescenta um certo custo ao projeto.



(58)



(59)

(58) Ninho de térmitas, África

(59) Ninho do *João-de-barro*, Brasil

De modo a encontrar uma resposta a esta questão, esta dissertação focar-se-á em dois fatores que considero fundamentais para compreender a situação presente na arquitetura em terra. O primeiro será o contexto sociocultural, a história/tradição local que, indubitavelmente, constitui um fator que tem originado certas atitudes e crenças relativas à arquitetura em terra, para além das próprias técnicas construtivas. O segundo será o fator técnico, composto pelo estudo do comportamento da terra enquanto material construtivo, que certamente marca o modo com que este é abordado e também percecionado na nossa sociedade conduzida pelo fundamento científico.

1.4. História da Arquitetura em Terra

As arquitecturas de terra crua são pelo menos tão antigas como as primeiras cidades da humanidade. Desde há milénios que estas tradições se diversificaram largamente e espalharam pelo mundo: em todos os continentes e em todos os climas, dos mais áridos aos mais chuvosos. Em quase todas as civilizações, das mais arcaicas às mais sofisticadas. Tanto em meio rural como em meio urbano. Em numerosas latitudes e longitudes.

(Dethier, 1993, p. 71)

Para iniciar o relato da história, parte-se com o conhecimento de que, hoje em dia, mais de um terço dos habitantes do mundo ainda vive em habitats de terra, dos quais a maioria está localizada em regiões rurais (Houben & Guillaud, 2006) onde, muitas vezes, predomina ainda o saber intuitivo do homem em construir com um material sempre disponível ao seu redor. Um saber intuitivo que também é visível em exemplos de habitats em terra construídos por animais, como o ninho do *João-de-Barro* ou os montes edificados por térmitas (*figs. 58 - 59*). Facilmente se entende que a arquitetura em terra terá surgido logo nos primeiros momentos em que o homem começou a erguer o seu habitat no período neolítico, em plena revolução agrícola.



(60)



(61)

(60) Arco de Ctesifonte, Iraque. Fotografia de 1932

(61) Mastaba em Sacará

O seu aparecimento está associado à sedentarização do homem, ou seja, ao surgimento das primeiras aglomerações urbanas desenvolvidas nas regiões férteis da Mesopotâmia há possivelmente 10 000 atrás. Regiões férteis de terras aluviais, arenosas e argilosas que, juntamente com a palha dos cereais cultivados, forneciam os ingredientes necessários para o primeiro material de construção sólido do homem: o adobe[41] (Houben & Guillaud, 2006). A arquitetura em terra começa então a desenvolver-se juntamente com as civilizações, das quais a Persa, a Egípcia, a Assíria ou a Babilónica constituem exemplo. Aí, a terra era utilizada em edificações de todo o tipo, desde modestas habitações até obras de grandes proporções como, por exemplo, o Arco de Ctesifonte, construído no atual Iraque com adobe, as mastabas em Sacará ou, ainda, a Torre de Babel, que se acredita ter chegado aos 90 metros de altura (*figs.60 & 61*). Estas civilizações remotas edificaram cidades inteiras em terra crua, entre as quais são de destacar Jericó[42], constituída há cerca de 10.000 anos e considerada primeira cidade da história, e Çatal Hüyük (6 600 - 5 600 a.C.) na Turquia[43] (Dethier, 1982; Lafuente et al., 2014).

Com o decorrer do tempo, muitas civilizações urbanas e rurais assimilaram, reinventaram e aperfeiçoaram as técnicas de construção em terra, adaptando-as a diversas condições geográficas, culturas, funções e climas: tanto nas regiões quentes, secas ou semidesérticas, como nos países chuvosos ou nevosos podemos encontrar arquiteturas em terra. Apesar da sua universalidade, apresentam uma enorme diversidade, conseguida através de adaptações técnicas e culturais, assim como às necessidades locais das comunidades (Dethier, 1982). De modo a entender esta universalidade e, ao mesmo tempo, diversidade, apresenta-se, em seguida, uma breve compilação da evolução da arquitetura em terra em cada um dos continentes.

41 O tabique coexistiu juntamente com o adobe, sendo até anterior a este: a forma mais rudimentar do tabique surgiu já nos abrigos semifixos dos homens-caçadores, que utilizavam a terra para cobrir as suas cabanas de ramagens (Houben & Guillaud, 2006).

42 No primitivo povoado de Jericó, os adobes eram aplicados em cabanas circulares (6.800 a.C.) que, mais tarde, evoluíram para habitações em planta retangular (5.500 a.C.). Para além da arquitetura civil, construíam também as muralhas ao redor da cidade em terra crua (Correia, 2006).

43 Harapa e Mohendjo-Daro, no Paquistão, os montes de Tepe Yahya (6.500 a.C.), no atual Irão e Akhet-Aton, no Egito, constituem igualmente exemplos marcantes de cidades edificadas em terra por civilizações remotas. Hoje em dia, restam apenas vestígios arqueológicos destas cidades (Dethier, 1982; Lafuente et al., 2014).



(62)



(63)

(62) *Tulou* na província de Fujian (Sudoeste da China)

(63) Ruínas do Vihara Budista em Paharpur, Bangladesh. O mosteiro budista foi edificado entre os séculos VIII-IX d.C. O santuário central é inteiramente construído em adobe

1.4.1. Ásia

No continente Asiático, a arquitetura em terra estende-se por imensas áreas, que vão desde a Península Arábica, ao Afeganistão, aos Himalaias, à Índia, ao Nepal, à Mongólia, até ao grande território Chinês. Grande parte da Muralha da China, construída entre V - III a.C. e XV - XVII d.C., foi realizada em taipa, sendo algumas das suas partes revestidas a pedra. Para além da muralha, observam-se imensas construções vernaculares em taipa pelo território chinês, da qual a arquitetura dos Hakka é exemplo com os seus conjuntos fortificados de planta circular, os chamados *tulou* (*fig. 62*). Ainda na Ásia, não é de esquecer a Península Arábica, onde se destaca Shibam, no Iémen do Sul, *às vezes chamada de "Manhattan do deserto", porque seus edifícios dão a sensação de uma floresta de arranha-céus*[44], que vão até aos 30m de altura (Dethier, 1982, p. 111) ou Saana, no Iémen do Norte (*figs. 64 - 65*).

A existência do grande património de arquitetura em terra neste continente prende-se certamente com a presença e herança das primeiras grandes Civilizações que aprenderam a dominar este material de construção. Por exemplo, o Irão herdou os conhecimentos construtivos da Civilização Persa, o Iraque da civilização Suméria, ... Mesmo na Civilização Hindu e nos templos budistas usava-se a terra para construir (*fig. 63*). Para além da questão da herança da tradição construtiva em terra, o material certamente constitui uma boa opção num continente que apresenta muitas regiões com características desérticas, o que significa, em muitos casos, a quase ausência de outros materiais que possam constituir uma alternativa.

Apesar da tradição verificada nos países asiáticos, nas grandes metrópoles do século XXI dificilmente se projetam edifícios em terra crua. Arquitetos como o chinês Wang Shu que, através do uso da taipa, procura incluir as tradições construtivas dos lugares na sua arquitetura, constituem a exceção.

44 Os edifícios de vários pisos são construídos em terra empilhada, terra compactada e/ou adobe (Correia, 2006). A tradição urbana iemenita é muito antiga, no entanto, mais de metade dos edifícios foram construídos no século XX, o que evidencia uma certa vitalidade dessa tecnologia e suas possibilidades de adaptação ao urbanismo contemporâneo (Dethier, 1982).







(64) Edifícios de adobe de 5 andares, Sanaa, Iémen do Norte. Elevada pela UNESCO como "Património Cultural da Humanidade" em 1984

(65) A cidade antiga de Shibam. Elevada pela UNESCO como "Património da Humanidade" em 1985. Fotografia de 1980

(66) Parte central da mesquita de Djenée, no Mali (reconstruída por volta de 1905). Fotografia de 1979

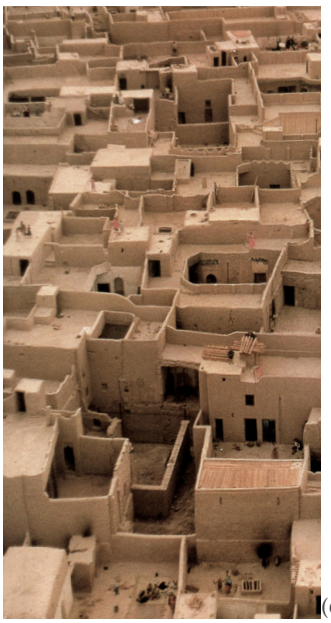
1.4.2. África

A tradição de construir em terra presente nos países asiáticos apresenta uma extensa continuidade no continente africano, que sobretudo no Médio Oriente encontra uma grande expressão através do cruzamento dos vários saberes construtivos. Exemplos constituem cidades como Ghadamés, na Líbia; Kano, na Nigéria; Adrar, na Argélia; Marraquexe e as cidades do vale do Draa em Marrocos; Ualata, na Mauritânia; Tombuctu, no Mali e Agadés, no Níger (Dethier, 1982). Esta continuidade geográfica de tradições ilustra também o fato de como, acima de tudo, as migrações foram responsáveis pela expansão e introdução de diferentes técnicas construtivas em terra crua nas diferentes regiões. Por exemplo, a África Oriental obteve predominantemente influências das populações vindas do Oceano Índico (Melanésios), que dominavam as técnicas de tabique e de terra modelada; e a expansão do adobe, da Núbia até à atual Quénia, deve-se sobretudo às migrações vindas do Reino Cuxe (atual Sudão) e à expansão do Reino de Axum (atual Etiópia) entre III a VIII d.C. (Houben & Guillaud, 2006).

Com o decorrer do tempo, as culturas africanas claramente conseguiram criar as suas próprias tradições de construção em terra crua, tendo sido difundidas pela expansão dos diferentes Reinos (Houben & Guillaud, 2006). Neste ponto, é de mencionar também que a própria difusão do Islão, a partir do século XI, modificou profundamente o aspeto das ancestrais cidades africanas e introduziu a arquitetura das mesquitas, na sua maioria construídas em terra, com as técnicas do lugar[45]. Entre os principais exemplos estão as mesquitas de Djenné ou de Mopti no Mali que, por sua vez, serviram de modelo aos países vizinhos, como o Níger ou Burkina Faso (*fig. 66*).

Deste modo, a arquitetura em terra crua do continente africano apresenta uma enorme variedade e uma sabedoria de construção conseguida com a repetição da tradição. Dethier (1993, p.95) ressalta que é *quase um milagre da história que as populações rurais e urbanas tenham sabido, geração após geração, conservar com vigilância*

45 As técnicas construtivas utilizadas para a edificação de mesquitas geralmente são a terra modelada, o *cob* ou o adobe.



(67)



(68)



(69)

(67) Vista aérea do centro de um *Ksar* (aldeia fortificada), Vale do Draa, Marrocos. Fotografia de 1969

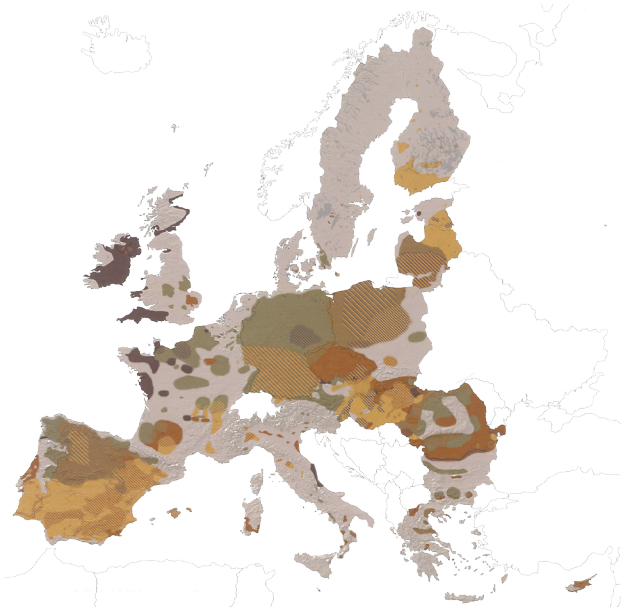
(68) Átrio de cerimónias no palácio de Dansa, Nigéria

(69) Porta de acesso à cidade nova de Timimoun, edificada por volta de 1930, Saara, Argélia

uma admirável tradição milenar, adaptando-a sem cessar às novas necessidades, para fazê-la chegar – viva – até nós. E, contrariamente ao habitual preconceito de uma arquitetura de *cabanas de lama*, encontram-se edificações de topo o tipo e de todas as classes sociais: desde a *habitação mais humilde aos variados celeiros, dos palácios nas margens do Níger às aldeias (ksour) ou os castelinhos (kasbahs) dos vales pré-saarianos do Marrocos erigidos em quatro andares* (Dethier, 1982, p. 111), das habitações fortificadas da etnia Somba de Bénin aos *cases-obus* da etnia Mousgoum da República dos Camarões, das casas urbanas às mesquitas de Mali. Assim, a arquitetura em terra no continente africano vai desde a simples habitação às grandes mansões e castelos e dos monumentos religiosos até às construções defensivas[46] (*figs. 67-69*).

Uma questão importante da arquitetura de terra no continente africano prende-se ainda com a própria sensualidade do ato de construir com este material. Dethier (1993, p.111), relaciona *esta vitalidade, esta seiva criadora (que) irriga as arquitecturas de terra da África* como a razão da continuidade da prática de algumas das tradições, que se prolongaram por vezes até final do século XX. Uma sensualidade *que a ortodoxia modernista Ocidental ainda não conseguiu secar completamente...* Com estas palavras, o autor alude claramente à atitude contemporânea em relação à arquitetura em terra no continente africano, que se começa a sentir a partir de finais do século XX. A terra começa a ser vista como um material de construção do passado, atrasado e sempre relacionado com a pobreza. Em muitas cidades africanas, as pessoas parecem estar à procura de um verdadeiro afastamento da sua realidade de "terceiro mundo", e que acreditam conseguir através da cópia e utilização os materiais do Ocidente, como o tijolo cozido, o betão, o vidro e o ferro. A este respeito, Mullender (1982, p.6) observa que *as sociedades ocidentais, pela colonização ou pelo poder económico que exercem há um século, impuseram modelos culturais que, no domínio do habitat, se ilustram pela utilização do cimento e da folha de flandres. Sacudiram-se as formas mas, também, os modos de viver e as casas, muitas vezes adquiriram um valor de troca, que se soma a seu valor tradicional de uso*.

46 Para além de habitações fortificadas, encontram-se vastas muralhas de defesa urbanas construídas a partir do século XII ao redor de muitas cidades Africanas, como Marrakech, Fès ou Rabat (Dethier, 1982).



(70)

(70) Mapa do património em terra na União Europeia

Esta realidade é bem descrita pelo arquiteto egípcio Hassan Fathy[47] no seu livro "Construindo com o povo. Arquitetura para os pobres", onde relata a sua experiência de construir com terra crua no Egito, em plena época modernista. Igualmente Julius Nyerere (1977, cit. por Dethier, 1982, p. 13), Presidente da República da Tanzânia, destacou: *os habitantes recusam-se agora a construir suas casas com tijolos e telhas. Querem suas coberturas com folha de flandres ondulada e suas paredes com o que chamam de terra europeia, isto é, concreto! Se no futuro queremos progredir, temos de rejeitar essa obsessão que se torna uma paralisia mental.*

1.4.3. Europa

Antes da Europa ter influenciado os países Africanos com os seus materiais industrializados, foram estes que fizeram migrar as suas técnicas de construção em terra crua. Esta migração de conhecimentos aconteceu especialmente nas zonas que fazem parte da Bacia do Mediterrâneo, pois estes estavam diretamente expostos às rotas de comércio e às trocas de culturas. No entanto, não foi apenas com a influência africana ou oriental à qual a Europa deve o seu património de arquitetura em terra. Ela desenvolveu-se com as migrações, mas também independentemente destas, em várias regiões, no norte como no sul, adaptando-se aos climas, terras e culturas locais. Ou seja, a arquitetura vernacular em terra crua não existe apenas nos países mediterrâneos que, pela sua localização geográfica, sempre receberam mais influências dos experientes construtores em terra crua vindos de países africanos e orientais - está igualmente presente na Europa Central e do Norte (*fig. 70*). Em suma, observam-se então vários focos de arquiteturas em terra disseminados pela Europa, oriundos ora por influências de outras culturas, ora pelo seu desenvolvimento autónomo. Ainda é de destacar que as arquiteturas em terra no continente europeu podem ser dispersas e rurais (*fig.71*), mas também urbanas: várias cidades foram construídas com este

47 Hassan Fathy investigou e experimentou a arquitetura em terra não apenas na prática, como também no campo teórico, o que resultou na criação do *Institut Internacional de Recherche sur les Technologies Appropriées* no Cairo (Dethier, 1982).



(71)



(72)

(71) Casa rural construída no princípio do século XX, Isère, França

(72) Edifício urbano, Lyon, França. Fotografia de 1981

material. Exemplos constituem Madinat-Al-Zahra em Espanha, Khirofikia em Creta ou Lyon em França (*fig. 72*).

A terra na Arquitetura Clássica e na Arquitetura Árabe

Na Europa, a arquitetura em terra tomou um rumo distinto daquele que se observou na África ou no Médio Oriente, onde se edificavam obras de todo o tipo em terra crua praticamente até à chegada da industrialização. Observa-se que a terra, na Europa, desde cedo, não foi valorizada enquanto material construtivo nobre, digno para constituir obras de grande importância. Em primeiro lugar, este fato pode dever-se a uma abundância maior em materiais de construção alternativos, como a pedra ou a madeira. Em segundo lugar, acreditamos que se deve fortemente aos ideais classicistas, que certamente não viam na terra um material superior – a pedra era o material que dominava na arquitetura erudita. No entanto, os Gregos e os Romanos edificavam igualmente com terra embora, como destacado, não pareça que tenha sido o seu material de eleição[48]. Nem os templos gregos, nem o Panteão, nem o Coliseu de Roma e muitas outras obras foram construídas em terra crua. Apesar de Vitrúvio (2006, p.90) referir no seu "Tratado de Arquitetura" técnicas de construção em terra, mostra-se bastante crítico em relação à qualidade construtiva do tabique: *no que diz respeito às paredes de grades de caniços, por sua vez, gostaria sinceramente que elas não tivessem sido inventadas*, indicando que apenas em situações de urgência estas deveriam ser usadas. Em relação ao tijolo de terra crua, Vitrúvio parece não ter tantos estigmas, relatando o seu processo de fabrico e que cuidados a ter no seu processo de secagem.

48 Vitrúvio (2006, p.85-86) faz algumas referências do uso de adobe na arquitetura greco-romana: (...) *logo em primeiro lugar, em Atenas, a muralha que olha para os montes Himeto e Pentélico; do mesmo modo em Patras, as celas de tijolo no templo de Júpiter e de Hércules, embora os epistílios sejam de pedra; na Itália, em Arécio, uma muralha antiga egregiamente levantada. Em Trales, a residência construída para os reis Atálidas* (...). É ainda de acrescentar a este relato que no final do século III a.C., em Atenas, aos pés da Acrópole, a cidade estendeu-se em bairros densos de habitações construídas em adobe, e que também em Roma observou-se uma evolução das cabanas de madeira cobertas de terra para habitações retangulares com paredes de adobe. Além disso, sabe-se também que o adobe era também utilizado nos primeiros edifícios sagrados e públicos da República Romana (IV e III a.C.), mas que rapidamente foi substituído pelo tufo e pelo mármore. Deste modo, o adobe permaneceu apenas como o material de construção das casas humildes de Roma (Houben & Guillaud, 2006). Em Portugal, existem evidências do uso da terra durante a romanização, no entanto não são massivas - Gomes (2005, p.130) refere que, *apesar da forte construção em terra, registada nos tempos pré-romanos, as muitas escavações efetuadas em sítios pertencentes ao período correspondente à colonização romana do nosso território não oferecem testemunhos claros de edificação com taipa ou adobes embora se conheçam algumas de terra compactada.*





(73)

(73) Alhambra, Granada, Espanha

Transparece, no entanto, a ideia de que se trata de um material difícil, dispendioso a nível de tempo (recomenda, no mínimo, 2 anos de secagem para ser confiável).

Geralmente, a arquitetura em terra feita pelo império romano estava relacionada com a construção militar – muralhas, castelos, entre outros. Existem vários exemplos por toda a Europa, sendo a maior a muralha do imperador Adriano que, no ano 122, na Grã-Bretanha, ergueu em terra crua uma barreira de 118 km de comprimento. A antiguidade destas arquiteturas defensivas é também testemunhada pelo historiador romano Plínio, o Velho, quando relata a construção de uma muralha em taipa no século III a.C. em Espanha, sobre ordens do General Aníbal[49] (Dethier, 1982).

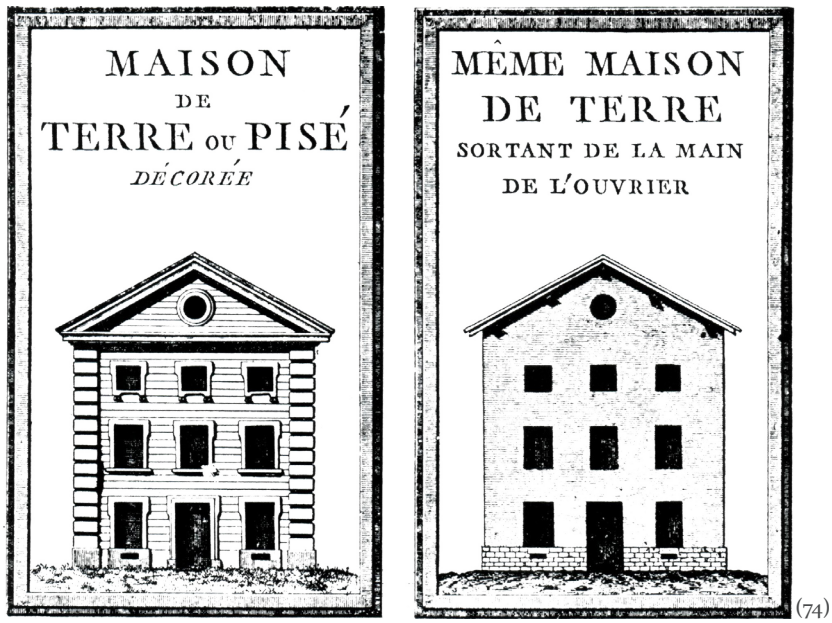
Apesar do aparente desprezo pela terra enquanto material nobre durante o período clássico, os gregos e os romanos não rejeitaram o material, apenas não se consegue observar o seu uso nas obras de grande importância. Já a arquitetura árabe, com forte presença no sul da Península Ibérica, usa a terra em todo o tipo de obras, das mais simples até às mais majestosas. Dentro das edificações mais destacáveis está o Alhambra de Granada, que constitui um exemplo de como os saberes construtivos vindos do Norte de África foram reproduzidos e introduzidos na Europa (*fig. 73*).

Entre renascimento e esquecimento da Arquitetura em Terra

Um acontecimento importante na renovação da arquitetura em terra foi o surgimento, na França de 1789 (revolução francesa) de François Cointeraux[50]: o primeiro pioneiro mundial da modernização e da racionalização da arte de construir em terra (Dethier, 1982). Este arquiteto agiu contra os preconceitos relativos às arquiteturas de terra e dedicou-se à defesa de uma arquitetura vernacular mas revitalizada e, sobretudo, racionalizada.

49 *O que vamos dizer das muralhas de taipa que se vê muralhas de Barbária (Cartago) e Espanha, onde são chamadas muralhas de forma, já que se forma a terra entre duas tábuas (...); não existe cimento nem argamassa que seja tão duro como esta terra* (Plínio, o Velho, 77 d.C. cit. por Houben & Guillaud, 2006, p. 20).

50 Cointeraux mobilizou o interesse por uma arquitetura verdadeiramente moderna de terra crua, procurando a sua aplicação em intervenções para todas as classes sociais, em contextos urbanos ou rurais, de carácter civil ou militar. O objetivo era providenciar uma solução em terra crua holística, para toda a sociedade moderna (fig.74).



(74)

(74) Projeto de casa em taipa "decorada" e de casa operária em taipa, estruturalmente idênticas. Páginas do manual de François Cointeraux "École d'architecture rurale, ou Leçons par lesquelles on apprendra soi-même à bâtir solidement les maisons de plusieurs étages avec la terre seule, ou autres matériaux les plus communs et du plus vil prix. Constructions économiques pour les campagnes, ou Batimens incombustibles", ed. 1790

Este objetivo foi conseguido principalmente através de publicações[51] que, rapidamente, se traduziram e espalharam por vários países, exercendo a sua maior influência na Dinamarca, Itália, Alemanha, Austrália e Estados Unidos (Dethier, 1982).

Como exemplo, destaca-se a influência de Cointeraux em David Gilly na Alemanha, mais precisamente na Prússia, onde no século XVIII a madeira passa por uma fase de escassez, sendo que a industrialização ainda não tinha atingido as suas províncias[52] (*fig.75*). É neste contexto que David Gilly começa as suas experiências com terra crua, sobretudo com o intuito de providenciar uma solução económica para construções rurais[53]. Apesar da tentativa de Gilly em tornar a construção em terra popular, nem a taipa, nem o adobe, tiveram grande sucesso na Prússia, nem na Alemanha em geral[54]. Torna-se interessante investigar se esta vontade de construir em terra de David Gilly terá influenciado o seu aluno Karl Friedrich Schinkel[55], que começou a trabalhar num momento ainda de transição para a industrialização na Prússia. Os materiais presentes nas obras de Schinkel não são indicativas do uso da terra crua, no entanto observa-se uma atitude de não dar muita importância à "verdade do material" que se entende com a aplicação, em várias das suas obras, de um estuque que ilude a pedra[56]. Pode-se especular se esta atitude resulta da arquitetura vernacular que Schinkel conhecia

51 Fathy publicou mais de 50 obras no espaço de 22 anos em que, de modo polémico, justificava as suas escolhas tecnológicas para a nova sociedade (Dethier, 1982).

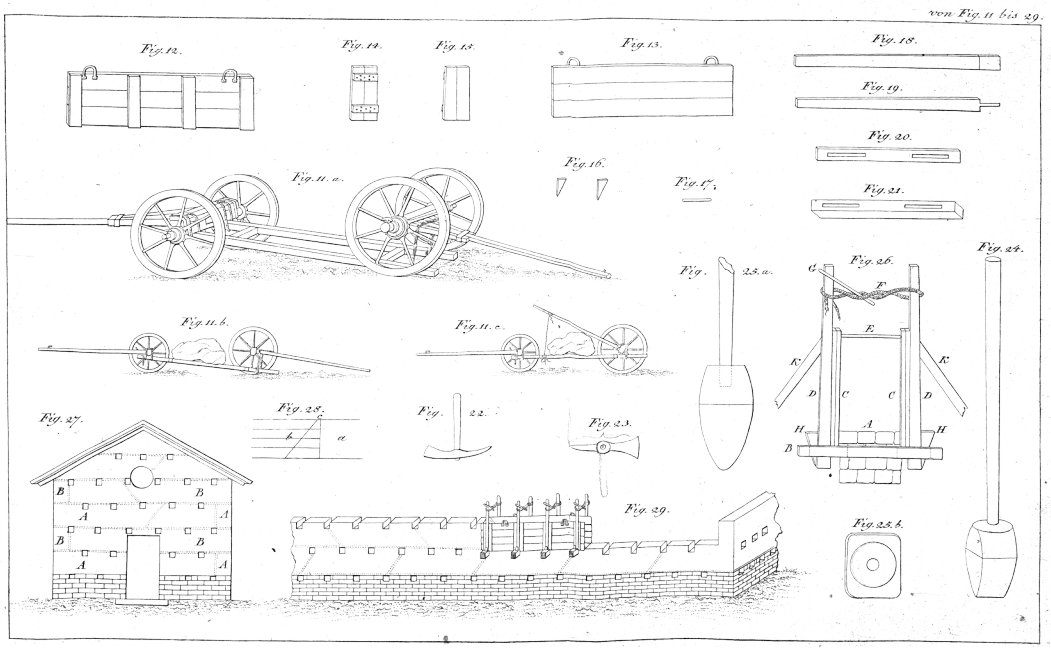
52 Apenas no século XIX começa-se a construir verdadeiramente em tijolo cozido nas províncias prussianas.

53 D. Gilly, numa primeira fase, explora o adobe, que procura difundir como técnica construtiva na Prússia. Em 1790, chega até a criar uma campanha com o objetivo de tornar o adobe popular, que se inicia com a publicação de "Beschreibung einer vortheilhaften Bauart mit getrockneten Lehmziegeln" ("Descrição de uma técnica construtiva vantajosa com adobes") e começa a construir várias casas em adobe, sobretudo de Guardas-florestais. Estas obras não tiveram muito sucesso a nível construtivo, principalmente no que respeita a aderência do reboco (Kiefer, 2004). De um modo geral, a construção em adobe não conseguiu provar-se uma técnica bem-sucedida na Prússia. Por isso, numa segunda fase, Gilly experimenta com a taipa, o que em 1797 leva à publicação do manual de construção intitulado de "Handbuch der Land-Bau-Kunst" ("Manual da arte de construção rural").

54 Entre 1800 - 1840 (quase contemporâneo a D. Gilly) também Wilhelm Wimpf procura vulgarizar a taipa na Alemanha através do manual de construção "Der Pisé-Bau, oder vollständige Anweisung, äußerst wohlfeile, dauerhafte, warme und feuerfeste Wohnungen aus bloser gestampfter Erde, Pisé-Bau genannt, zu erbauen" e várias obras construídas em taipa, geralmente edifícios em altura até cinco pisos (Rüger, s.d.).

55 No ano de publicação do manual "Handbuch der Land-Bau-Kunst" (1797), Schinkel decide ser arquiteto e começa a estudar com David Gilly e o seu filho, Friedrich Gilly. Chega igualmente a trabalhar temporariamente com David Gilly (München, 1985).

56 Nas obras de Schinkel, apenas em poucas se observa o uso de pedra verdadeira – grande parte dos edifícios com paredes de tijolo cozido eram estucadas (Quaderputz) de um modo que certamente procurava a imagem da pedra (exemplo: Pomonatempel, Palácio e Kavalierhaus Klein-Glienicke).



(75)

(75) Página do manual de David Gilly "Handbuch der Land-Bau-Kunst: vorzüglich in Rücksicht auf die Construction der Wohn- und Wirthschafts-Gebäude für angehende Kameral-Baumeister u. Ökonomen (Band 1): Kupfer-Sammlung", 1820

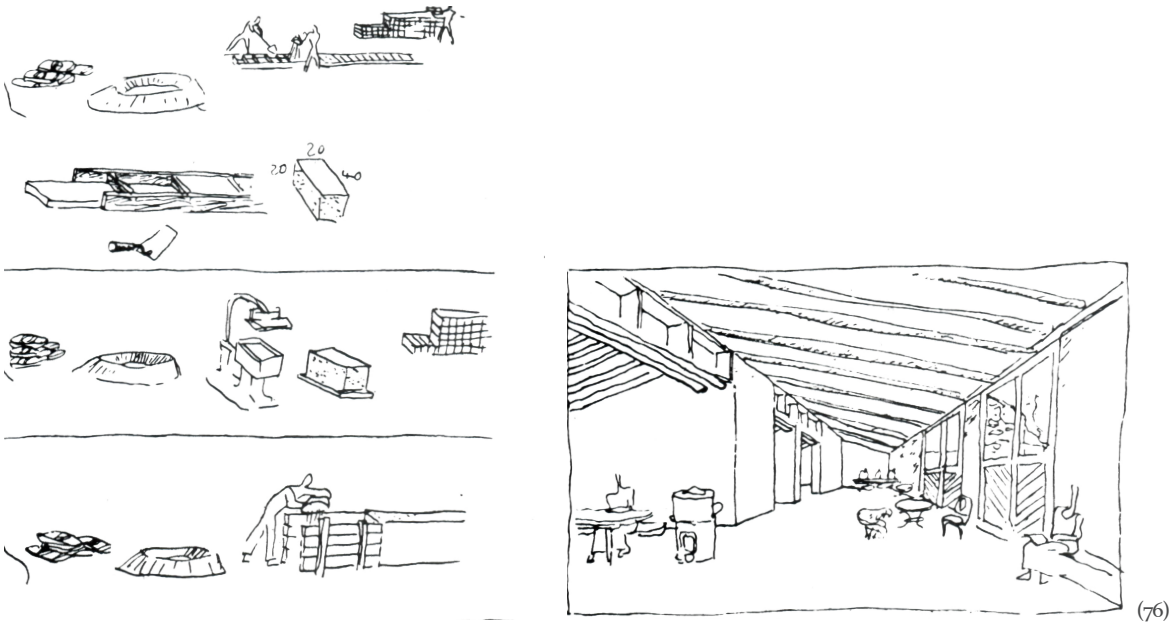
das casas de campo prussianas, nas quais as fachadas de terra crua eram revestidas por tijolos cozidos, e que até chega a indicar como referência quando teve que realizar um relatório[57] sobre um edifício[58] de 400 pés de comprimento e 2 pisos de altura, construído em terra, enquanto trabalhava como assessor de construção (*Ober-Bau-Assessor*) na autoridade administrativa da Prússia.

Com esta análise, entende-se que, apesar de no século XIX se verificar uma retoma pela arquitetura em terra, não se observa uma equivalência de estatuto em relação aos outros materiais construtivos. Nesta época, o seu uso estava ligado a objetivos de economizar e não de maravilhar. Exceção constituem zonas rurais e isoladas na Europa, como por exemplo o Sul de Portugal[59], onde as alternativas para além do uso da terra chegaram com um grande atraso. Mas no fim, nalgumas zonas mais rápido e brusco do que noutras, os métodos tradicionais e artesanais sofreram claramente a concorrência e depois o domínio dos novos sistemas e produtos industriais. Ou seja, com a chegada do progresso, a terra crua foi sendo substituída por materiais industrializados, o que levou a uma desaprendizagem da arte de construir com terra e a uma ausência de mão de obra qualificada neste ramo (Volhard, 2016). O que prevaleceu nos inícios e meados do século XX foi o espírito modernista, a necessidade de construir rápido e barato, agir no presente e esquecer a história. Parece evidente que

57 *A técnica de construção é conhecida e a vantagem da mesma não é observável em certas circunstâncias. Este edifício de economia já construído apresenta, apesar de estar protegido a Oeste, as deficiências da técnica construtiva, como a fraca aderência do reboco, o desgaste das esquinas, as marcas de humidade presentes na fachada que lhe dão uma aparência molhada e manchada, a perda de solidez da massa de terra na ocorrência de abalos, que produz frestas nos vãos das janelas e portas* (Schinkel, 1825, cit. por Kiefer, 2004, p. 188).

58 O relatório de Schinkel avaliou o Edifício de Economia para o Kaiser Alexander Grenadier, erigido em 1822 em Berlim pelo arquiteto Sachs.

59 No Sul de Portugal, as edificações em terra crua fazem parte da sua arquitetura vernacular, e geralmente surgem em zonas com escassez da pedra. Oliveira e Galhano (2003, p.363), no seu estudo exaustivo sobre a Arquitetura Tradicional Portuguesa, justificam: *em vastas partes da zona litoral do centro, e no Sul, onde falta a pedra, usam-se outros materiais duros em seu lugar – o tijolo, o adobe, a taipa e, nos areais da beira-mar, certos materiais vegetais (...).* Ou seja, o seu uso estava ligado a uma questão muito prática – a ausência de outros materiais construtivos. No entanto, estes autores não referem o facto das zonas a sul também terem tido mais contacto e influência das culturas árabes que, certamente, terão também contribuído para a tradição com os seus saberes de técnicas de construção em terra crua. Sabe-se que durante a Idade do Ferro (séculos VIII-II a.C.), o Sul de Portugal foi permeável a continuados contributos culturais com origem no Mediterrâneo Oriental, designadamente fenícios, gregos e púnicos, período em que se utilizou a edificação em taipa. Também a construção romana começou a empregar a taipa em muralhas no sul do país devido às invasões muçulmanas entre os séculos VIII e XIII.



(76)

(76) Esquissos de Le Corbusier dos projetos publicados em "Le Murondins", 1941

técnicas artesanais, demoradas e "do passado", não tinham lugar nesta mentalidade. No entanto, observam-se alguns casos em que a terra crua foi considerada como material construtivo por alguns arquitetos modernistas. Como se pode explicar este fenómeno?

Efeitos das Guerras Mundiais no renascimento da Arquitetura em Terra

Durante a reconstrução após as duas grandes Guerras Mundiais, surgiu uma grande necessidade de realojamento das pessoas afetadas. Mas os materiais cuja produção dependia do carvão eram escassos, os transportes estavam limitados, etc. Foi neste contexto que a construção em terra voltou a ser considerada pelos arquitetos, sobretudo na Alemanha. No espaço de poucos anos, foram construídas mais de 20 000 obras em terra crua, tendo sido a maior parte em áreas rurais. Já em 1944 começou-se a desenvolver a primeira Normalização, a *Lehmbauordnung*, cujas regras foram postas em vigor em 1951 (Volhard, 2016). Houben & Guillaud (2006) relatam que, neste período, a Alemanha desenvolveu sistematicamente as técnicas em terra crua, entre outros com a criação de centros de formação para os construtores.

Foi também fruto da Guerra que vários grandes arquitetos do século XX projetaram em terra crua. Um exemplo é Le Corbusier, que realizou uma série de esboços por volta de 1940, publicados em 1941 na obra intitulada "Les Murondins". Nesta publicação, o arquiteto apresenta soluções construtivas alternativas que recorrem a técnicas como, por exemplo, o BTC ou a taipa (*fig. 76*). A ideia era que os próprios moradores, que em princípio seriam refugiados de guerra, pudessem construir as suas casas com materiais localmente disponíveis, como a terra, troncos e ramos de árvores. Como Dethier (1982, p. 162) refere, *o recurso à terra crua, desconhecida deste pioneiro do betão, resulta das limitações então impostas pela economia de guerra e pela escassez do aço e do cimento*[60]. Contudo, este projeto nunca foi executado (Macleod, 2015; Rael, 2009).

Outro exemplo é Adolf Loos que, entre outros materiais, utilizou a terra crua nas habitações económicas da Heubergsiedlung em Vienna (*fig. 77*). Outros casos são

60 No mesmo ano, nos Estados Unidos, Frank Lyod Wright fazia o mesmo. Ler mais nas páginas 70 - 71.



(77)



(78)

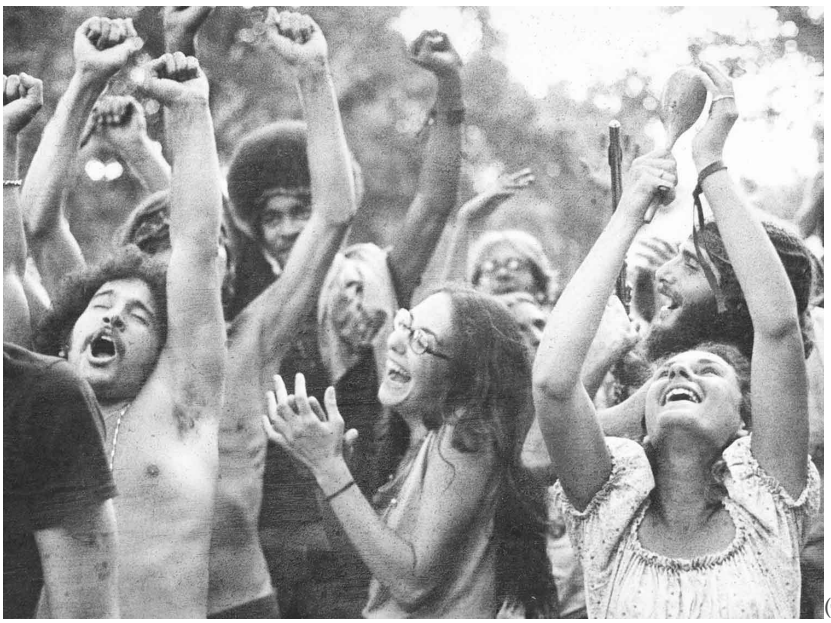
Hermann Muthesius, que recomendou a construção em terra para habitações de pequena escala em contexto rural e Otto Bartning, que projetou um bairro em terra em 1946 (*fig. 78*). No entanto, pouco aconteceu para modernizar as técnicas construtivas em terra crua na Alemanha e, em geral, na Europa. Ao contrário, nos Estados Unidos da América, por volta dessa época (anos 50) a terra foi redescoberta como material que podia ser fabricado de modo económico recorrendo a processos e métodos industrializados, como já analisado nos inícios deste capítulo (Volhard, 2016).

(77) Heubergsiedlung, Adolf Loos & Hugo Mayer, 1921-24

(78) Urbanização de auto-construção em taipa, edificada sob direção de Otto Bartning, Neckarsteinbach, Alemanha, 1946

Estes exemplos demonstram que se torna falacioso mencionar que foram os ideais do modernismo que causaram o declínio da arquitetura em terra e dos saberes tradicionais. Constata-se que existiu uma tentativa em usá-la no contexto pós-guerra, embora esta não se tenha conseguido impor e coexistir com o betão armado, o aço e o vidro. Um panorama semelhante encontra-se no Brasil modernista onde, entre outros, Lucio Costa e Lina Bo Bardi apresentam projetos em terra crua, mas que não chegaram a ser construídos, como será abordado em seguida. Ou seja, não foi somente por custa dos ideais dos arquitetos que se passaram a ignorar as tradições regionais e a se instaurar a tal *era de desprezo e de amnésia diante das diversas formas de tecnologia popular*, tão lamentada por Dethier (1982, p.33). Talvez esta amnésia se deva sobretudo a um contexto que dificultou o seu uso. Um contexto onde dominavam as técnicas de rápida e fácil execução, e que possibilitavam a edificação em altura para as grandes massas. De um modo resumido, técnicas "seguras" e descomplicadas, não tão vulneráveis como as da terra quando mal-executadas. E, igualmente, tratava-se de um contexto já regido pelo mercado de construção, uma indústria como qualquer outra, da qual a terra, gratuita, ainda não fazia parte.

Foi apenas em finais do século XX que se voltou a considerar realmente as técnicas construtivas tradicionais e locais. Certamente o Regionalismo Crítico terá tido também as suas influências neste processo de reconsideração, com suas críticas às arquiteturas que desprezavam o artesanal e o tradicional. Desperta-se uma nova valorização ou, pelo menos, observação da arquitetura vernacular, na qual se inserem naturalmente as técnicas construtivas em terra crua.



(79) Uma geração com novos valores. Festival de Woodstock, Bethel, Estados Unidos, 1969

Um exemplo desse movimento é o Inquérito à Arquitetura Popular em Portugal, realizado nos anos 50 por arquitetos modernos em todo o país. A esta "nova" valorização da arquitetura vernacular alia-se uma tomada de consciência dos riscos e desafios da crise económica e energética, começa a surgir o conceito de ecologia e desperta-se um olhar crítico sobre o sistema da sociedade consumista e capitalista. Foi assim que, nos finais dos anos 70, época de mudança de mentalidades e do movimento *hippie*, começa a despertar um novo interesse pela arquitetura em terra.

Um momento chave neste "renascimento" da arquitetura em terra foi a exposição "Architectures de Terre", organizada por Jean Dethier no Centre Georges Pompidou em 1981 em Paris. Esta exposição viajou por todo o mundo e teve o seu catálogo publicado em mais de 10 idiomas. Segundo Correia (2006, p.18), *a Exposição tornou-se um dos veículos de difusão mais conhecidos e visitados, sobretudo por contribuir para o conhecimento da diversidade e singularidade da arquitetura de terra*[61].

No entanto, quando regressou a vontade (e a necessidade) de utilizar técnicas construtivas mais ecológicas como a terra, já não existia praticamente empreiteiros com capacidades para executá-las. Nesta época, prevaleceu então a autoconstrução com terra crua ou a improvisação por parte do arquiteto responsável. Certamente que a consciência da dificuldade atual de construir em terra crua contribuiu para o surgimento de um grupo europeu de arquitetos e engenheiros que criou o primeiro grande centro internacional para arquitetura em terra em 1979, o CRAterre, em Grenoble (França), atuando desde a pesquisa, ao ensino[62], às atividades práticas e à disseminação[63]. Em relação à divulgação de conhecimentos académicos sobre a arquitetura em terra crua, é de destacar também o arquiteto alemão Gernot Minke,

61 Bastos (2005) considera o ano de 1993 como marco decisivo, nomeadamente pela presença na Fundação Galouste Gulbelkian desta exposição, intitulada nacionalmente de "Arquitecturas de Terra – o Futuro de uma tradição milenária – Europa, Américas e Terceiro Mundo". Outro acontecimento que Bastos (2005) destacou, também em 1993, foi a realização da "7ª Conferência Internacional sobre o estudo e conservação da Arquitetura em terra" em Silves, que juntou vários investigadores, arquitetos, etc. ativos na área.

62 Na École d'Architecture de Grenoble, o CRAterre organizou um curso de pós-graduação especializado em arquitectura de terra (DSA Terre). Foi o primeiro curso universitário neste ramo e, durante muitos anos, o único.

63 O CRAterre contribuiu largamente o renascimento da arquitetura em terra com a publicação de dois manuais de construção: "Construire en Terre", publicado em 1979, e o "Traité de construction en Terre", publicado em 1989.



(80) Taos, Novo México, Estados Unidos

que está fortemente envolvido na investigação sobre a terra crua. Não apenas investiga, como também constrói em vários países (sobretudo na Alemanha e América Latina), tendo publicado já vários manuais especializados sobre o assunto.

Por volta dos anos 90, o interesse profissional na construção em terra aumentou. Começaram a surgir os primeiros empreiteiros especializados na construção em terra crua. Este aumento na procura conduziu ao desenvolvimento de produtos pré-fabricados de terra crua, como adobes, painéis de taipa, argamassas para rebocos, terra "ensacada", painéis de isolamento, etc.[64].

1.4.4. Américas

Também as Américas são ricas em arquiteturas de terra, sobretudo hoje em dia. E estas não surgiram apenas com a colonização do continente. Vestígios pré-coloniais da arquitetura em terra observam-se especialmente na América Andina, cujas regiões fluviais e costeiras não apresentavam uma abundância de pedra para construir (Dethier, 1982; Doat et al., 1991). Também a aldeia indígena de Taos, no Novo México, é um exemplo de como a construção em terra crua não chegou apenas com os colonizadores deste continente (*fig. 80*). Vários povos indígenas construíram com terra, por exemplo os índios da América do Norte, os Toltecas ou os Astecas[65], no México ou a Civilização Mochica, onde hoje se localiza o Peru. É também no Peru que se encontra a construção da mais vasta cidade do mundo, inteiramente edificada em terra crua – Chan Chan[66], que foi construída em adobe a partir do século XII.

64 Uma das empresas especializadas na venda de produtos de terra é a Claytec, que se formou na Alemanha.

65 Houben & Guillaud (2006, p.24) referem as casas de adobe revestidas de cal na capital do império Asteca, Tenochtitlán, ocupada por estes no séc. XII d.C. e onde hoje é a Cidade do México. Segundo os autores, era uma cidade *soberba de terra e pedra*, onde a terra geralmente era reservada à arquitetura residencial e aos palácios, aos edifícios de culto e às obras de defesa. Esta cidade foi tomada em 1521, data em que foi invadida pelos espanhóis, o que provocou a destruição de uma grande parte dos seus monumentos em terra.

66 Chan Chan destaca-se por ser o maior complexo urbano em terra, em todo o mundo, sendo composto por 9 palácios, cuja construção foi iniciada aproximadamente em 900 d.C. Esta cidade atingiu o seu apogeu em 1350 quando tornou-se capital do império de Chimú, tendo sido conquistada pelos Incas no séc. XV (Correia, 2006). No bairro Von Tschudi, os muros de adobe eram ornamentados por uma estrutura entrelaçada e de relevos zoomórficos em argila moldada (Houben & Guillaud, 2006).



(81)

(81) Huaca del Sol, Peru

Para além desta cidade, foram edificadas imensas pirâmides em adobe, também denominadas de Huacas[67] na América pré-colombiana que, nas palavras de Dethier(1993, p.139), eram *tão monumentais como as que construíram os faraós do Egipto* (*fig. 81*). Já no apogeu dos Incas (1493-1525), a maior parte das cidades de montanha (Cúsco, Pisac, Machu Picchu), eram construídas de aparelhamento de pedra, no entanto, a terra continuava a ser utilizada no litoral andino[68] (Houben & Guillaud, 2006).

Neste sentido, pode-se afirmar que em algumas zonas da América Latina Espanhola já se sabia construir em terra antes da chegada dos colonizadores espanhóis que, apesar de tudo, (re) introduziram técnicas construtivas como o adobe em várias cidades por eles criadas e/ou desenvolvidas, como por exemplo Santiago do Chile. Mas enquanto que na América Latina espanhola, nomeadamente nos países andinos litorais, viveram civilizações mais desenvolvidas que utilizavam a terra crua, no Brasil os habitantes indígenas utilizavam quase exclusivamente materiais de origem vegetal para criarem seus abrigos (Brenna, 1984).

1.4.4.1. Brasil

No Brasil, foi essencialmente com a chegada dos Portugueses que se começou a construir em terra crua. Nos primeiros tempos de colonização, foi adotada em praticamente todo o território brasileiro (Brenna, 1984). Também não é de esquecer o contributo dos escravos vindos da África, um continente onde a terra crua sempre foi um material de construção comum na maioria das regiões (Mendonça, 2005). Inúmeras cidades no Nordeste, na Bahia, em Minas Gerais (Diamantina e Ouro Preto), em Goiás, etc., foram quase inteiramente construídas em terra crua (Mazza, 1984).

67 Em quase todo o território peruano encontram-se as huacas, que são pirâmides construídas em adobe. A cultura Moche, entre 100-700 d.C., desenvolveu bastante a fabricação de adobes por meio de moldes, uma importante inovação que permitiu uma fabricação em série de tijolos de terra crua de dimensões e qualidades similares. Este avanço tecnológico na produção terá permitido a construção de templos piramidais de 7 níveis como a "Huaca del Sol" e a "Huaca de la Luna" no actual Peru (Lafuente et al., 2014). As Huacas de Moche, situadas a 5km de Trujillo, eram na altura os maiores monumentos do continente (Correia, 2006).

68 Nos vales do rio Pisco, Tambo Colorado é um exemplo de uma cidade inteiramente construída em adobes cúbicos.



(82)



(83)

(82) Ruínas da Igreja de Santo António - adobe (século XIII), antiga Vila Bela, MT, Brasil

(83) Igreja de N.S. de Abadia - taipa (século XIII), Góias Velho, GO, Brasil
Fotografia de 1981

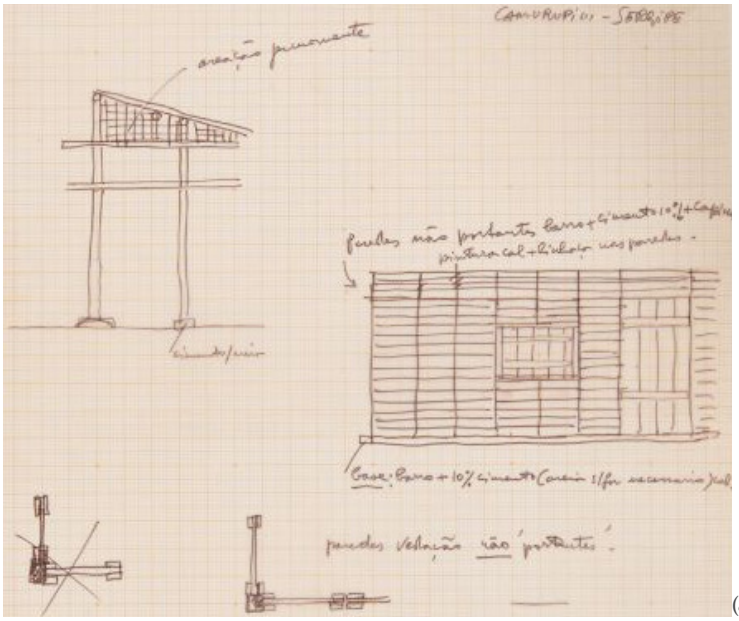
As técnicas introduzidas pelos colonizadores portugueses foram essencialmente o tabique, a taipa[69] e o adobe[70]. A escolha pelas técnicas justifica-se pelo seu pragmatismo – assim, *de pau-a-pique, por ser de execução rapidíssima, é o primeiro muro levantado de Salvador*[71] *contra os índios e, de taipa grossa, visando um fácil e rápido reparo, são as primeiras fortificações de Salvador e do Rio de Janeiro* (Brenna, 1984, p. 196). O tabique, localmente conhecido como *pau-a-pique* ou *taipa de sopapo*, constitui provavelmente a técnica em terra crua que mais se vulgarizou por terras brasileiras. Em todo o interior do país, do Piauí ao Pernambuco, de Alagoas a Mato Grosso nos Estados do Rio e São Paulo e, em muitos casos, nas favelas urbanas, o povo armava a estrutura de suas casas com a madeira da mata vizinha, vedava as paredes com o barro do local, fazia a cobertura com folhas de palmeira, palha ou outros materiais disponíveis (Brenna, 1984). Com o acesso a materiais construtivos industriais, a arquitetura tradicional em terra crua começa também a sofrer um grande declínio no Brasil[72].

69 No Brasil, embora a taipa tenha sido utilizada, entre outros, em habitações, igrejas, mosteiros e muralhas, e tenha sido introduzida em diversas regiões, apenas conseguiu-se consolidar verdadeiramente como técnica construtiva em Góias, Minas Gerais e São Paulo, que num primeiro momento foi inteiramente edificada em taipa. Apenas no século XX, nos anos 40, começou-se a abandonar esta técnica construtiva no Estado de São Paulo (Brenna, 1984).

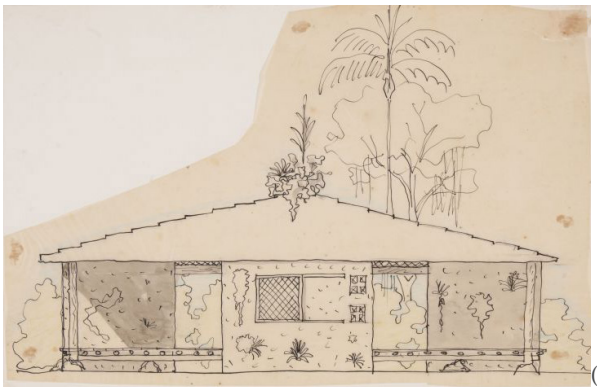
70 Um exemplo de construção em larga escala com adobe está na cidade Rio de Contas, na Bahia (Araújo, 2005).

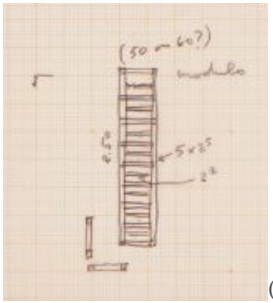
71 A história da arquitetura em terra no Brasil inicia-se com a fundação da antiga capital Salvador, que seguiu o Regimento de Tomé de Sousa, onde se encontram vários indícios de que o material a usar era a terra. No entanto, para construções mais nobres, Tomé de Sousa indicou a pedra: *e no sítio que vos parecer melhor, ordenareis que se faça uma fortaleza de grandura e feição que a requerer o lugar em que a fizerdes... e não achando na terra aparelho para se a dita fortaleza fazer de pedra e cal, far-se-á de pedra e barro ou taipas ou madeira, como melhor puder ser, de maneira que seja forte* (Regimento de Tomé de Sousa cit. por Brenna, 1984, p. 196). Ao redor da muralha de taipa com cerca de 17 pés de altura (5,18m), que limitava o primitivo núcleo urbano, construíram-se edifícios em terra devido a questões económicas (Mendonça, 2005).

72 O declínio do tabique deve-se, entre outros fatores, aos preços baixos dos tijolos vazados, rapidamente aparelhados. Igualmente, *a mata vizinha*, que fornecia as matérias primas necessárias para a construção em pau-a-pique, começou a ficar mais longe devido à expansão de muitas das favelas, ou seja, a *loja de construção* passou a substituir a antiga mata, da qual se extraía a terra e a madeira necessárias para executar a técnica. Para além deste aspeto, associa-se a terra crua à pobreza e ao atraso, algo que se pretende evitar. Para muitas populações de baixa renda, uma casa em tijolo significa um afastamento aos métodos construtivos considerados rudimentares e pobres, simbolizando, ao mesmo tempo, um certo poder de compra. No fundo, é uma procura de construir pelo menos um pouco como as classes sociais mais abastadas. Como referiu Lina Bo Bardi no contexto do seu projeto de casas populares em tabique para a Comunidade de Camurupim (1975-1976), os habitantes (...) *pedem como sonho máximo casa de tijolos* (Bardi, s/d, cit. por Bierrenbach, 2008, p. 56). A doença de Chagas foi outro momento que levou ao seu abandono – campanhas do ministério da saúde apelavam a que se evitasse construções em terra crua de modo a que o barbeiro, o bicho causador da doença, não se pudesse instalar. É necessário acrescentar que se tratava de construções muito pobres, não rebocadas, onde o animal se instalava nas freixas abertas da argila seca que, de igual modo, pode acontecer no interior dos furos do tijolo vazado não rebocado.



(84)


(85)



(86)

(84) Sistema construtivo previsto para o projeto de Camurupim, Sergipe - Brasil, esquisso de Lina Bo Bardi, 1975

(85) Alçado frontal de uma casa do projeto de Camurupim, Sergipe - Brasil, esquisso de Lina Bo Bardi, 1975

(86) Detalhe dos módulos de painéis pré-fabricados de pau-a-pique previstos para o projeto de Camurupim, Sergipe- Brasil, esquisso de Lina Bo Bardi, 1975

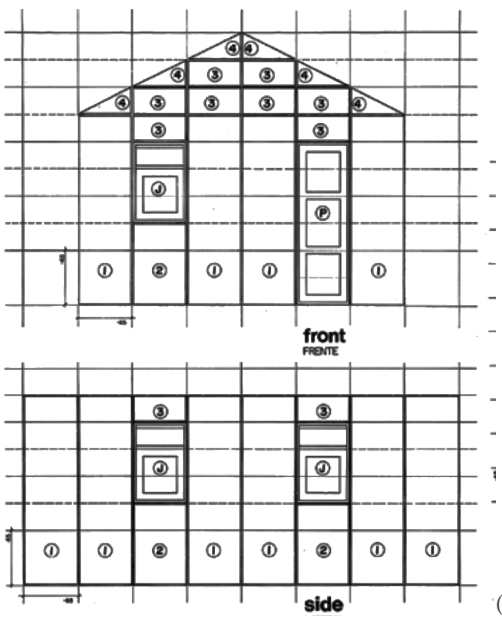
Rapidamente, o pau-a-pique passa a ser utilizado apenas como solução de emergência ou de sobrevivência total, com maior incidência no interior do país[73].

Contexto Movimento Moderno Brasileiro

Com o movimento moderno, o material construtivo protagonista da arquitetura brasileira passou a ser claramente o betão armado, exaltado ao máximo por arquitetos como Paulo Mendes da Rocha ou Vilanova Artigas. Mas, ao mesmo tempo, é também graças aos princípios que estão por trás do movimento moderno que se desperta uma procura pelas técnicas construtivas tradicionais de baixo custo que mais facilmente e eficazmente consigam resolver o problema da habitação. E, no contexto brasileiro, estas resumem-se essencialmente à terra crua. Ou seja, começa-se a entender que os modelos construtivos internacionais não se adaptavam ao contexto social local, ainda rural e subdesenvolvido. O mais interessante é que esta consciência apareceu dentro da própria geração de arquitetos modernistas do século XX.

Neste sentido, a própria Lina Bo Bardi apela a que a *recuperação do sentido da responsabilidade social é o primeiro passo para se chegar a uma visão clara que permita conservar os princípios da arquitetura moderna, que hoje estão ameaçados de afundar* (Bardi, 1979, p. 143). Princípios que se prendem ao objetivo da arquitetura moderna que, segundo Lina Bo Bardi (1979, p. 142), é *a salvação do homem através da arquitetura*, diferente daquilo observava na cidade de São Paulo, onde o arquiteto estava completamente desligado dos verdadeiros problemas. Ou seja, a arquiteta evoca a necessidade dos princípios do movimento moderno voltarem a comandar a arquitetura, mas no contexto de solucionar *problemas reais*, não no âmbito estético-formal. E, no Brasil, para solucionar os *problemas reais*, o primeiro passo consiste em dirigir a arquitetura ao povo e não a uma pequena percentagem da camada abastada.

73 O interior do Brasil apresenta uma realidade claramente distinta do litoral do país. Até no litoral nordestino, onde o pau-a-pique era provavelmente a principal técnica construtiva empregada pela população comum, hoje em dia observa-se que, estas mesmas populações humildes, escolhem o tijolo vazado ao invés da terra crua. De um modo geral, pode-se afirmar que a terra crua apenas continua a ser utilizada em lugares onde ainda não chegou a indústria e o mercado de construção.A pobreza já não parece constituir um fator determinante na opção pela terra – um exemplo são as favelas urbanas das grandes cidades como Salvador ou Rio de Janeiro, onde a maior parte das casas é de tijolo vazado com estrutura de betão armado.



(87)



(88)



(89)



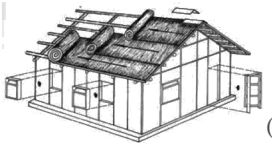
(90)



(91)

No seguimento deste pensamento, torna-se evidente que o processo construtivo é um fator indissociável a esta missão, tendo as técnicas que ser adaptadas ao contexto onde se constrói. Adaptadas – ou seja, não se trata de copiar cegamente os métodos construtivos da população local. Foi isso que Lina Bo Bardi fez nas casas populares para a Comunidade de Camurupim – racionalizou a técnica tradicional de pau-a-pique através de um sistema pré-moldado, possibilitando a sua aplicação através da autoajuda e da interajuda (*figs. 84 - 86*). Os motivos por trás desta opção prendem-se, em primeiro lugar, com conseguir uma coerência entre a técnica construtiva e as condições climáticas da região, respeitando as tradições e a cultura construtiva locais e, em segundo lugar, de tornar estas habitações económicas, sobretudo através da utilização, de maneira mais ampla possível, de técnicas e materiais de construção de origem local e através do projeto das residências de forma padronizada, executáveis pela população (Bierrenbach, 2008). Esta ideia de racionalizar o tradicional pau-a-pique através de painéis pré-moldados é já utilizada em 1963 por Acácio Gil Borsói para a construção de casas populares na Comunidade de Cajueiro Seco em Pernambuco[74] , um projeto que certamente constituiu referência para Lina Bo Bardi (*figs. 87 - 92*).

Parece existir uma vontade em respeitar as circunstâncias sociais, económicas e culturais do lugar, não através de uma cópia nostálgica das técnicas tradicionais dos habitantes, mas sim através da sua adaptação ao contexto real. Ou seja, esta procura não é então um desejo sentimentalista de regresso à simplicidade do passado, é algo bastante pragmático, que se denota bem quando Lina afirma: *nada de romântico nestas soluções, nada de se inspirar nas ocas e nas favelas[75], ou à poesia da simplicidade camponesa* (...), *mas uma procura direta de elementos formados por uma experiência (experiência técnica, mesmo se primitiva): a estrutura de "barro-armado", a casa de sopapo*. Este projeto de Lina nunca chegou a ser executado.



(92)

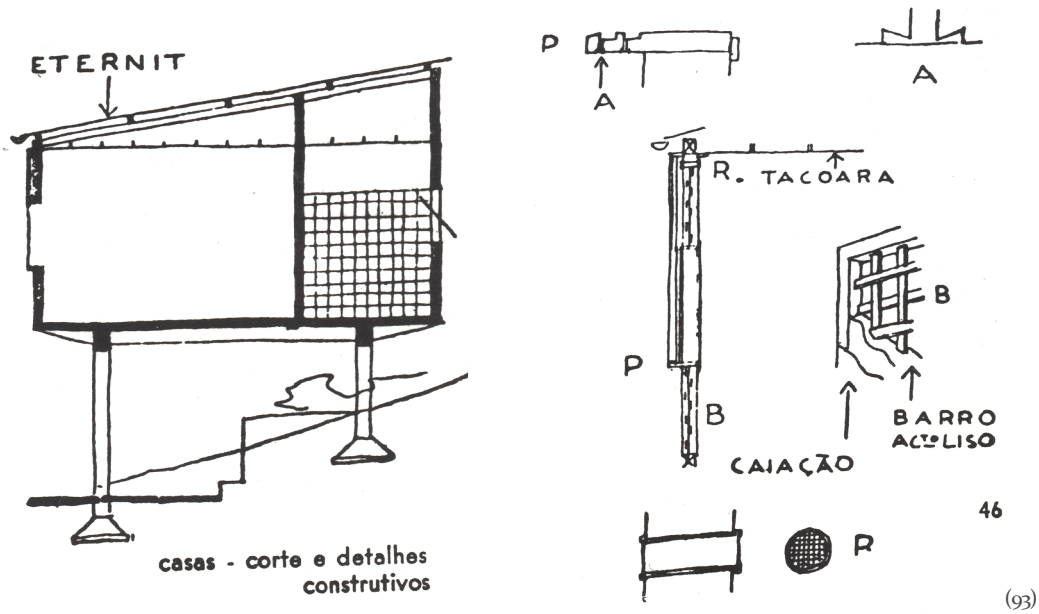
(87) Modulação prevista para as casas de Cajueiro Seco. Alçados frontais e laterais.
A racionalização do processo de pau-a-pique consiste na pré-fabricação das estruturas de madeira em painel. Numa primeira fase são executados os painéis de madeira em série, de dimensões variadas. Numa segunda fase a montagem passa a ser individual, pois um dos objetivos do arquiteto é que esse sistema garanta que o usuário monte a sua casa como melhor lhe convenha, utilizando tipologias que lhe sejam conhecidas: *por meio de uma folha de papel quadriculado no módulo dos painéis, qualquer cidadão poderia estruturar sua casa (plantas e elevações), adquirir os painéis e as demais peças – cordel, arame, prego, executando ligações entre eles. Portas e janelas seriam executadas dentro do mesmos padrões* (Borsói, 1984, cit. por Bierrenbach, 2008).

(88-91) Montagem em obra dos painéis de madeira préfabricados, destinados a serem preenchidos com barro

(92) Esquema de montagem da casa do projeto de Cajueiro Seco

74 Em Pernambuco, são de destacar também as experiências em pau-a-pique de Cydno da Silveira e Amélia Barbosa Gama, que procuram inovar através de um redimensionamento do espaço e algumas melhorias técnicas.

75 Lina Bo Bardi (1967, pp. 118-119) comenta no artigo "Na América do Sul: após Le Corbusier, o que está acontecendo?" o conselho "paternalista" que o Sr. Ray Smith, associate-editor da importante revista americana "Progressive Architecture" deu aos arquitetos da América do Sul: a de *não copiar a arquitetura "internacional industrializada" dos países desenvolvidos, mas a se inspirar nas ocas dos índios, nos "ranchitos" e nas "favelas" dos pobres, como convém a arquitetos subdesenvolvidos que operam num continente também subdesenvolvido.*



(93)

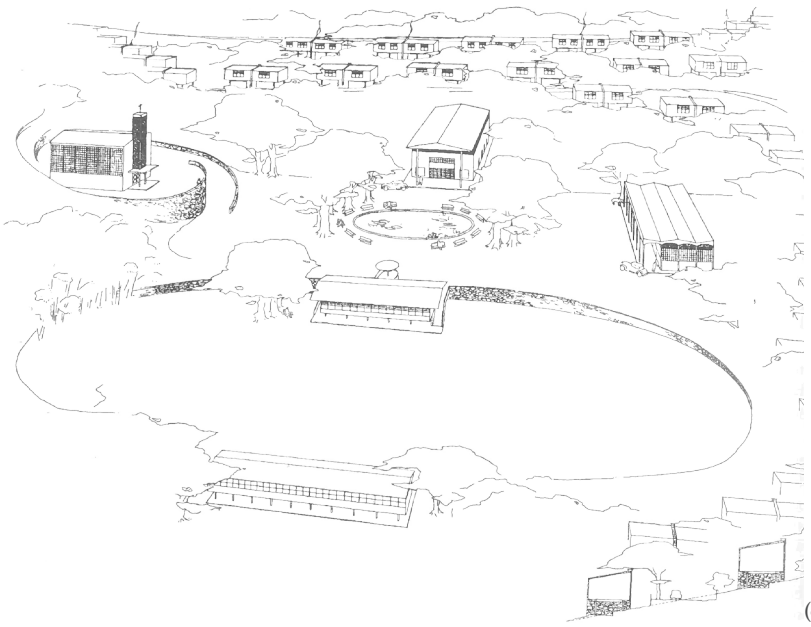
(93) Detalhe construtivo de uma casa em barro armado do ante-projeto de Lucio Costa para a Vila de Monlevade, Sabará, MG, 1936

Outro projeto em terra crua que nunca chegou a ser realizado é o de Lucio Costa que, nos anos 1930, projetou para a vila operária de Monlevade habitações em "barro armado" (pau-a-pique), levantados do chão[76] (*figs. 93 - 94*). A esta, Lucio Costa assim se referiu: *feitas de pau do mato próximo e da terra do chão, como casas de bichos, servem de abrigo para toda a família* [...]. *O processo constitui, basicamente, barro armado com madeira – tem qualquer coisa do nosso concreto armado e, com as devidas cautelas, afastando-se o piso do terreno e caiando-se convenientemente as paredes, para evitar-se a umidade e o 'barbeiro', deveria ser adotado para as casas de verão e construções econômicas de um modo geral* (Costa, s.d., cit. por Silveira & Gama, s.d., p. 75). Entende-se que este arquiteto modernista escolheu construir em terra crua essencialmente por ser um material económico, tal como alguns arquitetos modernistas europeus já referidos anteriormente. Ou seja, também não se trata de um regresso romântico às técnicas construtivas do passado, ainda mais quando se observa como Lucio Costa usa este material numa linguagem própria ao seu século.

As propostas destes arquitetos em renovar técnicas como o pau-a-pique, não conseguiram ser implementadas na realidade brasileira. Talvez porque, na altura, esta técnica era completamente ignorada pelas camadas abastadas e nos meios universitários, ao contrário do panorama atual, no qual estas classes mais altas, educadas ou alternativas são aquelas que procuram a terra crua para construir. Infelizmente, é sobretudo a classe mais necessitada que atualmente está a ignorar as técnicas em terra crua e a render-se aos materiais "civilizados", dentro dos quais dominam o cimento e o tijolo furado.

Este momento de adaptação de técnicas de terra crua por arquitetos modernistas no Brasil do século XX é pouco conhecido e, ao meu ver, bastante importante de ser

76 Na memória descritiva, Lucio Costa (1936, p. 43-45) justifica a opção de elevar a casa do chão juntamente com a opção pela técnica construtiva: (...) *permite o emprego, acima da laje – livre, portanto, de qualquer umidade – de sistemas construtivos leves, económicos e independentes da subestrutura, como, por exemplo – sem nenhum dos inconvenientes que sempre o condenaram – aquele que todo o Brasil rural conhece: o barro-armado (devidamente aperfeiçoado quanto à nitidez do acabamento, graças ao emprego de madeira aparelhada, além da indispensável caiação); uma das particularidades mais interessantes do nosso anteprojeto é, precisamente, essa de tornar possível – graças ao emprego da técnica moderna – o aproveitamento desse primitivo processo de construir, quiçá dos mais antigos, pois já era comum no Baixo Egipto, e que tem, ainda, a vantagem de simplificar extraordinariamente a armação da cobertura, aliviada pelos pés-direitos da própria estrutura das paredes internas.*



(94)

(94) Vila operária de Monlevade, Sabará, MG, 1936. Esquisso de Lucio Costa

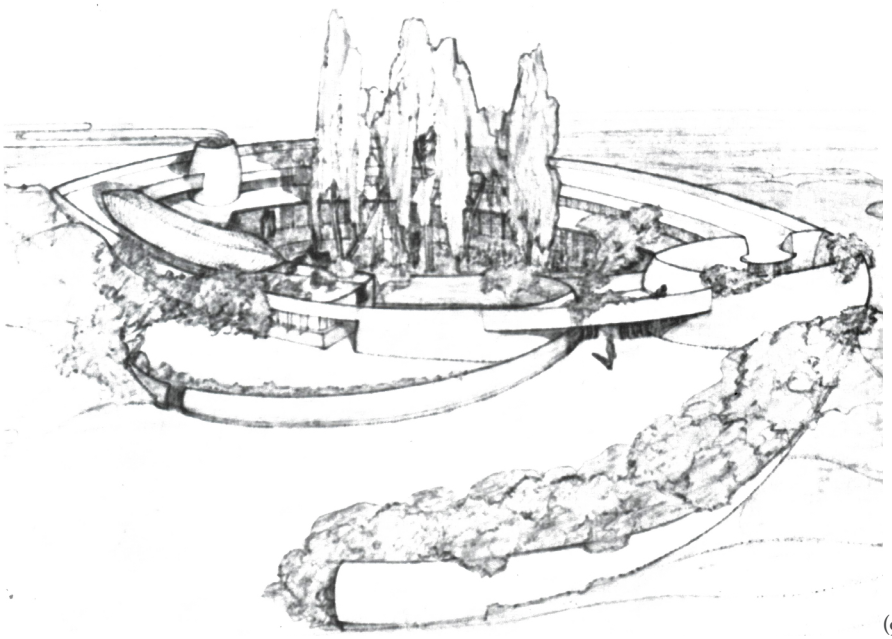
conhecido por várias razões. Em primeiro lugar, pelo exemplo da modernidade do projeto não depender do material em si, mas da atitude do arquiteto. Em segundo lugar, da exploração vanguardista de formas de racionalizar a técnica do pau-a-pique. E, por último, pela evocação de um problema ainda atual, que é a não concretização de muitos destes projetos por motivos que provavelmente se prendem com interesses políticos no fomento do poderoso mercado de construção civil, no qual a terra crua ainda não encontrou a sua posição.

1.4.4.2. América Espanhola

Em relação à América de colonização espanhola, pode-se encontrar ainda hoje muitas cidades que testemunham o uso urbano da terra, como Santa-Fé, capital do Estado do Novo México, nos Estados Unidos, ou o centro de Bogotá, capital da Colômbia (Dethier, 1982). O Chile, por sua vez, recebeu sobretudo um grande património em adobe, material utilizado tanto em edifícios habitacionais, como em religiosos ou monumentais. É interessante destacar também que se utilizou tanto em zonas rurais, como no centro de grandes cidades, nomeadamente Santiago. Muitos destes edifícios ainda se encontram em pé, o que, num país altamente sísmico como o Chile, é valorizável e, além do mais, constitui um contra-argumento contra os estigmas que a terra crua tem vindo a ganhar neste país[77]. A taipa (sem as melhorias técnicas que se têm vindo a experimentar), por sua vez, resiste mais dificilmente aos sismos e não se tornou uma técnica vulgar neste país. Hoje em dia, pode-se afirmar que no Chile a arquitetura em terra está em "moda", seja pela inovação do tabique iniciada pelo arquiteto chileno Marcelo Cortés, pelo descobrimento do material pela comunidade *alternativa* ou pelos protetores do património em adobe.

Para resumir, entende-se que em vários países da América Latina se construiu e se constrói com terra crua devido, essencialmente, a uma herança colonial, a técnicas que se foram adaptando e continuando.

77 A construção em adobe (que não seja preenchimento apenas) atualmente não é legal no Chile por se considerar o seu comportamento de resistência aos sismos demasiado fraco.



(95)

(95) Pottery House, Texas, Estados Unidos. Esquisso de Frank Llyod Wright, 1942

Atualmente, a construção em terra crua na América Latina está numa situação semelhante aos restantes continentes. Certamente ainda existem alguns lugares isolados ou de grande pobreza onde estas tradições permanecem vivas. No entanto, o que aconteceu, no geral, foi que as classes mais pobres abdicaram dela e que um certo grupo de pessoas, geralmente de classe mais alta, informada ou muito alternativa, está a redescobri-la e a utilizá-la na arquitetura contemporânea.

1.4.4.3. Estados Unidos da América

Falar da arquitetura contemporânea em terra crua implica necessariamente referir a situação da América do Norte. Dethier (1993) afirma que foram os Estados Unidos que, desde o início da crise energética em 1973, começaram a recuperar e depois a modernizar a construção em terra crua. Legitimaram oficialmente o uso do adobe e da taipa e integraram essas técnicas de construção nas normas nacionais e regionais (Houben & Guillaud, 2006). Assim, na América do Norte, sobretudo no Sudoeste dos Estados Unidos, a terra crua teve um grande revival – claramente, nestas regiões, a técnica adaptou-se ao século XXI[78].

As obras contemporâneas em terra crua são essencialmente habitações unifamiliares da classe média-alta, onde se envolvem arquitetos e engenheiros, empreiteiros e industriais. Na América do Norte encontram-se numerosos arquitetos que começaram a utilizar a terra crua nas suas arquiteturas. Um dos arquitetos foi Frank Llyod Wright.

78 Dethier (1993, pág. 201) observa com um olhar crítico: e*ste renascer é obra do sector privado e expressão dinâmica do sólido pragmatismo anglo-saxónico. Ninguém se perde em teoria, reflexão ou pesquisa. Não há sequer imposição de ensinamento específico. Pelo contrário, as empresas especializadas no fabrico semi-industrial dos adobes depressa se multiplicam por todo o sudoeste, em vários centros de distribuição local.* (...)*Tudo isso forma um microcosmo sócio-económico activo mas introvertido, que ignora tanto as acções em curso na Europa, como a problemática do Terceiro Mundo. O American Adobe Movement é caricaturalmente individualista. Em 1985, tal excesso provoca uma auto-crítica severa: é talvez a preparação dum segundo fôlego e duma nova estratégia internacional de demonstração da competência americana neste domínio. Após ter constatado com surpresa o avanço da França no início dos anos 80 e após ter respondido à procura interna, a América parece considerar o Terceiro Mundo como um imenso mercado económico e tecnológico a dominar...*



(96)



(97)

(96) Tucson Mountain House, Arizona, Estados Unidos, Rick Joy Architects, 2001

(97) Sun Valley House, Arizona- Estados Unidos, Rick Joy Architects, 2014

Em 1942, concebeu a Pottery House, uma casa em adobe no Texas[79] (*fig. 95*). Antes deste projeto, o arquiteto já tinha considerado a taipa como opção para a proposta da Broadacre City em 1932 e, dez anos mais tarde, começou a desenvolver estas ideias no projeto da Cooperative Homesteads (Rael, 2009). Este projeto, que começou a ser construído, mas que nunca chegou a ser concluído, constitui uma obra experimental, onde a terra crua provavelmente foi usada no seu sentido mais simbólico, passando a ideia de uma arquitetura escavada e nascida da terra.

No panorama presente, encontram-se inúmeros exemplos de arquitetos que projetam as suas obras em terra crua, principalmente recorrendo à técnica da taipa[80]. São obras nas quais a taipa tradicional é adaptada a uma linguagem própria desta geração de arquitetos americanos, onde dominam os grandes planos de parede maciça e de vidro. Em geral, a relação que têm com a terra não parece ser fanática - o que se observa é que a maioria destes arquitetos usa a terra crua em apenas algumas das suas obras, projetando igualmente (numa linguagem bastante semelhante) com betão, aço ou outros materiais construtivos (*figs. 96 - 97*). A arquitetura em terra crua tornou-se, nesta parte do mundo, negócio das empresas de construção, que se especializaram na execução da taipa através de sistemas *high-tech* e sem receio do contributo do cimento (Lima, Marques, & Vale, 2016) ou, como já referido anteriormente, na produção industrial do adobe, que se observou com mais força no século passado. Quem escolhe usar a terra crua na América do Norte, especialmente no Sudoeste, não se depara com muitos problemas para além dos altos custos envolvidos. As razões pelas quais os arquitetos optam por escolher a terra nesta região do mundo são várias, no entanto pode-se concluir, desde já, que esta arquitetura já não é "de pobres", pelo contrário.

79 Segundo Frank Llyod Wright, *os Burlinghams* (clientes) *tinham um espaço perto de El Paso encoberto de areia, continuamente seco e ondulante como as ondas do oceano. Isto é um desenho para uma "Pottery House (Casa de Olaria), quer dizer, de adobe* (Wright, cit. por Hoffman, 1984). O projeto não foi executado em vida do arquiteto, mas o promotor Charles Klotsche, de Santa Fé (Novo-México), mandou-a construir, tal e qual, em 1985. Esta moradia ficou à venda em 1986, na agência Sotheby's de Nova Iorque, por 2 200 000 dólares, o que Dethier (1993) considera o cúmulo da sofisticação cultural para uma casa em terra crua.

80 O adobe foi sobretudo utilizado em meados e finais do século XX, juntamente com as grandes produções industriais deste material no Sudoeste dos Estados Unidos.



(98)



(99)

(98) Periwinkle House, Arquiteto Alistair Knox, Austrália, 1948. Primeira construção em adobe em Eltham após a sua legalização pela Câmara Municipal local

(99) O Arquiteto Alistair Knox e carpinteiros na construção da primeira casa de adobe, 1947

1.4.5. Austrália

Na Austrália, onde os saberes de construção em terra crua (sobretudo taipa e adobe) foram introduzidas pelos colonos europeus no princípio do século XIX (Dethier, 1982), está-se num panorama semelhante ao Sudoeste dos Estados Unidos. As técnicas de construção em terra crua são aqui amplamente aplicadas e desenvolvidas, impulsionadas por muitas pesquisas e aperfeiçoamentos técnicos. Existem várias empresas de construção especializadas em terra crua e, consequentemente, podem-se observar inúmeras obras contemporâneas construídas com este material (exemplo: *figs. 100 - 101*). Igualmente a passagem de um predomínio de obras em adobe durante século XX, onde destacou o pioneiro Alistair Knox que, em meados do século XX, desenhou imensas casas contemporâneas em adobe (*figs. 98 - 99*), para obras em taipa no século XXI é um ponto em comum entre os dois países. A nível de linguagem, assemelha-se também à já mencionada arquitetura em terra do Sudoeste dos EUA: as paredes de taipa funcionam como planos monolíticos, às quais se vão somando grandes planos envidraçados, que deixam as paredes sem aberturas .

No momento presente, observa-se uma grande quantidade de arquitetos que utiliza a terra crua de uma forma não fundamentalista – dependendo do contexto, optam por este material ou não, podendo ter um portefólio onde constam obras em terra crua, assim como obras de betão armado ou de qualquer outro material construtivo. Os preconceitos em relação à terra crua parecem mais diluídos nesta parte do mundo. Talvez se deva à elevada educação das pessoas em geral e ao fato de se tratar de um país onde a pobreza quase se pode considerar como inexistente, em comparação com a América Latina ou África, onde geralmente é a própria classe mais humilde que se quer afastar desse material "dos pobres", pretendendo possuir outro estatuto social.



(100)



(101)

(100) Farm House, Fergus Scott Architects executado pela construtora Join Constructions, New South Wales - Austrália. Vencedor do Prémio *Best House & Best Use of Rammed Earth*

(101) Detalhe da parede da Farm House, Fergus Scott Architects

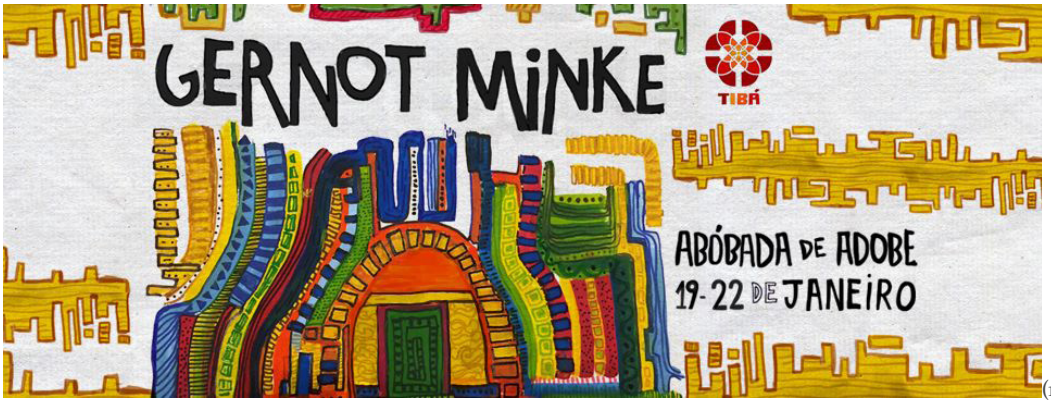
1.5. Panorama atual

Com esta breve introdução histórica, pretende-se ilustrar sobretudo como e porque é que a atitude perante a arquitetura em terra crua vai variando ao longo do tempo, e de que modo a zona geográfica e respetiva cultura entram nestas questões. Conclui-se que a arquitetura em terra confronta-se com uma realidade ambígua, onde se observa, por um lado, um abandono ou desaparecimento do património e das tecnologias tradicionais em terra crua e, por outro lado, uma atitude de quase exaltação do material. Uma exaltação que, como Dethier (1982, p. 133) refere, [...] *leva também, às vezes, à realização de paródias comerciais, à construção de edifícios que dão a ilusão de serem construídos em terra, ao passo que são edificados com outro material*, considerando-as perversões nefastas *por traírem a natureza e o próprio espírito dessas arquiteturas, cujo bom senso e adaptação viva às mais diversas circunstâncias foram sempre assegurados globalmente pelas tradições populares*. No entanto, dever-se-ia questionar o que realmente motivou os arquitetos das *perversões nefastas* a não optarem por usar a terra crua nos seus projetos.

O fenómeno de deixar de usar a terra como material construtivo por determinadas razões não é recente, como foi abordado ao longo deste capítulo através de exemplos como os projetos não executados de Lina Bo Bardi ou Lucio Costa. Também no contexto português contemporâneo encontram-se casos que optaram por iludir a terra através do betão, como o Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros (2012) dos Arquitetos Gonçalo Byrne e José Laranjeira, alvo de estudo no capítulo 3. Mais uma vez, a questão que se coloca é o porquê destas não concretizações em terra.

Um dos primeiros motivos estará certamente relacionado com o ainda fraco ensino direcionado especificamente à aplicação da terra crua na arquitetura, apesar dos esforços constatados no ramo[81]. Do mesmo modo, existe também um *deficit* na capacitação de construtores que saibam executar as técnicas construtivas em terra

81 Verifica-se um aumento em cursos informais de curta duração. Recentemente (2016), em Santiago do Chile, na Pontifícia Universidad Católica do Chile, abriu um diplomado em técnicas de construção com terra, que vem acrescentar mais uma opção de formação académica, dominada, até ao momento, pelo CRAterre com o seu pós-mestrado "DSA Terre" da UNESCO, lecionado na Universidade de Grenoble.



(102)

(102) Cartaz publicitário para um Workshop de construção de abóbadas de adobe realizado pelo Tibá do Rio de Janeiro, Brasil

crua, fundamental numa época em que os saberes dificilmente são passados pela mera experiência. Neste sentido, também Neves (2011, p.10) destaca que *na sua grande maioria, os centros educativos e universidades não contemplam a arquitetura e construção contemporânea de terra como uma disciplinar regular, o que impede a generalização da formação neste tema, a qual permitiria a postura correta dos profissionais atuando em seus postos de trabalho, quando necessitassem emitir uma avaliação, aprovar um projeto ou até mesmo projetar e construir com terra*. Assim, os profissionais que atuam hoje, pelo menos no contexto europeu e sul-americano, são ainda maioritariamente pessoas que aprenderam com a experiência.

Para além da questão do ensino, acrescentam-se outros grandes bloqueios da arquitetura em terra que se prendem, essencialmente, com dúvidas de natureza económica, psicológica e cultural, institucional ou política. Dethier (1982, p.10) salienta que esses bloqueios não existem por acaso: *alguns dos preconceitos são às vezes sabiamente mantidos porque, parece, muitos são os que não acham necessários desenvolver esses sistemas. Algumas potências industriais ou multinacionais, produtoras de materiais de construção, ou centros de estudos responsáveis por sua utilização maciça, procuram, às vezes, para proteger seus mercados, desacreditar a terra. Privilegiando, a partir de mais de meio século, a utilização dominante do concreto, do aço, do alumínio e derivados petroquímicos, a arquitetura contemporânea ortodoxa favorizou os monopólios industriais que, para explorar esses mercados, raciocinam em termos de instalações gigantescas de produção* [...]. Este fator conduz a outra grande dificuldade que a arquitetura em terra está a enfrentar, que é a ausência ou o difícil financiamento por parte de bancos e a posição difícil que as seguradoras tomaram em relação a esta arquitetura. Como também Volhard (2016, p. 20) refere, *a terra, geralmente, não envolve a indústria, é um campo autónomo* e, por conseguinte, torna-se difícil encontrar quem promova e invista em pesquisas para além das organizações específicas de arquitetura em terra.

As organizações que existem, atuam sobretudo através de páginas *Web* e redes sociais e apresentam basicamente duas realidades: por um lado, existem os já mencionados



(103)



(104)

grupos alternativos, cujo principal intuito aparenta ser a passagem de conhecimentos construtivos através de palestras, seminários, cursos e *workshops*. Por outro lado, existe ainda um outro tipo de associações que, no fundo, apresentam os mesmos objetivos, mas que têm modos de atuação diferentes. Agem igualmente através de uma procura de intercâmbio de conhecimentos, formação, pesquisas, seminários ou divulgação de informações, mas focam-se mais em aspetos académicos e na procura de inserção da terra crua na arquitetura contemporânea, onde são necessárias legislações, normas, dados específicos. E, visto que a terra não constitui verdadeiramente um produto comerciável, é difícil encontrar quem financie investigações sobre o tema. É por isso que a construção em terra necessita destas organizações que fomentem a pesquisa e que iniciem, por exemplo, a elaboração de normas. Entre elas, destacam-se o CRAterre que, a nível europeu e mundial constitui uma das maiores referências, assim como a rede PROTERRA, ativa nos países latino-americanos. Além destes, existem vários, cada país costuma ter a sua própria associação. Por exemplo, em Portugal temos o *Centro da Terra*, na Austrália o *EBAA* e, no Chile, a *Fundación Jofré*. Na Alemanha, é de destacar o *Dachverband Lehm* (DVL), estabelecido em 1992 que, entre outros objetivos, focou-se no desenvolvimento de uma legislação para a construção em terra crua (em 1998 foram publicadas as *Lehmbau Regeln*, atualizadas novamente em 2009). O DVL também fornece cursos de capacitação de mão-de-obra na execução das técnicas de construção em terra crua (Volhard, 2016).

Contudo, a arquitetura contemporânea em terra permanece com vários receios, que se parecem prender também com a ainda fraca compreensão científica da terra enquanto material construtivo e ainda com a ausência de Normas em muitos países. Um desconhecimento que leva, muitas vezes, ao abandono da opção de construir com terra. Por consequência, o segundo capítulo desta dissertação propõe a entender com mais precisão o comportamento do material terra que, tal como o fator sociocultural analisado ao longo deste capítulo, certamente condiciona a motivação pelo seu uso na arquitetura contemporânea.

(103) Cartaz publicitário para o Programa de Aprendiz (4 semanas) oferecido pelo Tibá do Rio de Janeiro, Brasil

(104) Houben, H., & Guillaud, H. (2006). *Traité de construction en Terre*. (Tratado de Construção em Terra). Publicação do CRAterre que, até ao momento, constitui um dos manuais mais completos a respeito da construção em terra crua

Parte I

Capítulo 2

A Terra como Material de Construção

2.1. Porquê conhecer as propriedades do material terra?

Para entender os diferentes objetivos que os arquitetos manifestam ao utilizar a terra nos seus projetos, surge a necessidade de entender que propriedades do material poderão constituir fatores a favor ou contra a sua adoção. Propriedades que, apesar da terra ser um material de construção que sempre tem sido utilizado abundantemente pelo homem e que hoje em dia está a encontrar o seu caminho na arquitetura contemporânea, ainda se encontram pouco compreendidas. A mera dúvida relativamente às propriedades da terra enquanto material construtivo constitui talvez um dos maiores fatores que desmotiva os arquitetos a utilizá-la.

Dúvidas que se devem, entre outros, a um escasso conhecimento do arquiteto ou do engenheiro relativo às propriedades do material, apesar de existirem áreas como a Geologia, a Mecânica de Solos, a Agronomia, etc. que estudam minuciosamente o solo através das suas propriedades físicas, químicas e/ou mineralógicas (Faria, 2005). Assim, um dos numerosos travões ao desenvolvimento de um setor de terra crua na construção é a ainda fraca compreensão científica do material (Moevus-Dorvaux et al., 2016). Ou seja, ainda é difícil encontrar dados confiáveis sobre o comportamento mecânico ou higrotérmico do material terra, apesar deste ter sido utilizado desde os primórdios da humanidade e ser um dos materiais de construção mais usados atualmente no mundo (Moevus, Fontaine, et al., 2013). Como se pode observar nos exemplos apresentados no primeiro capítulo desta dissertação, mesmo sem grande conhecimento científico, o Homem tem criado arquiteturas em terra fascinantes – os construtores em terra sempre conseguiram desenvolver um bom conhecimento empírico do material. Porquê insistir então em conseguir dados concretos sobre o seu comportamento? Esta questão poderia ser filosófica se não estivéssemos num panorama dominado pela lógica da segurança e certificação e onde o tempo significa dinheiro. Se o objetivo é tornar a terra num material de construção comum e não excecional na arquitetura contemporânea, então existe a necessidade de conhecê-la



(1)

(1) Diversidades de terra

melhor, não só para garantir uma segurança ao cliente, ao engenheiro, ao arquiteto e ao empreiteiro, mas também para reduzir o custo da mão-de-obra e a própria duração da obra, pois com esse conhecimento poderão ser trabalhadas inovações nos métodos e processos de construção com terra.

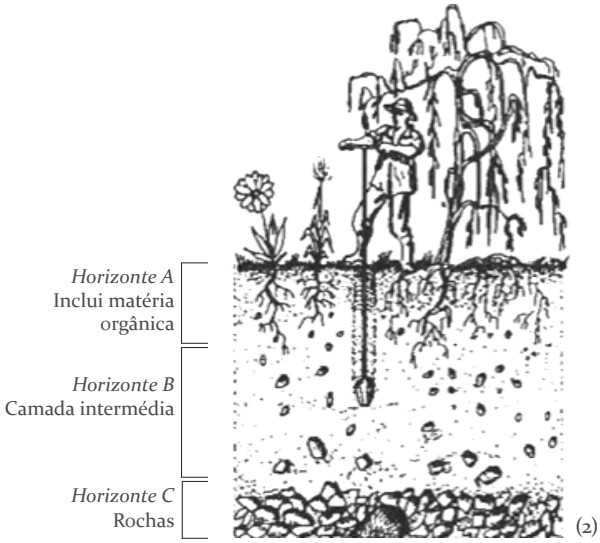
Torna-se então imperativo que essa condição seja melhorada, pois no início do século XXI possuímos ferramentas suficientes para enfrentar o desafio científico de compreender bem o material terra, os fenómenos físicos que intervêm ao longo do seu ciclo de vida e, especialmente, tirar proveito desse conhecimento para a construção. Apostar na nano ciência, um meio capaz de oferecer novas luzes sobre o comportamento da terra e os fatores que o influenciam, especialmente aqueles relacionados com a físico-química das suas partículas mais finas, pode constituir um dos inúmeros meios possíveis de adaptar o estudo da terra ao estado atual da ciência (Moevus-Dorvaux et al., 2016).

O objetivo deste capítulo é, então, fornecer um breve panorama sobre o "estado da arte", tentando passar ao leitor conhecimentos base sobre o comportamento da terra enquanto material de construção e entender de que modo estes parâmetros podem constituir (ou não) motivos para que este seja adotado pelos arquitetos contemporâneos. Pretende, ao mesmo tempo, desfazer alguns preconceitos difundidos sobre o material terra que, por vezes, leva a que nem seja considerado como opção construtiva válida.

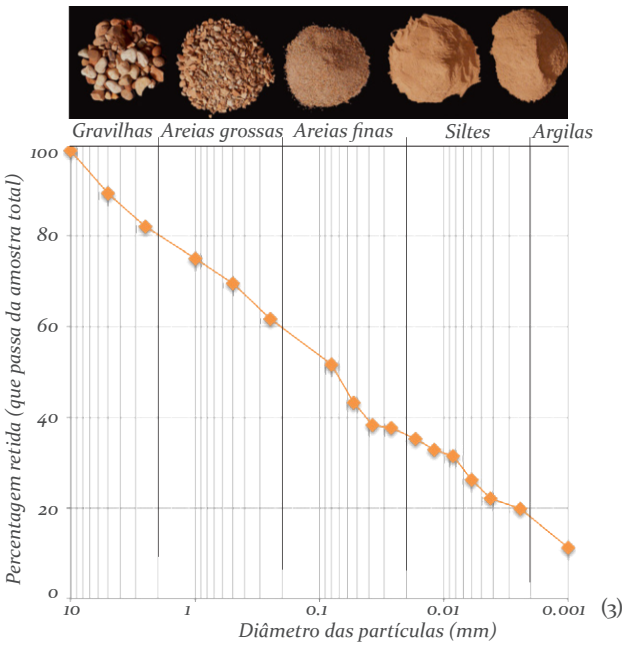
2.2. Composição da terra

A terra crua é fundamentalmente caraterizada pela sua granulometria (natureza e quantidade dos agregados), plasticidade (aptidão a ser modelada), compressibilidade (possibilidade de densificação e de redução da porosidade) e coesão (propriedade de ligação dos agregados entre si).

(Guillaud, 1993, p. 33)



(2)



(3)

(2) Os horizontes do solo. O solo já formado (solo adulto) apresenta distintas camadas bem definidas e constituídas por elementos diferenciados (gases, líquidos e sólidos) de entre os quais se destacam constituintes orgânicos (plantas, animais e micro-organismos e/ou restos em decomposição, húmus) e constituintes minerais (sílicas, silicatos e argilas). Essas camadas, associadas por grupos e de espessuras variáveis, são denominadas por horizontes (Rocha, 2006)

(3) Curva granulométrica de uma terra de Brézins (França) com fotografias dos componentes separados, CRAterre-ENSAG. Trata-se de uma terra globalmente equilibrada (existência de uma proporção aproximadamente equivalente entre as partículas constituíntes da terra)

2.2.1. Os constituíntes e sua formação

Para compreender o comportamento da terra[1] torna-se necessário, em primeiro lugar, entender a sua composição, pois atrás da expressão "terra" escondem-se uma infinidade de matérias com propriedades variadas que diferem em proporção em cada tipo de terra (Couvreur, 2012). De partida, é de salientar que cada constituinte da terra tem as suas propriedades próprias, que influenciam de forma específica a qualidade da terra enquanto material construtivo sendo, por isso, relevante conhecê-los.

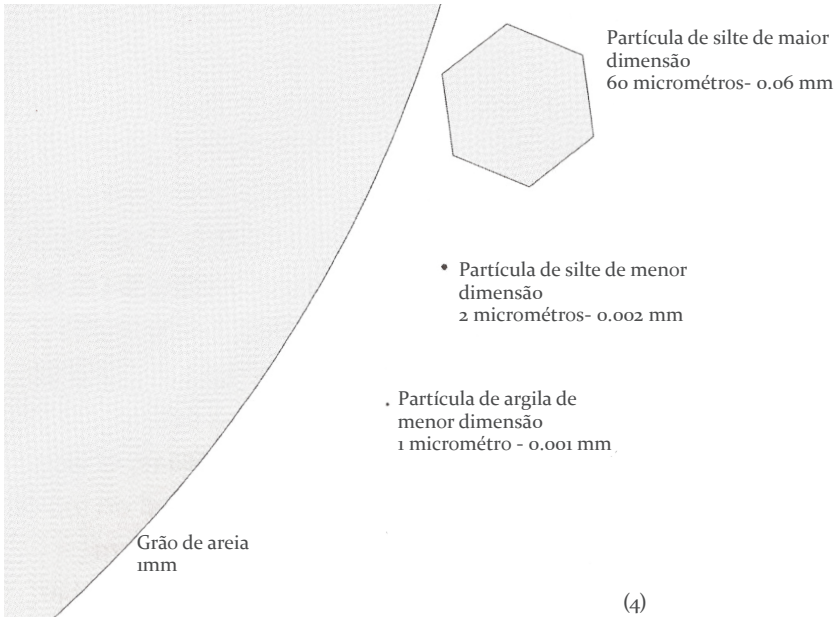
Primeiro, importa entender que a qualidade da terra varia de lugar para lugar, o que se deve aos distintos processos de formação[2]. De forma resumida, o solo é resultado da ação do sol, das chuvas, dos ventos e do crescimento dos organismos sobre as rochas que compõem a litosfera – ou seja, dos intemperismos físicos[3] e químicos[4] (Faria, 2011). Assim, estes fatores de formação do solo, naturalmente distintos de lugar para lugar, vão dar origem a uma grande diversidade de terras, com uma variação de propriedades ilimitada. Neste ponto, importa referir ainda que esta variação deve-se sobretudo à relação de percentagens dos seus constituintes, ou seja, nos diversos diâmetros das partículas minerais, mais do que nos tipos de partículas presentes, que são sempre mais ou menos constantes (Houben & Guillaud, 2006). Com este conhecimento, entende-se que a terra não é um material de construção facilmente estandardizável, pois a percentagem dos seus diferentes constituintes varia de terreno para terreno:

1 Ao longo do trabalho, a referência à terra subentende, *a priori*, apenas aquela apropriada para a construção, a camada mineral, localizada no subsolo (horizonte B (fig.2). Dentro do termo, não se inclui a camada superficial do solo (aproximadamente 30-40 cm), que é descartada por ser, na maioria dos casos, constituída por matéria orgânica, não indicada para a construção por se decompor rapidamente (O. B. Faria, 2002).

2 Rocha (2006, p.27) explica que *o processo de formação do solo passa por três estados principais. Primeiro, a "rocha-mãe" sofre um processo de transformação devido a variações de temperatura, ação da chuva, períodos de gelo e degelo e pela ação de plantas, animais e micro-organismos. O resultado deste processo é uma mistura de elementos minerais dissociados, que constituem o chamado "solo jovem". No segundo estado, esse solo jovem vai continuar a ser alterado pela ação das glaciações, do vento e da água, pela ação dos vulcões e pelos deslizes de terras. Este novo tipo de solo, designado "solo raso", que ainda não se encontra devidamente desenvolvido, é relativamente homogéneo e as suas caraterísticas físicas, químicas e biológicas são ainda bastante semelhantes às da rocha-mãe. No terceiro estado, esse solo raso sofre um processo de transformação em que os movimentos da água de infiltrações, da água ascendente e da evaporação e a ação de restos de plantas e raízes vão dar finalmente origem ao que se chama um "solo-adulto".*

3 Desintegração que provoca alterações no formato e dimensões das rochas.

4 Decomposição com alterações na composição química das rochas.



(4)

(4) Comparação entre as dimensões dos grãos constituintes da terra (segundo Piltinsgrud)
Gravilha (2mm ≤ d ≤ 20mm)
Areia (0,06mm ≤ d ≤ 2mm)
Silte (0,002mm ≤ d ≤ 0,06mm)
Argila (d ≤ 0,002mm)

se a terra utilizada numa obra chegasse com as suas partículas todas separadas e classificadas de acordo com o seu comportamento, poder-se-ia obter um material padronizado – no entanto, sabemos que esta não é a realidade.

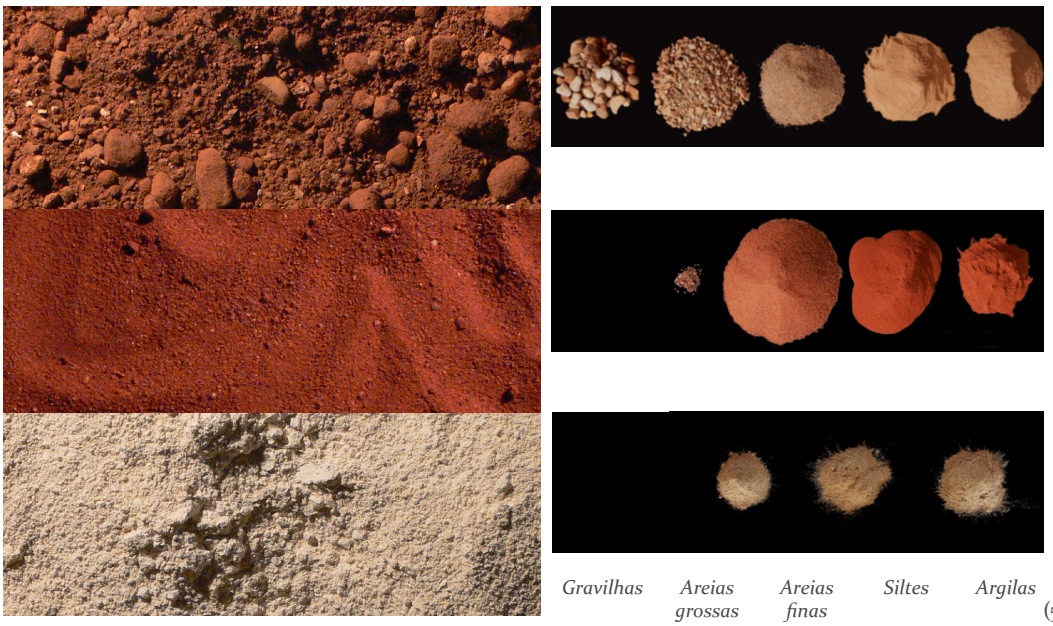
De que modo é que as diferenças entre as propriedades dos constituintes da terra influenciam então o comportamento de determinado solo?

Em primeiro lugar, é de destacar que o critério utilizado para classificar as partículas constituintes do solo é, normalmente, a sua dimensão (*fig. 4*). Uma classificação de solo típica divide as partículas em 4 tipos de acordo com o diâmetro dos seus grãos: os de maior tamanho são denominados de cascalho, seguido da gravilha, areia, do silte e, por último, da argila como a partícula mais fina de todas[5] (Reddi, Jain, & Yun, 2012). Para identificar as percentagens dos constituintes presentes numa terra, pode recorrer-se a testes tátil-visuais[6], geralmente apenas indicativos, ou a ensaios precisos de laboratório[7]. Quando conhecidas as percentagens exatas, geralmente estas são representadas através do diagrama denominado de curva de distribuição granulométrica, que mostra a relação entre a quantidade e dimensão das partículas presentes (*fig. 3*). Estas partículas possuem propriedades diferentes umas das outras, diferenças que são importantes de serem consideradas na seleção da terra, pois definem o seu comportamento. Por exemplo, algumas partículas

5 Existem vários sistemas de classificação para identificar as características gerais dos solos. Pode variar ligeiramente o limite entre os quais se distribuem as dimensões das partículas, no entanto estas consideram sempre a argila como partícula de menor tamanho, seguido pelo silte, a areia e, por último, a gravilha, que constitui o grão de maiores dimensões, podendo, por vezes, receber também o nome de pedra ou cascalho. Neste trabalho, adapta-se o sistema de classificação desenvolvido pelo MIT (Reddi, 2012) utilizado por vários autores, entre outros Minke (2012).

6 Os testes tátil-visuais permitem fazer um diagnóstico sobre a qualidade da terra através da análise do tamanho das partículas que a constituem (as visíveis a olho nu são areias e/ou pedregulhos, as que não se conseguem identificar a olho nu são siltes e/ou argilas); o seu cheiro (o mofo indica terra orgânica); o seu tato (arenosa se a sensação de esfregar a terra entre as mãos for áspera e siltosa se cobrir os dedos com partículas suaves como se fosse um talco), o seu brilho (observação do aspeto da superfície obtida pelo corte de uma pequena bola de formada por terra húmida: muito brilho indica terra argilosa, pouco brilho, siltosa, e opaca, arenosa) ou a sua cor (cores claras identificam solos inorgânicos e castanhos escuros identificam solos orgânicos). A distribuição granulométrica pode ser facilmente observada através do teste sedimentação (enchimento de um frasco com ¼ de terra e ¾ de água, agitar, deixar repousar e medir as camadas de areia, silte e argila).

7 Um modo exato utilizado para determinar a composição granulométrica da terra consiste em começar por separar as partículas maiores, o cascalho e a areia, através do processo de peneiramento (seleção a partir da passagem em peneiras de aberturas normalizadas). Depois de separadas as partículas mais finas, o silte e a argila, passa-se para a análise por sedimentação (Faria, 2005).



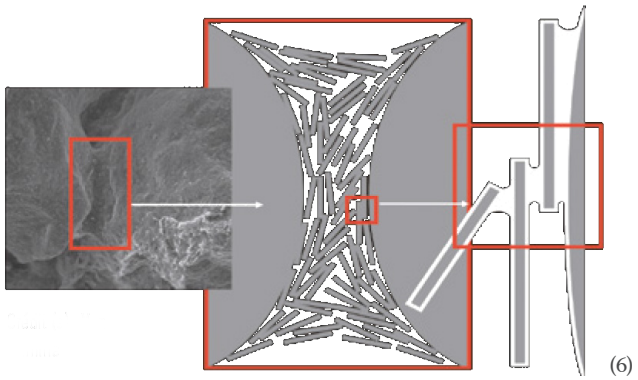
(5) Três tipos de terra distintos e sua composição. Origens (de cima para baixo): Brézins, Royans, Carrières du Bollounais (França)

oscilam no seu volume quando expostas a variações de humidade, enquanto que outras não apresentam deformações (Doat et al., 1991). Segundo Reddi et al. (2012), os solos de grão grosso (areia e gravilha) não apresentam coesão nem plasticidade, sendo a plasticidade uma caraterística dos solos compostos por grãos finos (silte e, especialmente, a argila). Ou seja, *as propriedades da terra variam consideravelmente de um tipo de solo para outro em função da complexa natureza, mistura e proporção das suas várias frações granulares* (Rocha, 2006, p. 29). Entende-se assim que cada constituinte da terra tem as suas características específicas e que estas realmente terão um papel na construção, sendo importante que se conheça as suas propriedades para que se possa prever o comportamento da terra a ser utilizada na obra. Segue, então, um breve exame das qualidades das partículas (*fig.* 5):

1. A gravilha (2mm ≤ d ≤ 20mm) é um elemento inerte e resistente (Faria, 2005). As suas propriedades mecânicas não sofrem uma modificação percetível na exposição à água (Doat et al., 1991).

2. A areia (0,06mm ≤ d ≤ 2mm) é um elemento inerte do solo, sem coesão quando seco (Faria, 2005), mas com uma elevada força de atrito interna. Não obstante, quando ligeiramente húmida, a areia tem aparência coesa, resultante da tensão de superfície da água que ocupa os espaços vazios entre partículas (Doat et al., 1991). Segundo Faria (2002), ela pode apresentar maior resistência à compressão do que a argila, embora não funcione isoladamente, como será explicado de seguida.

3.O Silte (0,002mm ≤ d ≤ 0,06mm) é a partícula intermediária entre a argila e a areia, com características mais próximas de uma ou de outra em função das dimensões dos seus grãos (Faria, 2002). As suas partículas, quando secas, não apresentam coesão entre si. Apesar da sua força de atrito interna geralmente ser menor do que a da areia, apresenta uma boa coesão quando húmida e pode apresentar alterações visíveis no seu volume sobre graus variáveis de humidade, de retração como de expansão (Doat et al., 1991).



(6)

(6) Ponte argilosa que liga dois grãos de areia.

4. A Argila (d ≤ 0,002mm)[8] apresenta caraterísticas consideravelmente diferentes dos outros grãos (gravilha, areia e silte) em função da sua estrutura laminar.

O fato de existir uma estrutura laminar na argila significa que existem processos que tornam possível a ligação entre as várias lâminas que constituem tal estrutura. Estes processos são complexos e dependem de vários fatores. Um dos fatores que justifica a sua complexidade é a questão dos minerais argilosos estarem sujeitos a inúmeros fenómenos elétricos (Houben & Guillaud, 2006) e variarem nas suas dimensões com a presença de água. É também com a água que as lâminas constituintes da argila conseguem assegurar a coesão da terra[9].

Como mostra o esquema apresentado na *figura 6*, a "ponte" que liga dois grãos de areia é constituída por plaquetas de argila, ligadas entre si através de pontes capilares. Numa terra seca, a humidade relativa do ar já é suficiente para assegurar a coesão das plaquetas de argila. As argilas constituem então o aglutinante do esqueleto granular da terra (Couvreur, 2012), ou seja, atuam como aglomerante para ligar as partículas na terra (Guillaud, 1993), assim como faz o cimento no betão. Portanto, a argila é o elemento que dá coesão à mistura, embora necessite dos seus agregados (silte, areia e gravilha) para preencher os vazios entre as partículas (Minke, 2012) e atribuir-lhe força. Observa-se então uma grande interdependência entre as partículas constituintes da terra: é necessário que exista uma certa quantidade de argila e de outros grãos de tamanho variável para que a terra funcione no seu todo.

As argilas não são apenas responsáveis pela coesão das partículas existentes na terra, mas também pela fluidez da mesma. Por isso, torna-se interessante conhecer e estudar com maior profundidade o funcionamento da estrutura laminar das argilas.

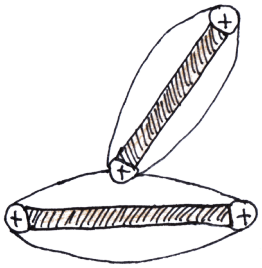
8 Minerais de argila são produzidos por intemperismos químicos (Reddi et al., 2012).

9 A água desempenha um papel determinante no fenómeno da tixotropia, que é caracterizado pela *capacidade que um solo argiloso, com muitas partículas coloidais (fração mais fina da argila), tem de adquirir maior resistência coesiva quando é amassado (misturado com água para obter plasticidade) e deixado em repouso até secar* (Faria, 2002, pp. 43-44). A água ativa assim as forças aglutinantes da argila, adquirindo assim resistência à compressão. Isto acontece porque a água desliza entre as estruturas laminares da argila, cobrindo-as com uma fina película de água. Quando esta água evaporar, o espaçamento interlaminar reduz-se e as lâminas acomodam-se paralelamente devido a forças de atracão elétricas (Minke, 2012).

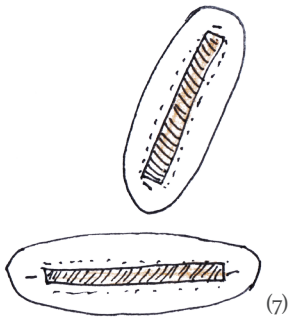
pH 1-3
Atração face-face
Fraca atração borda-face



pH 3-6
Repulsão face-face
Atração borda-face

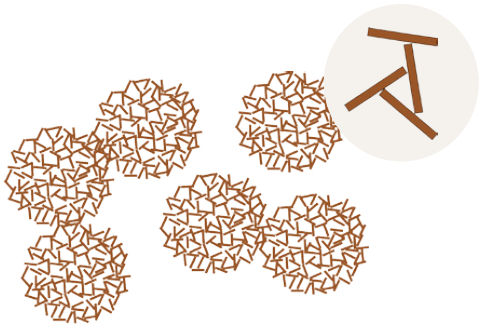


pH 7-11
Repulsão face-face
Repulsão borda-face



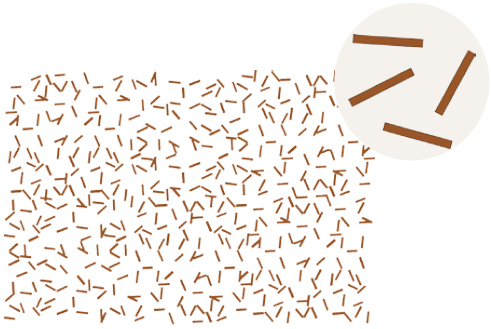
(7)

(7) Três modos de associação diferentes das plaquetas de argila em função do pH. As plaquetas de argilas geralmente apresentam uma carga negativa permanente sobre as suas faces e cargas variável sobre as suas bordas em função do pH



(8)

(8) Argilas agregadas em "castelos de cartas" formam agregados que captam a água



(9)

(9) Argilas dispersas: a água contida na terra fica disponível, o que traz um efeito fluidificador

A variação da fluidez da terra, causada pelas argilas que a constituem, explica-se pelo fato das suas plaquetas microscópicas, de dimensões variáveis, possuírem cargas negativas permanentes sobre as suas faces e, nas suas bordas, cargas variáveis em função do pH. Assim, as plaquetas podem se atrair ou afastar, dependendo das condições do ambiente, agregando-se de forma mais ou menos compacta (*figs. 7 - 9*) (Moevus-Dorvaux et al., 2016). Ou seja, o pH da terra, assim como a presença de sais, modificam as interações entre as partículas das argilas por agirem nas cargas das suas superfícies (Moevus, Fontaine, & Anger, 2012). Neste ponto, já se entende de que modo é que o conhecimento do pH pode contribuir para alterar a qualidade da terra enquanto material de construção: se o objetivo for uma grande fluidez com o mínimo de água, onde as plaquetas de argila se possam mover de maneira independente umas das outras (configuração dispersa), há que jogar com o pH e os sais presentes na terra.

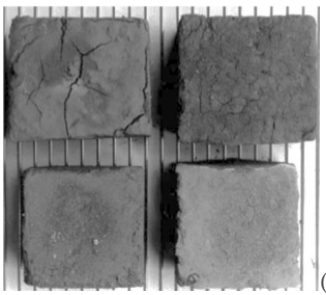
Uma propriedade da argila que deve ser também considerada pelas consequências que poderá ter na construção é a sua instabilidade volumétrica (Faria, 2005). Ao contrário da areia e da gravilha, a argila é instável e sofre alterações quando exposta a diferentes graus de humidade. Quando em contato com a água, seu volume aumenta visivelmente, assim como também contrai-se novamente na sua ausência. Quando isso acontece, podem aparecer fendas na massa de argila e enfraquecer a terra, pois permitem que a água penetre diretamente no interior do material. Deste modo, há que enfrentar esta propriedade de solos argilosos alterarem de volume através da retração ou expansão causadas pela oscilação de graus de humidade (Doat et al., 1991). Neste sentido, entende-se que é importante prever a retração da terra a ser utilizada na construção de modo a evitar fendas provocadas por uma retração excessiva, pois estas podem fragilizar a estrutura do elemento de terra. Não é simples conhecer/prever a magnitude da expansão e retração, pois depende fortemente do tipo[10] e da quantidade de argila, mas também da distribuição granulométrica do silte e, principalmente, da areia, que diminui os efeitos da retração na terra (*fig. 13*).

10 Os inúmeros tipos de argila dependem essencialmente da sua composição mineral e do número de catiões que possuem (Ruivo, 2015). Segundo Houben & Guillaud (2006), os três grandes tipos de argilas são a caulinita, a ilita e a montmorillonita. O que varia essencialmente entre os tipos de argila é o modo como as sua lâminas se ligam umas às outras, fator que é influenciado pela força e pelo tipo de iões que estas atraem.


(10)


(11)


(12)


(13)

Deste modo, entende-se que os diferentes tipos de argila influenciam a capacidade aglutinante e a resistência à compressão da terra (Minke, 2012). Ou seja, diferentes tipos de argila podem levar a distintas propriedades físicas e/ou mecânicas (Doat et al., 1991), como se observa nas *figuras 10, 11, 12.* A diferente resposta dos diversos tipos de argila a nível da sua retração, viscosidade e expansabilidade tem os seus efeitos na construção, não constituindo apenas pequenos detalhes supérfluos.

Com efeito, esta grande variação existente nas características da argila tornam a estandardização do material numa missão extremamente complicada. O mero conhecimento da percentagem de argila existente na terra pouco nos dirá sobre a sua qualidade e consequente aptidão construtiva.

(10) Diferenças apresentadas entre uma argila caulinia e uma esmectita no que respeita a retração

(11) Diferenças apresentadas entre uma argila caulinita (à direita) e uma argila esmectita (à esquerda) no que respeita a viscocidade com o mesmo rácio sólido-líquido

(12) Diferenças apresentadas entre uma argila caulinita (à direita) e uma argila esmectita (à esquerda) no que respeita a expansão dentro de água

(13) Resultados de retração em blocos de solo argiloso, de solo argiloso com mistura de areia e silte otimizada, de solo siltoso e de solo arenoso, respectivamente (esquerda para a direita), demonstrados por Minke (2012) em experiências realizadas com 4 blocos de 10 x 10 x 7cm de diferentes misturas de terra, submergidos em 80 cm^3 de água e secos num forno a 50ºC

2.2.2. Ensaios de campo e laboratório

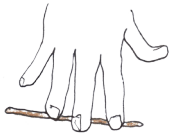
Pelo exposto, entende-se que não é fácil indicar as percentagens ideais de gravilha, areia, silte e de argila que deveriam estar presentes no material terra, apesar de existirem vários autores a fazerem essa sugestão[11], mas que podem ser perigosas por não contemplarem a natureza das argilas, que deveriam ser analisadas caso a caso. É neste ponto que entra a importância dos ensaios de campo ou de laboratório[12], pois estes possibilitam um entendimento do comportamento das argilas.

Existem numerosos ensaios de campo indicativos das qualidades da terra através da análise da sua resposta a determinados gestos. São ensaios simples e desenvolvidos por construtores ao longo dos tempos e através da experiência.

11 Um exemplo é dado pelo US National Bureau of Standards, que tem a recomendação rigorosa de 17% de argila, 25% de silte, 19% de areia grossa e 42% de areia fina (Reddi, Jain, & Yun, 2012). Também Doat et al. (1991) delimitam numa curva de distribuição granulométrica os valores pelos quais a composição de uma terra específica para a Taipa e o BTC deveriam andar.

12 Recomenda-se a leitura da seguinte bibliografia para um conhecimento mais aprofundado dos ensaios de campo e de laboratório: **Houben, H., & Guillaud, H.** (2006). T*raité de construction en Terre*. Marselha: Editions Parenthèses. (pp. 53-78 & pp.133-144); **Minke, G**. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3 ed.). Basileia: Birkhäuser Verlag. (pp. 21-34); **Neves, C., Faria, O., Rotondaro, R., Salas, P. C., & Hoffmann, M.** (2009). *Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra: práticas de campo*. Rede Ibero- americana PROTERRA. Acedido em 20-10-2016 em *http://www.redproterra.org*.

(14) **Cordão**
Avaliar a coesão e plasticidade da terra conforme a sua resposta à pressão:
1. Dura: terra argilosa, de alta plasticidade;
2. Suave e desfaz facilmente: terra argilo-siltosa/arenosa ou areno-argilosa, de plasticidade mediana;
3. Frágil: terra siltosa ou arenosa, com pouca argila, de baixa plasticidade;
4. Suave e esponjoso: solo orgânico.



1. Tomar uma porção de terra seca e adicionar água até que, rolando sobre uma superfície lisa e plana, seja possível formar um cordão que se rompa com 3 mm de diâmetro



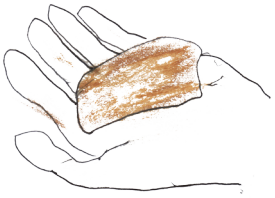


2. Formar uma bola com a terra nessa humidade e verificar a força necessária para esmagá-la entre o polegar e o indicador

(15) **Exsudação**
Avaliar a plasticidade da terra em função da sua capacidade de reter água:
1. Se depois de 5-10 golpes a água aflorar à superfície da amostra, a pressão dos dedos fazer a água desaparecer imediatamente e uma pressão mais forte esmigalhar o bolo: terra com pouca plasticidade;
2. Se depois de 20-30 golpes a água aparecer e desaparecer lentamente, a pressão dos dedos fazer com que o bolo se deforme como uma bola de borracha: terra ligeiramente plástica;
3. Se depois de mais de 30 golpes não houver mudança notável: terra de alta plasticidade.



1. Tomar uma porção da terra bastante húmida e colocar na palma de uma das mãos

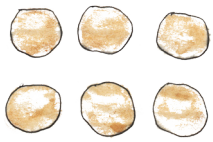


2. Golpear esta mão com a outra, de modo que a água saia para a superfície da amostra, dando-lhe um aspeto liso e brilhante

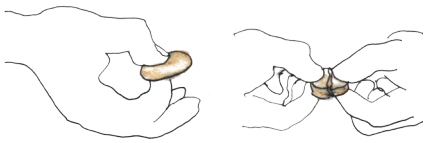
(16) **Resistência seca**
Avaliar resultados de acordo com o esforço realizado para quebrar as pastilhas e a natureza da sua desagragação:
1. Esforço grande; não se pulveriza: solo inorgânico de alta plasticidade; argila:
2. Esforço médio; é possível reduzir os pedaços a pó: terra argilo-siltosa, terra argilo- arenosa ou areia argilosa;
3. Esforço reduzido; fácil desagregação: falta de coesão. Solo arenoso, siltoso inorgânico ou outro com pouca argila.



1. Moldar pastilhas de terra bem húmida, com cerca de 0,5 a 1 cm de espessura e 2 a 3 cm de diâmetro



2. Deixar as pastilhas secarem ao sol, por dois ou mais dias

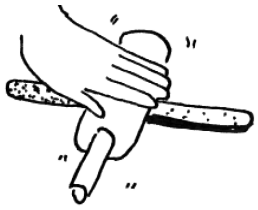


3. Tentar romper cada pastilha, pressionando entre o indicador e o polegar

(17) **Cinta**
Avaliar a plasticidade e a coesão da terra conforme o tamanho do pedaço de cinta que quebrou:
1. Pequeno (até 8 cm): terra com pouca argila e pouca força aglutinante;
2. Médio (8 - 15 cm): terra equilibrada e adequada para a maioria das utilizações da terra como material de construção;
3. Longo (+ 15 cm): demasiada argila, muito aglutinante (deve ser corrigida com areia)



1. Tomar uma amostra de terra seca e humeder o suficiente para ser moldável. Moldar um rolo de 3-6 mm de diâmetro e 20 cm de comprimento



2. Com esse rolo, formar uma cinta utilizando uma garrafa



3. Deslizar a cinta entre as mãos até quebrar

(18) **Golpe**
Quanto mais difícil for a penetração e quanto mais esta se agarrar ao instrumento, mais argilosa é a terra.



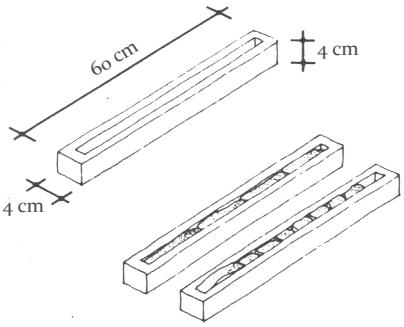
1. Cortar uma massa húmida de terra com uma faca ou espátula

Base: (Neves, Faria, Rotondaro, Salas, & Hoffmann, 2009)

1. Tomar uma porção de terra e adicionar água, pouco a pouco, até que se observar a aderência da mistura na lâmina da colher de pedreiro;

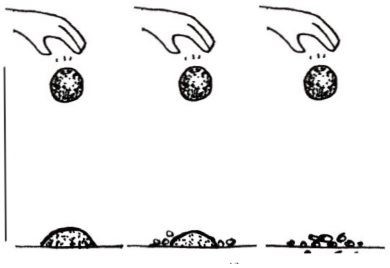
2. Colocar a mistura na caixa e alisar a superfície com a colher de pedreiro;

3. Deixar a caixa protegida do sol e da chuva durante dias (até a terra secar completamente).



1. Tomar uma porção da amostra da terra, humedecer com a quantidade de água suficiente para moldar uma bola de aproximadamente 4 cm de diâmetro;

2. Deixar a bola cair, em queda livre, da altura aproximada de 1 - 1,5 m.



(19) **Retração linear**
Avaliar a percentagem de retração da terra segundo a medição do espaço vazio resultante:
1. Nos casos onde ocorrem fissuras, encostar os pedaços todos para um lado e medir o espaço vazio;
2. Nos casos onde não ocorrem fissuras, apenas medir o espaço vazio.
A recomendação máxima de retração para uma terra a utilizar na construção é de de 8%.

(20) **Queda da bola**
Avaliar a forma de espalhamento da bola de terra após a queda:
1. Terras arenosas têm tendência a espalhar e a desagregar;
2. Terras argilosas apresentam maior coesão, espalhando-se menos.

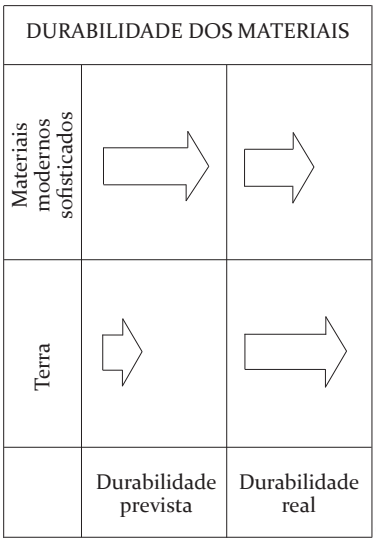
Através de simples procedimentos, torna-se então possível entender melhor o comportamento da terra através da sua ***retração*** (teste da caixa, *fig. 19*), coesão (queda da bola, *fig. 20*, e teste da cinta, *fig. 17*), ***consistência*** (teste do cordão, *fig.14*), ***plasticidade*** (teste de retenção de água, *fig. 15*) e ***resistência*** (teste de resistência à secagem, *fig. 16*) ***aderência*** (teste do golpe, *fig. 18*). Os testes não são exatos e, se não existir experiência suficiente, podem ser mal executados e levar a deduções falaciosas. Os ensaios de laboratório, por sua vez, conseguem analisar a qualidade da terra com bastante exatidão através de análises minuciosas sobre a qualidade das suas partículas, nomeadamente das argilas, e analisar fatores que influenciam o seu comportamento, como por exemplo o pH da terra.

De acordo com os resultados obtidos, pode seguir uma correção da composição granulométrica da terra a partir da adição de constituintes considerados em falta ou através do acrescento de estabilizantes naturais ou químicos, cujo efeito será estudado mais à frente. Torna-se ainda importante referir que os resultados dos ensaios podem dar indicação sobre a melhor técnica construtiva a usar. Assim, algumas técnicas conseguem, por exemplo, compensar argilas de alta retração[13] devido à inclusão de fibras vegetais, como acontece no adobe ou no tabique.

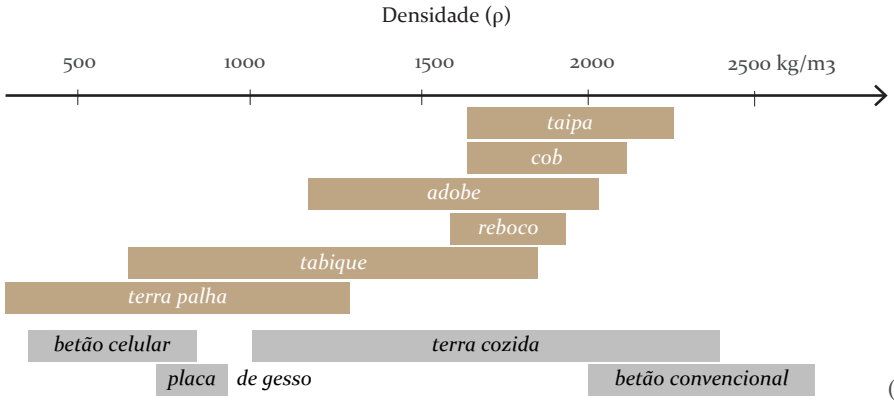
2.2.3. Consequências da composição da terra no seu comportamento

Como se entende pelo exposto ao longo desta primeira parte do capítulo, a terra ainda é um material pouco explorado no que diz respeito às propriedades que importam conhecer para a construção. E, sem conhecer o comportamento dos seus constituintes, será difícil otimizá-la para a construção.

13 Um solo muito argiloso pode ser corrigido através da adição de areia ou outros aditivos, como esterco de vaca ou cavalo, palha, serradura de madeira ou outras fibras vegetais. Esta compensação provoca automaticamente um aumento da sua resistência à compressão porque diminui a retração do material, ou seja, evita fissuras estruturais provocadas pelo processo de secagem. Ao contrário, também um solo muito arenoso pode ser corrigido com a adição de argila para que as partículas ganhem coesão entre si.



(21)



(22)

(21) Contraposição da durabilidade prevista e a durabilidade real dos materiais. Gráfico adaptado de (Houben & Guillaud, 2006)

(22) Comparação entre a densidade aparente característica de cada técnica de construção com terra e outros materiais construtivos.Gráfico adaptado de (Moevus-Dorvaux et al., 2016)

Na segunda parte, pretende-se entender como é que as qualidades dos constituintes da terra, assim como as variações decorrentes da técnica de construção utilizada, determinante da densidade aparente[14] da terra, definem o seu comportamento estrutural, térmico, acústico, higroscópico ou a sua resistência ao fogo[15] (*fig. 22*).

2.3. Comportamento estrutural

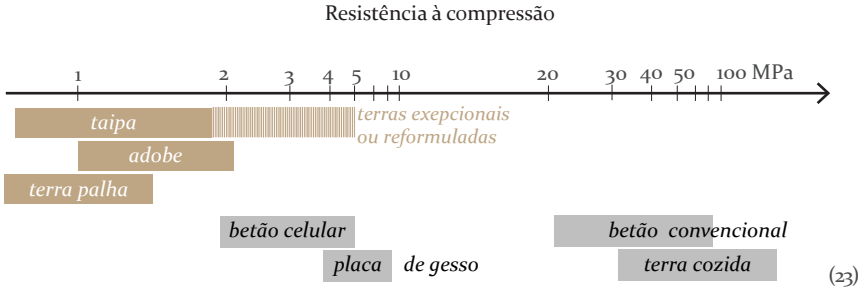
2.3.1. Material heterogéneo – estandardizável?

Dada a grande diversidade de tipos de terra e de uma grande possibilidade de variação de densidades, não é fácil tabelar valores para o comportamento estrutural de elementos em terra. Por consequência, se um engenheiro quiser saber o comportamento da terra em relação à compressão, provavelmente não encontrará dados concretos para o seu tipo específico de terra. No entanto, não é impossível obter-se um conhecimento rigoroso sobre as suas propriedades mecânicas: pode-se obter uma ideia do seu comportamento através de ensaios de campo, mas de igual modo podem-se realizar testes de laboratório como com qualquer outro material, apesar dos métodos de ensaio ainda não estarem, em geral, bem adaptados ao material terra[16] e existir uma possibilidade de divergências entre resultados de ensaios teóricos e a realidade, sobretudo no que respeita a durabilidade da terra, observável através

14 *A massa volúmica ou densidade aparente (ρ) de uma terra é a relação entre a sua massa e o seu volume medidos no seu estado seco após a secagem, em forno, a 105ºC. Esta propriedade depende de vários parâmetros, onde os principais são a distribuição granulométrica, a proporção e a natureza da fase aglutinante, o conteúdo de água envolvido no momento da obra, bem como o tipo de energia aplicada na terra (compactação, vibragem, etc.)* (Moevus-Dorvaux et al., 2016, p. 14).

15 Edifícios em terra são altamente recomendáveis para áreas de incêndios florestais (Klinge et al., 2016). Nas normas alemãs, a terra é classificada como um não-combustível e, na condição de apresentar uma densidade volúmica superior da 1700 kg/m3, até uma terra que contém fibras naturais é classificada como não-combustível (Volhard, 2016). A EBAA (Earth Building Association of Australia) confirma as excelentes avaliações da terra no que respeita a sua resistência ao fogo, indicando que uma parede de adobe de 25cm tem a capacidade de resistir durante 4 horas ao fogo. Ainda, Pedro Bexiga (2005) verifica do estudo das consequências dos incêndios na Serra de Monchique (2003) que paredes em taipa mantêm-se estruturalmente estáveis, podendo ser reaproveitadas, mesmo em condições bastante adversas e de longa exposição ao fogo.

16 Os métodos de ensaiar a terra são, ainda na sua maioria, baseados em testes *standard* para betões à base de cimento ou tijolos cozidos, ignorando-se a diferença existente entre as propriedades mecânicas destes materiais, pelo que os próprios dispositivos de ensaio podem influenciar os resultados (Moevus, Anger, & Fontaine, 2013).



(23)

(23) Comparação da resistência à compressão apresentada por paredes de materiais construtivos convencionais e paredes de terra realizadas com taipa, adobe e terra palha. Gráfico adaptado de (Moevus-Dorvaux et al., 2016)

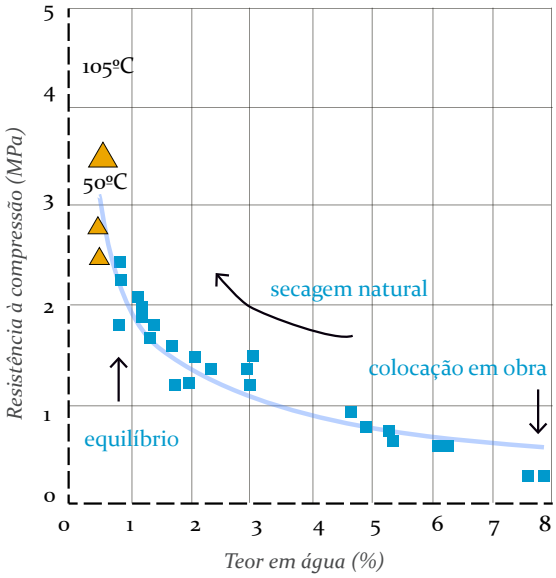
do esquema da *figura 21*. A título de exemplo, nota-se que um simples tijolo de adobe isolado não resistiria a testes de laboratório para fatores como uma resistência média à compressão de 1 – 1,5 MPa ou para resistir à liquefação após uma imersão na água. Na verdade, o adobe seria assim um material inutilizável segundo a ciência. Para refutar esta ideia, Houben et Guillaud (2006) utilizam como exemplo os edifícios em adobe de vários pisos no Iémen e os reservatórios de água no Irão que ainda se mantêm intatos após várias décadas. Em contraposição, a durabilidade teórica de numerosos materiais modernos é muito superior àquela observada na realidade.

De todos os modos, existem ensaios que permitem medir o comportamento estrutural da terra que, a nível da resistência à compressão, podem ser considerados relativamente exatos. Assim, o problema não é descobrir se uma determinada parede em terra funciona bem estruturalmente ou não. O problema é o fato da análise ser dispendiosa a nível de tempo e custos pois, como foi referido, a terra nunca é igual de lugar para lugar, obtendo-se resultados diferentes de acordo com a qualidade da sua composição granulométrica. Não funciona como um material estandardizado, como por exemplo o betão, que possui um comportamento estrutural bastante previsível por ser possível comparar a outras experiências já realizadas.

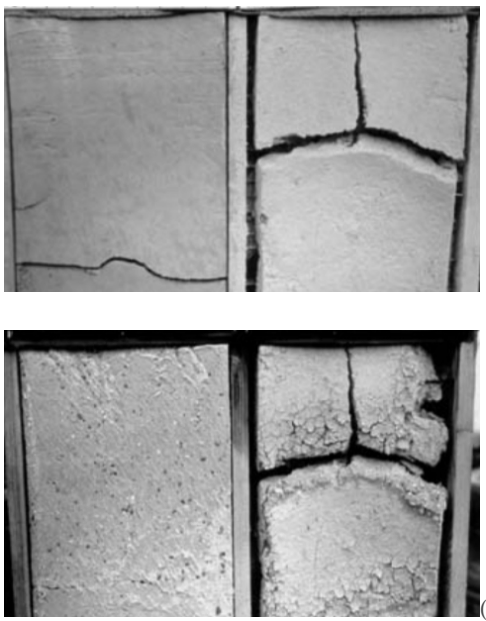
2.3.2. Resistência à compressão

Apesar da terra não ser um material estandardizável, existem noções gerais sobre o seu comportamento estrutural: admite-se que é um material pesado, pouco resistente à compressão. Segundo Houben & Guillaud (2006, p.146), *a terra é um betão de fraca resistência, um betão magro*. Observando a *figura 23*, a terra não parece ser um material famoso pelas suas qualidades mecânicas quando comparado com as de outros materiais. Ela é acusada de ter uma fraca resistência mecânica, o que é verdadeiro para a maior parte dos elementos construtivos obtidos através de técnicas como a taipa ou o adobe, que resistem à compressão até 1 MPa[17] (Houben, 1993 [1986]).

17 Os autores Houben & Guillaud (1989, cit. por Torgal et al., 2009, p.84) salientam que o *CRAterre recomenda uma resistência à compressão de 2 MPa para a construção de edifícios em terra com um piso*. Moevus et al. (2013) referem, por sua vez, que uma resistência à compressão uniaxial de uma terra viável para a construção pode variar entre os 0.4 e os 5 MPa e, para paredes em taipa, entre os 0.5 aos 3 MPa, sendo o mais comum 1.5 MPa.



(25)



(26)



(24)

(24) A importância da água na coesão dos grãos de areia: em cima, misturou-se água com areia; em baixo os grãos de areia estão secos e sem capacidade de serem modelados

(25) Evolução da resistência à compressão de uma parede de taipa ao longo do seu processo de secagem. Gráfico adaptado de Moevus-Dorvaux et at. (2016)

(26) Exemplares de rebocos de 5cm de terra arenosa (em cima) e de terra argilosa (em baixo) antes e depois da exposição às intempéries durante 3 anos. Estudo de Minke (2012)

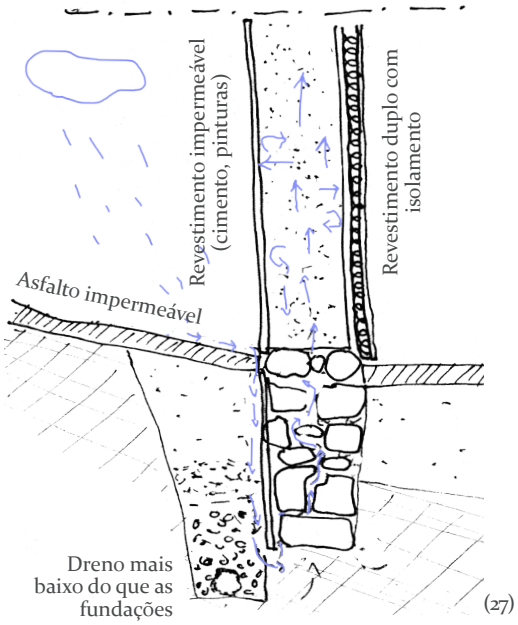
No entanto, recentes melhoramentos conseguidos através de processos como a estabilização ou a híper-compressão fazem prever resistências superiores a 10 MPa. Mas, pergunta-se Houben (1993 [1986], p. 30) *será verdadeiramente útil atingir tais resultados, idênticos aos do betão, quando se sabe que o peso corrente das cargas dum edifício de um ou dois andares permanece inferior a 2 daN/cm²* [0,2 MPa]?

A resposta a esta questão depende claramente do contexto. No entanto, porque não ter ambições de chegar a resultados idênticos ao betão se existe uma possibilidade para tal progresso? Pois segundo Moevus, Fontaine, et al. (2013), existem parâmetros que contribuem para melhorar a resistência à compressão, como uma elevada densidade, um conteúdo reduzido de água, um alto teor alto em argilas e siltes, uma boa homogeneidade, grãos de pequena dimensão, etc. O segredo estará certamente na otimização de todos estes fatores. No entanto, esta missão não é simples porque os mecanismos de coesão da terra, determinantes da sua resistência, dependem de inúmeros parâmetros (Moevus-Dorvaux et al., 2016). Entre eles, está a composição granulométrica, tratada na primeira parte, onde a grande variabilidade da qualidade da argila torna difícil qualquer tentativa de estandardização. Outro parâmetro importante é o efeito da água no comportamento da terra, que será explorado de seguida.

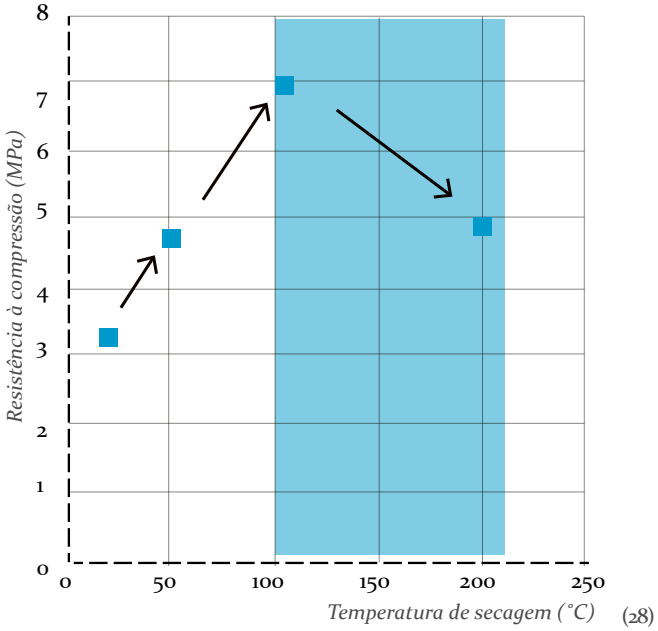
2.3.3. A influência da água na resistência mecânica

O primeiro exemplo de que a água desempenha um papel importante na coesão entre grãos é o castelo de areia: sem água seria impossível construí-lo, como é evidenciado na *figura 24*. No entanto, com demasiada água, o castelo desfazer-se-ia. Moevus-Dorvaux et al. (2016) descrevem uma série de ensaios realizados para caracterizar a influência do teor de água sobre a resistência mecânica de uma terra. Os resultados mostram que a resistência mecânica está diretamente relacionada com o teor de água presente na terra: quanto mais baixo for esse teor, mais elevada é a sua resistência[18]. Assim, pelo gráfico apresentado na *figura 25*, pode-se constatar que a resistência à compressão aumenta à medida que a terra vai secando. Isto explica-se porque o excesso de água

18 A resposta do comportamento da terra em relação às variações do seu teor de humidade são consideráveis: um aumento de apenas 0,5% pode diminuir a sua resistência à compressão em 1 Mpa (Moevus-Dorvaux et al., 2016).



(27)



(28)

provoca o afastamento das lâminas da argila. Neste ponto, é de ressaltar que as consequências de uma humidificação excessiva de uma parede de terra crua podem ser catastróficas, sendo a mais grave o seu colapso (Moevus-Dorvaux et al., 2016), que acontece quando a água se acumular até ao ponto da resistência à compressão da terra se tornar tão baixa e chegar ao ponto de já não aguentar mais com o seu próprio peso. É por esta razão que se torna importante que as construções em terra tenham um *bom chapéu e boas botas* para se protegerem da incidência direta de águas pluviais e/ou do solo (*fig. 27*). É de acrescentar ainda que a água, quando localizada em fissuras, pode ser perigosa ao congelar, pois aumentará de volume e, consecutivamente, dilatará também a própria fissura, o que enfraquecerá toda a estrutura da parede.

(27) Esquema de águas capturadas numa parede de taipa por efeitos de capilaridade. Pinturas impermeabilizantes, cimento ou isolamentos bloqueiam a evacuação natural da água excessiva contida na parede, fazendo com que a água fique presa no seu interior

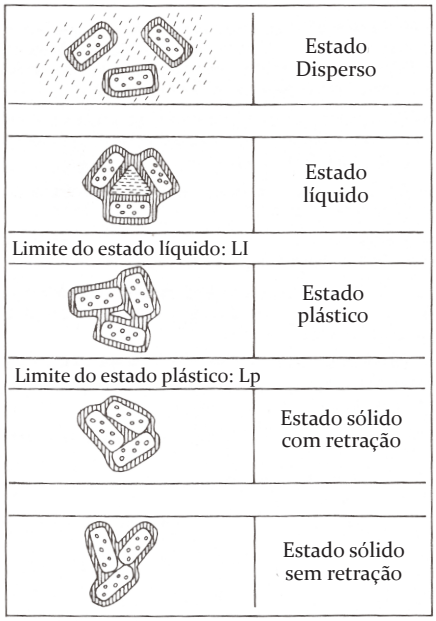
(28) A influência do conteúdo de água na terra em respeito à sua resistência à compressão. Gráfico adaptado de Moevus-Dorvaux et atl. (2016)

Não obstante, a parede de terra tem a capacidade em lidar com a presença de água até certas quantidades limites, pois consegue evacuá-la e secar novamente. Neste sentido, torna-se desvantajoso utilizar uma barreira de vapor para impedir a condensação intersticial[19] nas paredes de terra: como Volhard (2016) argumenta, não é apenas desnecessário usar uma barreira de vapor, mas também perigoso, pois poderá impedir ou dificultar a livre evacuação (através da evaporação) de humidade acumulada na parede por capilaridade ou outros, tornando-se mais importante deixar a terra *respirar* do que impedir a passagem do vapor de água.

E o que acontece se o conteúdo de água contido na terra evaporar totalmente? No gráfico da *figura 28* verifica-se que uma parede em taipa adquire a sua resistência máxima à compressão aos 105 °C (7 MPa), começando a perdê-la a partir da subida dessa temperatura. Aos 200 °C, ainda se observa uma resistência de 5 MPa, o que evidencia que a água não é a única fonte de coesão[20] (Moevus-Dorvaux et al., 2016), comprovado, de certa forma, pelas construções em terra existentes em climas extremamente secos.

19 A condensação intersticial numa parede de terra é um fenómeno que pode ocorrer quando existir uma diferença na pressão do vapor de água de cada lado da parede e esta começar a difundir de um lado para o outro (normalmente, isto acontece do interior para o exterior durante o inverno): em certas condições climáticas, pode acontecer que o vapor de água atinja o seu estado máximo de saturação durante esta transição de um lado para o outro, e que condense a meio da seção da parede.

20 As forças electroestáticas entre as lâminas da argila e as forças Van Der Waals contribuem igualmente para a sua coesão (Moevus, Fontaine, et al., 2013).



(29)

(29) Estados de plasticidade do solo. Representação esquemática, a escala microscópica, do arranjo dos constituintes da terra em cada um dos seus estados

Através dos estudos efetuados por Moevus-Dorvaux (2016), entende-se assim que o conteúdo de água tem uma influência sobre o comportamento estrutural da terra. A questão é saber como aplicar este conhecimento na construção com terra. Será que se poderia garantir, através da manipulação da composição granulométrica da terra, um conteúdo ideal de água nas paredes? Mais uma vez, o segredo poderá estar numa compreensão mais detalhada das propriedades dos constituintes da terra, nomeadamente das argilas, para saber manipulá-las a nosso favor. Prever comportamentos, provocar certos fenómenos físico-químicos, separar constituintes e criar misturas ideais, tudo isso seriam opções para otimizar o comportamento estrutural da terra. É de salientar ainda que a própria quantidade de água acrescentada à terra na fase de construção, influenciará a densidade da parede obtida e, consequentemente, algumas das suas propriedades, que serão analisadas em seguida.

2.3.4. A água e seus impactos na construção

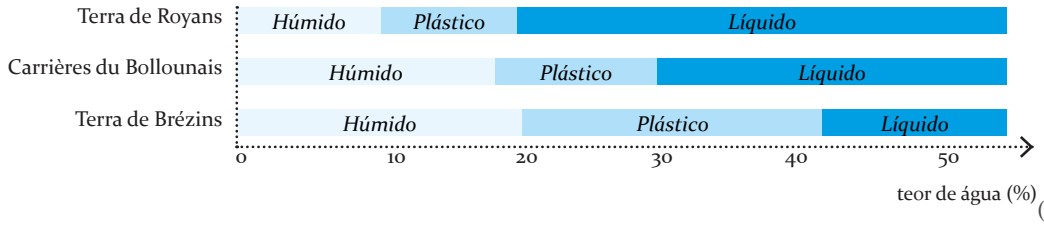
2.3.4.1. Estados de consistência da terra

A água possui um papel determinante no que respeita à preparação da terra para a construção, pois é graças a ela que se consegue adquirir uma consistência adequada para esta ser manuseada em obra e adquirir coesão após secar. Assim, a utilização da terra na construção segue uma lógica muito simples, onde o principal agente interveniente é a própria água.

Dependendo da quantidade de água adicionada, a terra amolece, plastifica ou liquidifica (Moevus-Dorvaux et al., 2016). Ou seja, quando a terra entra em contato com a água, esta expande-se e passa do estado sólido ao plástico e, se for adicionada mais água ainda, passará para o estado líquido[21] (*fig. 29*).

Faria (2005, pp. 181-182) explica que o *aspeto e a consistência dos solos e, em particular*

21 A simples absorção da humidade do ar pela terra, mesmo quando em grandes quantidades, é insuficiente para provocar a passagem de um estado de consistência para o outro (Minke, 2012).



(30)



(31)

(30) Variação dos limites de consistência em função de diferentes tipos de terra. Transições de estados determinados através dos ensaios de Atterberg. Gráfico adaptado de (Moevus-Dorvaux et al. 2016)

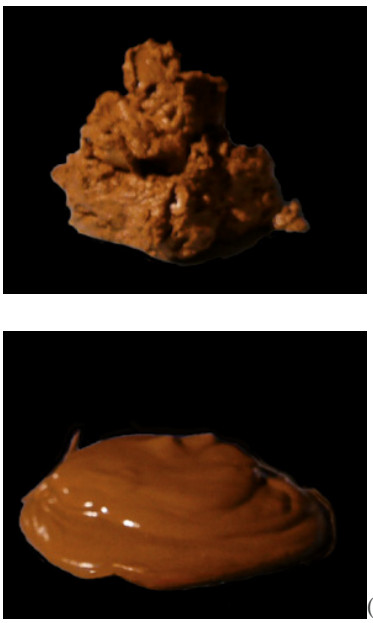
(31) Aparelho "Casagrande", utilizado nos ensaios de Atterberg. Os ensaios são realizados somente com a parte fina do solo (material que passa na peneira de abertura 0,42 mm).

das argilas presentes, variam de maneira muito nítida conforme a quantidade de água que contém. Atterberg desenvolveu ensaios que consistem em medir o teor de humidade do solo, nos diversos estados de consistência. A plasticidade do solo, ou limites de consistência, é determinada através de dois ensaios: limite de liquidez e limite de plasticidade[22]*. Na prática, pode-se caracterizar o solo pelo seu índice de plasticidade e o seu limite de liquidez.* Os autores Moevus-Dorvaux et al. (2016) destacam que os limites de plasticidade (LP) e de liquidez (LL) variam de uma terra para a outra, dependendo essencialmente da quantidade e do tipo de argilas e siltes presentes na mesma (*fig. 30*).

Estas observações são importantes porque evidenciam que a diversidade existente no comportamento das diferentes terras tem um impacto real na construção – determina a quantidade de água mínima necessária na terra para executar cada técnica construtiva, ou seja, a quantidade necessária para provocar a passagem de um estado para o outro (Moevus-Dorvaux et al., 2016). Mas em que sentido interessa conhecer este dado no quotidiano de construção com terra? A resposta é simples: de acordo com o seu estado de consistência, a terra torna-se mais ou menos fácil de ser trabalhada.

A este respeito, importa recordar que *a terra como material de construção é utilizada, basicamente, de dois modos: embebida em água, constituindo uma massa plástica ou barro; ou uma mistura húmida, compactada ou prensada, denominada terra comprimida* (Faria, 2005, p. 183). Por exemplo, a taipa é uma técnica realizada com a terra no seu estado húmido, pois é nesse estado que se formam pequenos fragmentos que são aglomeráveis através da compactação. Se a terra ultrapassar esse estado e passar para o seu estado líquido, a compactação no seu sentido original já não é possível.

22 Segundo Faria (2005, pp. 181-182), *o limite de liquidez (LL) é o teor de humidade determinado pelo aparelho de Casagrande* [fig. 31], que *é constituído por uma concha metálica unida a uma manivela que a move, fazendo-a cair sobre uma base sólida um certo número de vezes, até ao fechamento de 1 cm da ranhura padrão, feita previamente no solo colocado na concha. O limite de liquidez corresponde ao teor de humidade em que a ranhura se fecha com 25 golpes. O limite de plasticidade (LP) é o teor de humidade necessário e suficiente para rolar uma porção do solo humedecido sobre uma placa de vidro até formar um pequeno cordão com 3 mm de diâmetro e 12 cm a 15 cm de comprimento. A diferença entre o limite de liquidez e de plasticidade determina o índice de plasticidade (IP = LL – LP).*



(32) Efeito de um dispersante orgânico: o mesmo tipo de terra, com o mesmo conteúdo de água (sem dispersante em cima, com dispersante em baixo)

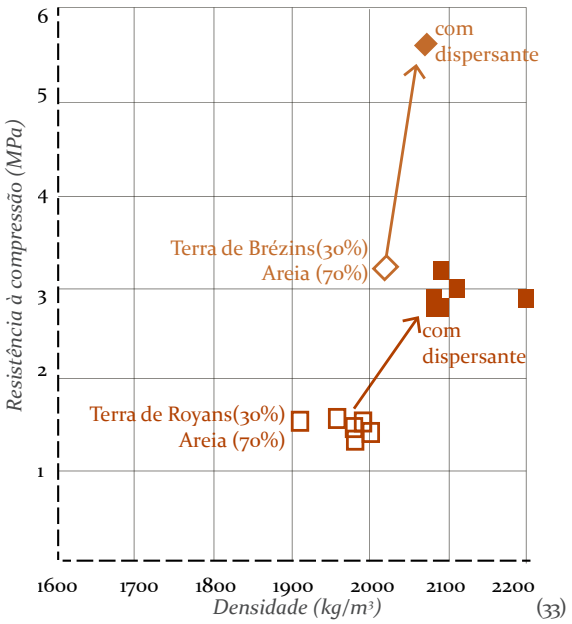
Acontece ainda que, para cada tipo de solo e para cada esforço de compactação, existe uma determinada humidade, denominada como humidade ótima de compactação[23], na qual ocorrem as condições em que se pode obter o melhor adensamento. E, quanto mais densa for a terra, menos porosa será, tornando-se num material mais durável e resistente a nível mecânico. Ao invés, na técnica de tabique tradicional, a terra tem que ultrapassar o estado húmido e estar no seu estado plástico para que se consiga agarrar à fibra vegetal e poder ser aplicada sobre a estrutura de suporte. Ou seja, não funciona se a terra estiver seca, nem líquida.

Em suma, é importante utilizar a quantidade de água adequada na fase de construção das paredes em terra, por um lado, para otimizar a execução de cada técnica construtiva para os objetivos pretendidos[24] e, pelo outro lado, para controlar a retração da terra[25]. Contudo, no presente momento, parece que estes conhecimentos ainda estão num nível relativamente básico e, acima de tudo, muito teórico, sem aplicação ou resultado prático na construção com terra. Por esta razão, na prática, a quantidade de água necessária para cada técnica é geralmente definida pela experiência e não pelos ensaios de laboratório definidos por Atterberg. Como Moevus et al. (2012) explicam, no quotidiano da obra os artesãos têm as suas próprias formas de saber qual é a consistência mais adequada para cada técnica que estão a executar. Trata-se de algo difícil de definir cientificamente, pois depende da qualidade da terra, especificamente das argilas e, também, do clima na qual é realizada a obra (que influenciará a velocidade de evaporação da água). Outro fator salientado pelos autores é a própria qualidade da água utilizada em obra que, dependendo dos seus minerais, provocará uma reação diferente com as argilas, afetando a capacidade de absorção das mesmas.

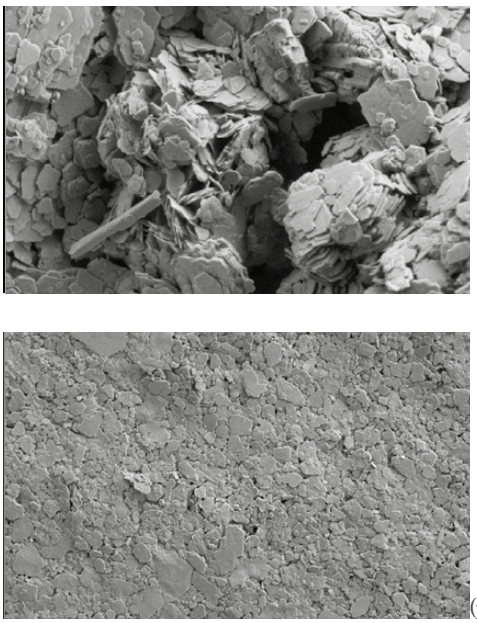
23 Faria (2005, pp.182-183) destaca que *a humidade ótima de compactação é determinada em laboratório através da medida da massa específica do solo em diferentes humidades, quando ele é compactado num determinado molde (cilindro de Proctor), mediante a aplicação de um nível de energia padronizado. As massas específicas são representadas em gráfico, em função da humidade, e a máxima massa específica determinada em laboratório.*

24 Através de uma maior compactação, a parede de terra ganha a nível de resistência mecânica mas, ao mesmo tempo, perde na capacidade de absorver humidade pela porosidade mais reduzida (Moevus-Dorvaux et al., 2016).

25 Durante a fase de secagem, são evaporadas quantidades consideráveis de água, provocando uma retração na terra: as lâminas da argila juntam-se devido a um aumento de forças capilares causadas pela perda de água enquanto que a sucção aumenta. É de notar que a retração pode causar fendas e que, por isso, deve ser controlada (Moevus, Fontaine, et al., 2013).



(33)



(34)

Por estes fatores, é extremamente difícil quantificar a água necessária para que a terra passe de um estado de consistência para o outro. Um meio mais imediato encontrado para limitar a quantidade de água utilizada em obra é através do uso de dispersantes, que permitem fluidificar a terra através da dispersão de argilas, tema estudado em seguida.

(33) Efeito de um dispersante na resposta à compressão e densidade da terra. A adição do dispersante aumentou a resistência à compressão e a densidade das duas terras. Gráfico adaptado de Moevus-Dorvaux et al. (2016)

(34) Efeito do dispersante numa gota de argila (caulinita) a uma escala microscópica. Na imagem de cima, onde não foi utilizado o dispersante, observa-se que as plaquetas formam pequenos montes e que se arranjam de maneira irregular. Em baixo, onde se utilizou o dispersante, observa-se que as plaquetas da argila se arranjam de maneira muito regular, e que a superfície se torna muito lisa após a secagem

2.3.4.2.Dispersantes

O uso de dispersantes que, em certas condições, permite a fluidificação da terra sem o acrescento de água (*fig. 32*), apresenta vantagens para a própria execução de obra (mais fluidez = ganho de tempo e trabalho mais fácil para a mão-de-obra) e para as propriedades finais da parede (ganho de resistência à compressão[26], *fig. 33*). O ganho da resistência não decorre apenas do aumento da densidade do material. A dispersão tem consequências na organização das argilas entre elas, o que significa uma diferente microestrutura da terra no seu estado seco[27] (*fig. 34*). Assim, conclui-se que existe uma modificação na rede porosa após a dispersão das argilas no momento da obra.

Seria um "descobrimento" milagroso se não houvesse um pequeno senão: os dispersantes que melhores resultados produzem são ainda os industriais, de grande impacto ambiental. Introduzir produtos potencialmente tóxicos dentro da terra, coloca em questão a possibilidade de reutilizar ou até devolvé-la novamente ao ambiente sem poluir (Moevus-Dorvaux et al., 2016). Torna-se então necessário investigar dispersantes naturais que consigam chegar aos mesmos resultados que os dispersantes industriais[28]. Ainda para além dos dispersantes, existem os estabilizantes, que permitem atingir um controlo bastante imediato sobre as propriedades mecânicas da terra.

26 O ganho de resistência depende da capacidade aglutinante da terra em questão: quanto mais elevada for, mais marcado será o efeito do dispersante sobre a fluidez e o comportamento mecânico (Moevus-Dorvaux et al., 2016).

27 A dispersão desestrutura os agregados formados pelas argilas e permite às plaquetas empilharem-se face contra face, o que reforça a coesão do aglutinante argiloso(Moevus-Dorvaux et al., 2016).

28 Os autores Moevus-Dorvaux et al. (2016) destacam que certas moléculas bio-polímeras podem agir como dispersantes de argilas, como por exemplo o ácido húmico, a caseína ou os taninos. No entanto, o estado de conhecimento sobre os efeitos destes dispersantes ainda não está bem estudado, não sendo ainda possível generalizar o seu uso.

Tipo de terra	**Tensão de rotura (MPa)** *Solo c/compactação mecânica para o teor de água ótimo*	**Tensão de rotura (MPa)** *Solo + 7 % de cal aérea*	**Tensão de rotura (MPa)** *Solo + 7% de cimento*
Albergaria 1 (8% argila, 10% siltes, 81% areias, 1% seixos)	1,04	1,08	2,90
Albergaria 2 (8% argila, 6% siltes, 71% areias, 15% seixos)	1,80	1,38	4,50
S. Susana (14% argila, 21% siltes, 31% areias, 34 % seixos)	1,70	1,26	2,60
Pulo do Lobo (9% argila, 39% siltes, 40% areias, 12% seixos)	0,57	1,36	1,50
S. Luis (7% argila, 7% siltes, 75% areias, 11% seixos)	1,60	1,74	3,20
S. Clara (17% argila, 11% siltes, 55% areias, 17% seixos)	0,75	1,44	1,11
Porto do Covo (2% argila, 3% siltes, 3% areias, 91% seixos)	1,08	1,14	1,20
Barragem (6% argila, 22% siltes, 23% areias, 49% seixos)	1,42	1,92	4,95
Messejana	0,97	1,54	1,50

(35)

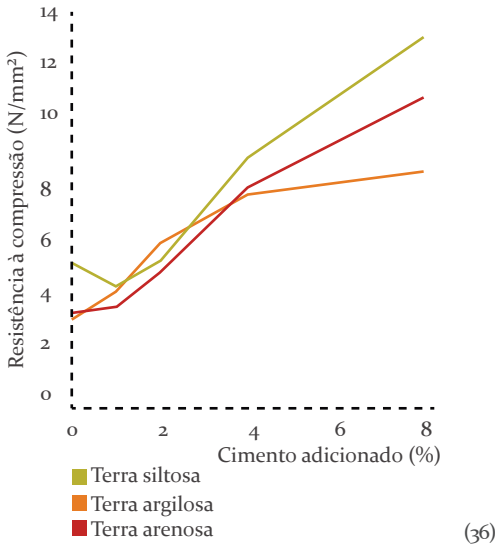
(35) Resistência mecânica de amostras de terra do Alentejo aos 21 dias para diferentes processos de estabilização. Tabela adaptada de Motta (1997) in Torgal et al. (2009)

2.3.5. A estabilização de solos

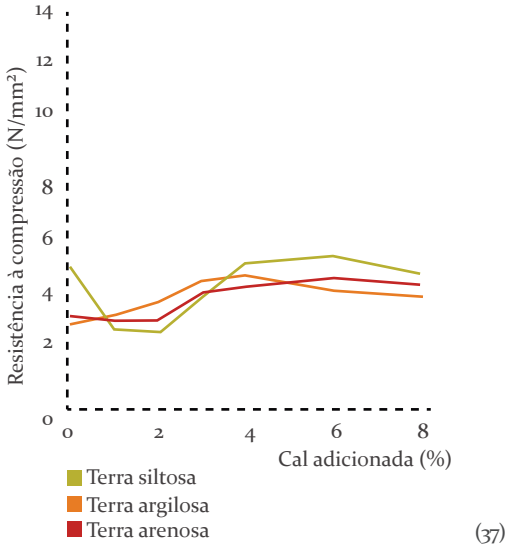
Na procura de melhorar as propriedades naturais da terra, especialmente no que diz respeito a um aumento da resistência à compressão e às intempéries, nas últimas décadas tem-se apostado cada vez mais na estabilização da terra, sobretudo através do uso da cal e do cimento. Utilizar o cimento como estabilizante é bastante polémico, uma vez que retira à terra uma das suas maiores qualidades: a de ser inteiramente reciclável e poder voltar para onde veio sem problemas. Não obstante, vários estudos demonstram que a estabilização com cimento produz, efetivamente, um aumento de resistência à compressão em certas condições (*figs. 35 & 36)*. Em relação à cal, é de notar que esta não conduz a aumentos tão significativos como aqueles atingidos através da adição de cimento (*figs. 35 & 37*). De ressaltar ainda é que tanto o cimento, como a cal, podem até conduzir a uma redução da resistência à compressão da terra, dependendo da quantidade do estabilizante adicionado e da composição granulométrica da terra. O que se pode concluir então do uso de estabilizantes minerais como a cal ou o cimento?

Em primeiro lugar, há que questionar-se até que ponto é, realmente, necessário aumentar a resistência à compressão da terra e onde começa o interesse da indústria do cimento. Não existem inúmeros exemplos de paredes em terra que, por si só, constituem a própria estrutura da casa? Em segundo lugar, está o argumento ecológico. Pode-se questionar de porquê retirar à terra a sua grande qualidade de ser reciclável, até porque também existem os aditivos orgânicos para além dos estabilizantes minerais: há séculos que os construtores em terra crua têm vindo a desenvolver receitas que incluem produtos orgânicos naturais (esterco de vaca/cavalo, taninos, caseína, algas,...)[29]. Assume-se que estes bio-polímeros naturais conseguem melhorar certas propriedades da terra, tal como a resistência à erosão e à compressão, assim como a própria textura do material. Deduz-se ainda que, ao contrário dos estabilizantes

29 Minke (2012) é um dos autores que destaca a eficiência dos estabilizantes naturais, destacando o acetato de amônio e a ureia, substâncias que estão contidas na urina e que são conhecidas por aumentar consideravelmente a resistência à compressão de argilas caulinitas. Igualmente as fibras vegetais podem, em quantidades específicas, aumentar a resistência à compressão, bem como à tensão, sendo, de certa forma, também estabilizantes.



(36)



(37)

artificiais, evitam a desobstrução da estrutura porosa da terra, não alterando assim a sua capacidade higroscópica (assunto estudado mais à frente). Contudo, os efeitos destas substâncias naturais ainda não estão bem estudados ou compreendidos fisicamente (Moevus-Dorvaux et al., 2016). Uma compreensão científica pode ser de extrema importância porque está ligada ao desafio de querer industrializar o material.

(36) Alterações da resistência à compresão de terra com a adição de cimento. Gráfico adaptado de Minke (2012)

(37) Alterações à resistência à compressão de terra com a adição de cal. Gráfico adaptado de Minke (2012)

2.3.6. Conclusões

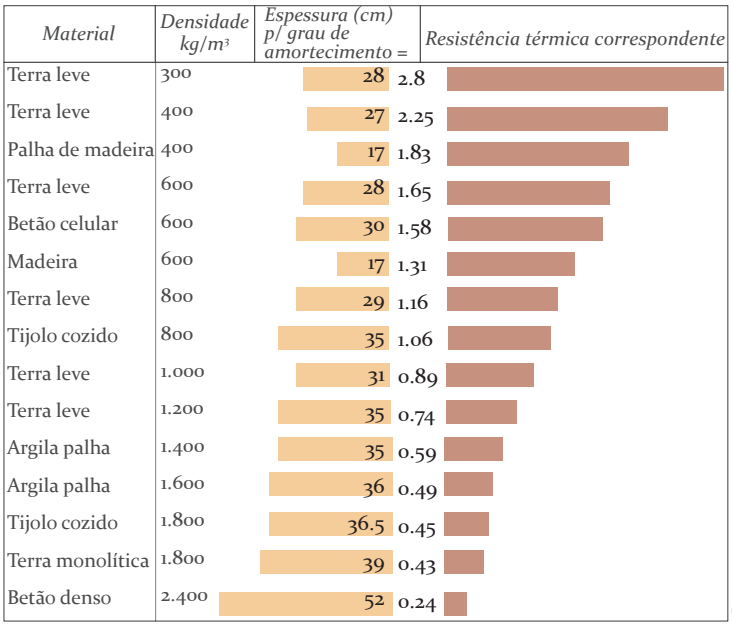
Pelo exposto sobre as propriedades mecânicas da terra, pode-se concluir que esta pode formar estruturas portantes, mesmo não apresentando valores excecionais nos seus diversos parâmetros de caracterização – seja a nível da sua resistência à compressão ou no seu módulo de elasticidade, que é inferior ao recomendado[30]. No entanto, apesar de não conseguir competir com as propriedades mecânicas de grande parte dos materiais industrializados, destaca-se a nível das suas qualidades que contribuem para um conforto térmico interior, assunto que será estudado em seguida.

2.4. Térmica

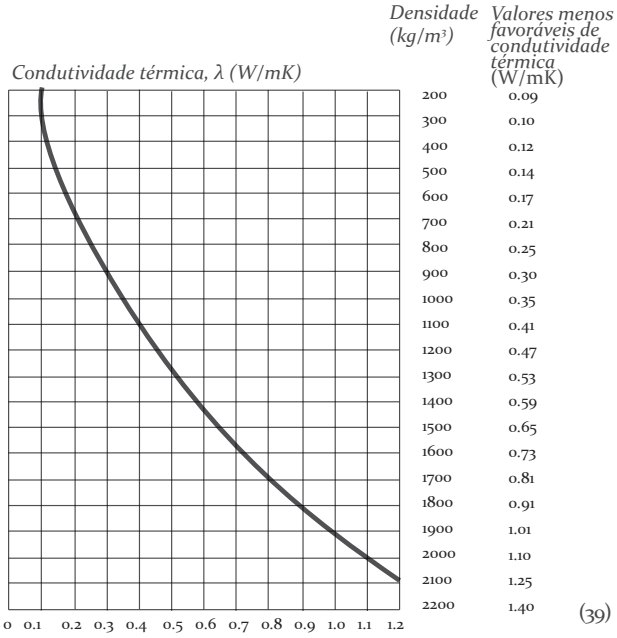
2.4.1. A terra - material com bom desempenho térmico?

Existe uma ideia generalizada de as casas em terra serem quentes no Inverno e frescas no Verão. É verdade que se verifica uma alta inércia térmica em construções em terra, no entanto, esta qualidade não consegue resolver todos os problemas térmicos. Assim, o pensamento de que a terra possui excelentes propriedades térmicas é, em parte, um mito: Minke (2012) afirma que não se pode comprovar a ideia generalizada da terra ser um excelente isolamento térmico.

30 Estudos analisados por Moevus, Fontaine, et al. (2013) evidenciam que o Módulo de elasticidade para a terra crua varia entre 1 e 5.5 Gpa (os valores recomendados para o módulo de elasticidade variam, no entanto situam-se sempre abaixo de 1 Gpa). Este valor aumenta quanto mais baixo for a porosidade e o conteúdo de humidade da terra e quanto mais alto for o seu conteúdo de argila e a sua área específica de superfície. No entanto, ainda não está claramente estabelecida a relação entre a composição da terra, a sua microestrutura e o seu módulo de elasticidade.



(38)



(39)

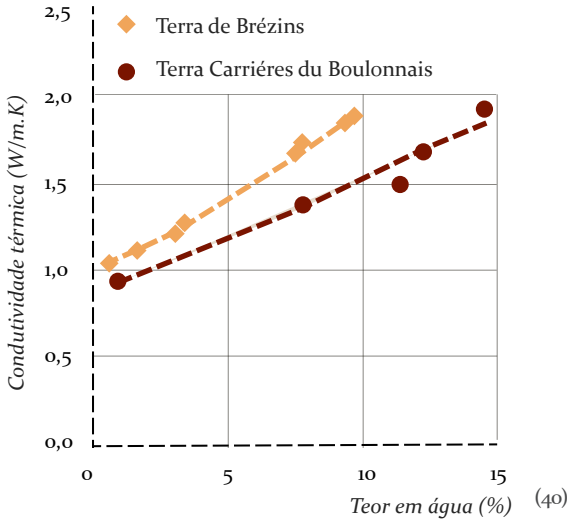
(38) Espessura necessária dos materiais de construção para atingirem um valor de amortecimento térmico equivalente (valor de referência: 1800 kg/m³, referente ao amortecimento térmico de uma parede de tijolo de 36,5 cm de espessura). Gráfico adaptado de Volhard (2016)

(39) Valores da condutividade térmica para a terra em função da sua densidade. Gráfico adaptado de Volhard (2016)

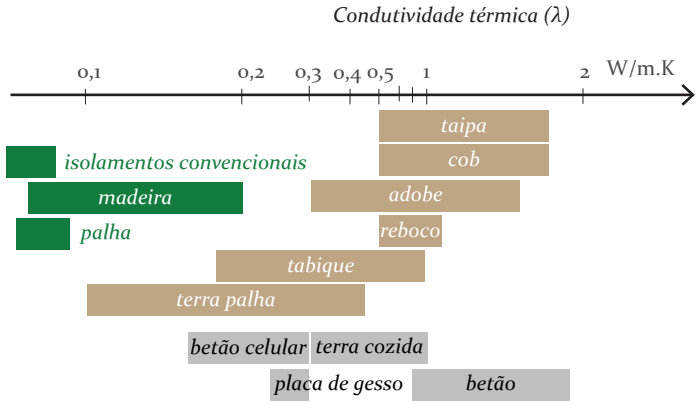
A terra, por si só, sem adição de fibras vegetais, não se destaca a nível isolante em comparação com outros materiais construtivos. De acordo com os dados da *figura 38*, entende-se que uma parede maciça de taipa, sem palha ou outros materiais, possui quase o mesmo efeito isolante que uma parede maciça de tijolos cozidos. Mas como explicar então o grande conforto térmico sentido pelos habitantes de casas em terra crua, mesmo daquelas que não são enriquecidas com fibras vegetais?

Existe uma explicação para este fenómeno, que se relaciona essencialmente com as diferentes respostas da terra a nível térmico: apesar de oferecer um baixo isolamento térmico, possui altas capacidade de atrasar e amortecer a chegada de temperaturas exteriores para o interior do edifício que, por sua vez, determinam a inércia térmica (Volhard, 2016). Entende-se assim que esta é definida pelo lapso de tempo que transcorre entre a absorção de temperatura na face exterior do elemento e a sua chegada ao interior do mesmo ou seja, o chamado atraso térmico[31], e, ainda, pela diferença entre a energia incidente na face exposta (exterior) e a que atinge o lado interior, o denominado amortecimento térmico (Vale, 2013/2014). Quanto mais capacidade de amortecimento térmico um material possuir, menos do frio ou do calor exterior passará para o interior. Deste modo, não se pode afirmar genericamente que a terra possui um bom ou um mau desempenho térmico, pois depende do parâmetro considerado. Depende, ainda, da densidade da terra, ou seja, da técnica construtiva aplicada. Com a ambição de entender em que situações a terra consegue garantir o conforto térmico e em que situações esta, por si só, não é suficiente, prossegue-se para um estudo mais detalhado sobre o seu comportamento térmico.

31 O atraso térmico depende da condutividade térmica (λ), da capacidade térmica(c), da densidade absoluta (d), e da espessura (l) da parede (Papst, 1999).



(40)



(41)

2.4.2. Condutividade e resistência térmica

Inversamente proporcionais, a condutividade[32] e a resistência térmica[33] de uma terra dependem da sua densidade[34] (*fig. 39*), do seu calor específico[35] e da espessura do elemento (Vale, 2013/2014). Variam ainda com o teor de água presente na rede porosa da terra.

Tal como se observa na *figura 40*, a condutividade térmica aumenta de acordo com o teor de água contido na terra, independentemente da sua composição granulométrica. Isto explica-se porque a água líquida apresenta uma condutividade térmica 30 vezes superior à do ar seco. Assim, por exemplo, para uma terra de 1800 kg/m³, a condutividade pode variar entre 1 a 1,2 W/m.K quando o conteúdo da água variar entre os 0 aos 2% (Moevus et al., 2013). Entende-se assim que, uma terra nunca pode apresentar valores de condutividade nem de resistência térmica fixos, pois o conteúdo de humidade na terra está em constante alteração (Moevus-Dorvaux et al., 2016). Visto que o teor de humidade contido na terra influencia os seus valores de condutividade e resistência térmica, então a técnica construtiva aplicada é determinante do desempenho térmico da parede. Isto porque a capacidade de absorção de humidade aumenta com a porosidade da terra, ou seja, terras menos densas, obtidas por técnicas que combinam o uso de fibras ou que necessitam de pouca compactação (*fig. 41*).

(40) Variação da condutividade térmica de dois tipos de terra em função do seu conteúdo de água. Gráfico adaptado de Moevus-Dorvaux et al., (2016)

(41) Condutividade térmica de diferentes materiais construtivos. (Quanto menor o valor, melhor para o desempenho térmico). Gráfico adaptado de Moevus-Dorvaux et al., (2016)

32 Na construção, o objetivo é ter um material com um baixo valor de condutividade, pois será menos condutor, possuindo uma maior capacidade de bloquear a passagem de temperaturas do interior para o exterior e vice-versa. Materiais classificados como bons isolantes possuem uma condutividade inferior a 0,065 W/m.K. O valor da condutividade térmica é ainda importante para calcular o coeficiente de transmissão térmica (U), necessário para avaliar e licenciar o projeto a nível do seu desempenho térmico (Vale, 2013/2014).

33 Por resistência térmica de um elemento de faces planas e paralelas entende-se a resistência que esse elemento oferece à passagem de calor, na direção perpendicular às suas faces, por unidade de tempo e de superfície, quando sujeito a um gradiente de temperatura unitário (m² ºC/W ou m² K/W). Assim, resistência térmica é o quociente da espessura de parede (e) e a condutividade térmica (λ) do material, expresso por unidade de área: R = e / λ (m² K/W) (Vale, 2013/2014). Uma alta resistência térmica de um material é um fator positivo, pois significa que será conduzido menos calor do lado quente para o lado frio do elemento construtivo.

34 Uma densidade volúmica menor (= mais ar contido nos vazios) e uma espessura maior de parede significam resistências térmicas mais altas e, consecutivamente, condutividades térmicas mais baixas. O valor da condutividade está na ordem dos 1,5 W/m.K para terras muito densas (2200 kg/m3), no seu estado seco, podendo baixar até aos 0,10W/m.K para massas de terra-palha mais leves (500kg/m3) (Moevus, Fontaine, et al., 2013).

35 Por calor específico entende-se a quantidade de calor necessária para aquecer 1Kg de material em 1ºC (Vale, 2013/2014). A capacidade calorífica específica da terra varia entre os 600 e os 1000 J/kg.K com um valor médio de 800 J/kg.K aos 20ºC (Moevus, Fontaine, et al., 2013).

Densidade volúmica ρ	Condutividade térmica λ	Resistência térmica R (m² K/W) com uma espessura (cm) de e =					
Kg/m³	W/K	*10*	*15*	*20*	*25*	*30*	*35*
300	0,10	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50
400	0,12	0,83	1,25	1,67	2,08	2,50	2,92
600	0,17	0,59	0,88	1,18	1,47	1,76	2,06
800	0,25	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40
1000	0,35	0,29	0,43	0,57	0,71	0,86	1,00
1200	0,47	0,21	0,32	0,43	0,53	0,64	0,74

(42)

(42) Condutividade e resistência térmica da terra em função da sua densidade volúmica. Tabela adaptada de Volhard (2016)

A partir dos valores apresentados na *figura 42*, conclui-se que as paredes de terra leve, de baixa densidade, conseguem cumprir facilmente com os valores mínimos exigidos para a resistência térmica (0,625 m² K/w para o clima português[36]). No entanto, seguindo o raciocínio, os valores da resistência térmica decrescem à medida que a densidade aumenta, pelo que se constata que uma parede de taipa comum dificilmente conseguirá atingir estes valores mínimos pela razão da sua densidade ser, de um modo geral, bastante elevada (superior aos 1200 Kg/m³).

Assim sendo podemos concluir que as construções em terra com alta densidade geralmente não conseguem atingir os valores mínimos exigidos para o coeficiente de transmissão térmica[37] sem a adição acrescida de isolamento térmico. Neste ponto, a terra pura, sem adição de fibras vegetais[38], tem o seu ponto fraco, que pode ser problemático para o cumprimento regulamentar térmico. No entanto, a maior capacidade de armazenamento de calor do material, que leva a que a parede tenha uma considerável inércia térmica, verifica-se precisamente em paredes de alta densidade[39].

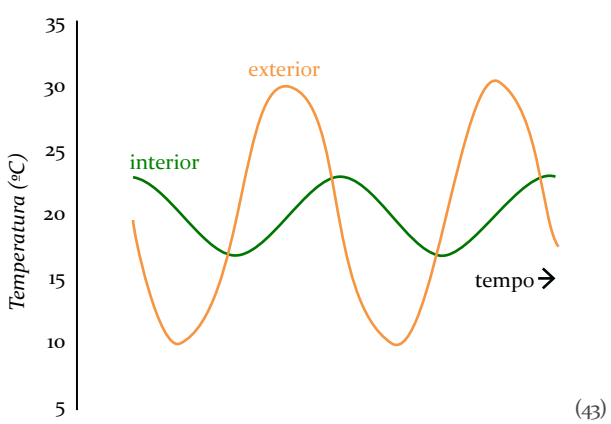
Parte-se então com a ideia de que a capacidade de armazenamento térmico e o isolamento térmico são inversamente proporcionais, ou seja, materiais com uma alta capacidade térmica normalmente são fracos isolantes térmicos e vice-versa (Volhard, 2016). Neste sentido, materiais leves que conseguem prender o ar, conseguem isolar bem mas não conseguem armazenar o calor. Ao contrário, materiais pesados e densos têm normalmente a capacidade de reter bem o calor mas, ao mesmo tempo, transmitir facilmente esse calor, sendo assim fracos isolantes.

36 Como valor de referência, Volhard (2016) indica o valor mínimo de resistência térmica exigido pela Norma Alemã DIN 4108-2 2013, onde R ≥ 1,20 m² K/W para paredes exteriores. No caso Português (Porto), este valor passa quase para a metade desse valor: 0,625 ("RCCTE," 2006).

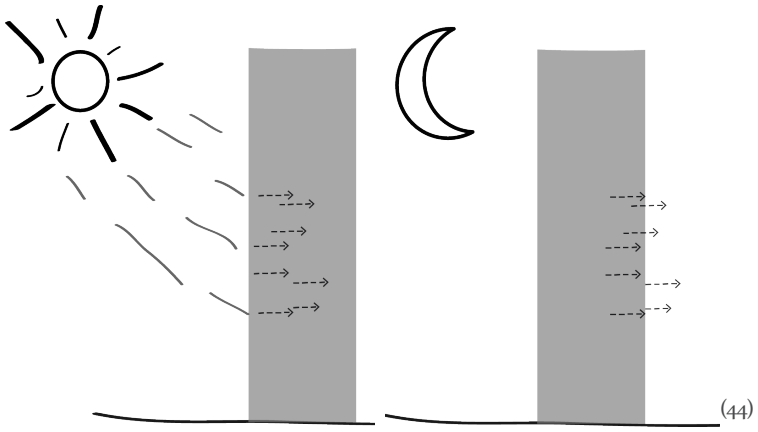
37 O coeficiente de transmissão térmica (U) é a transmissão de calor de um elemento construtivo como o inverso da soma das resistências térmicas, R, de todas as camadas de um elemento de construção e as diferentes resistências das superfícies dos elementos construtivos (Volhard, 2016). Quanto menor for o valor obtido, melhor será o isolamento térmico.

38 Uma terra enriquecida com fibras vegetais apresenta uma baixa condutividade térmica devido à sua baixa densidade, que se deve à alta proporção de ar capturada nos espaços vazios da massa de terra e aos minúsculos poros da fibra (Volhard, 2016).

39 Uma parede de terra-palha de 300 kg/m³ apresenta um coeficiente de condutividade térmica de apenas 0,1, enquanto que uma parede de terra monolítica de 2000 kg/m³ apresenta um coeficiente de 1,13.



(43)



(44)

(43) Uma edificação com uma elevada inércia térmica permite amortecer as variações de temperatura no interior e desfazer os picos de calor e de frio. Esquema adaptado de Moevus-Dorvaus et al. (2016)

(44) Ilustração esquemática do fenómeno de inércia térmica

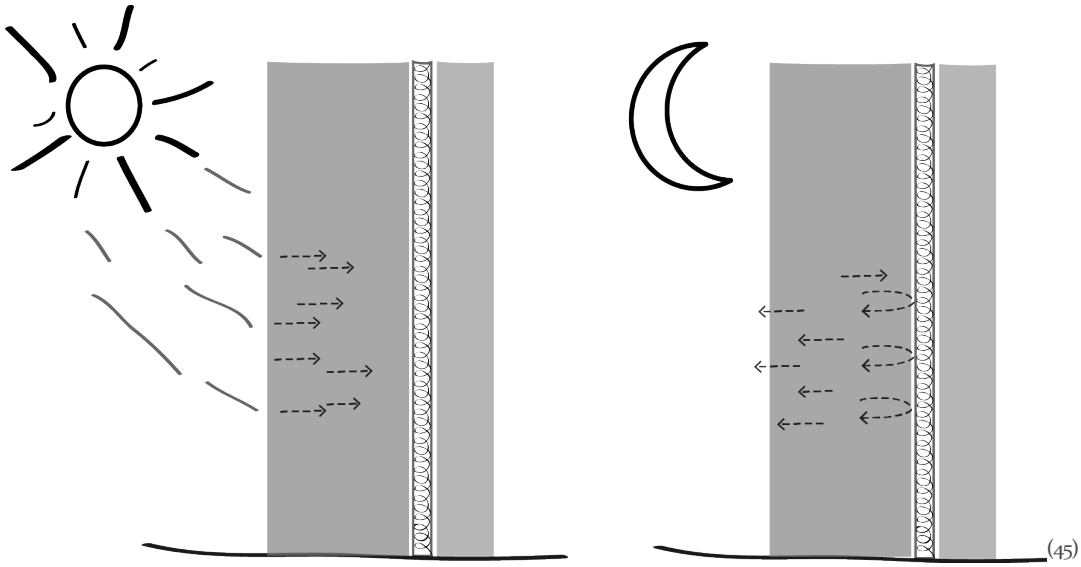
O que se torna então mais vantajoso a nível térmico, uma parede de baixa ou de alta densidade? De modo a justificar esta questão, será analisado o que se entende por inércia térmica e em que situações esta é útil para o conforto térmico interior.

2.4.3. Inércia térmica

Como já destacado, paredes densas em terra verificam, por norma, uma alta inércia térmica[40]. De modo a compreender melhor o conceito da inércia térmica é importante saber que esta se atinge, sobretudo, através da elevada capacidade de armazenamento de calor do material constituinte da parede. Esta, por sua vez, depende da espessura, densidade e calor específico do material (Vale, 2013/2014). Ou seja, quanto mais calor for necessário para aumentar a temperatura do volume do material, e quanto mais calor for libertado quando este arrefecer, melhor será a sua capacidade de armazenamento de calor. Este fenómeno explica o amortecimento das temperaturas exteriores quando, finalmente, atingem o interior: parte do calor já é consumido pelo próprio material. A este processo, associa-se ainda o atraso térmico (ϕ) que, por sua vez, faz com que as oscilações das temperaturas exteriores demorem a atingir a superfície interna das paredes, mantendo uma temperatura interior mais ou menos constante ao longo das horas.

O efeito da inércia térmica sobre as temperaturas interiores está esquematizado na *figura 43*, onde se constata o referido amortecimento das temperaturas, como também um atraso térmico, ou seja, o desfasamento na chegada das temperaturas exteriores ao interior. Esta capacidade é especialmente útil no Verão: o interior fica fresco durante o dia devido ao arrefecimento noturno e quente durante a noite devido ao calor acumulado durante o dia (Volhard, 2016), fenómeno ilustrado esquematicamente na *figura 44*.

40 Geralmente, as paredes em terra crua possuem uma boa inércia térmica quando as suas paredes são espessas e densas (1600 a 2000 Kg/m³), com uma capacidade de massa térmica entre os 800 a 1000 J/Kg.K. Nota-se que o atraso térmico para paredes de terra com 40 cm de espessura é da ordem das 10 horas e o amortecimento tem cerca de 10% da amplitude da temperatura (Ferraz, 2002, cit. por Neves, 2005). Esta propriedade conduz a um conforto térmico natural dentro de casa (Moevus-Dorvaux et al., 2016).



(45)

(45) Efeito bloqueador do isolamento térmico e ilustração da anulação das vantagens da inércia térmica.

Assim, a capacidade de armazenamento de calor das paredes evita que as flutuações de temperatura exteriores atinjam diretamente os interiores da casa. No entanto, ela não consegue "bloquear" as temperaturas às quais a parede fica exposta e impedir que elas cheguem ao interior, mesmo passadas algumas horas e com um decréscimo considerável. Essa capacidade de "bloquear" está no isolamento térmico.

Volhard (2016) salienta que é possível compensar um material com pouca capacidade de armazenamento de calor ao adicionar mais isolamento térmico mas que o contrário é mais difícil: paredes com uma alta capacidade de armazenamento de calor não conseguem compensar um isolamento térmico insuficiente. Este dado importa sobretudo em climas frios, onde temperaturas baixas no exterior fazem com que a temperatura corra do interior para o exterior na maior parte do ano. Ou seja, há que "bloquear" as trocas térmicas. No entanto, com esse bloqueio, trava-se também as vantagens da inércia térmica, como explicitado na *figura 45*. Pode-se colocar agora a questão se uma parede com uma alta inércia térmica, como é o caso de uma parede em taipa, pode, por si só, garantir o conforto térmico interior. A resposta é que depende do clima onde o edifício estiver localizado, fator que será estudado no próximo ponto.

2.4.4. Inércia térmica *vs* isolamento térmico

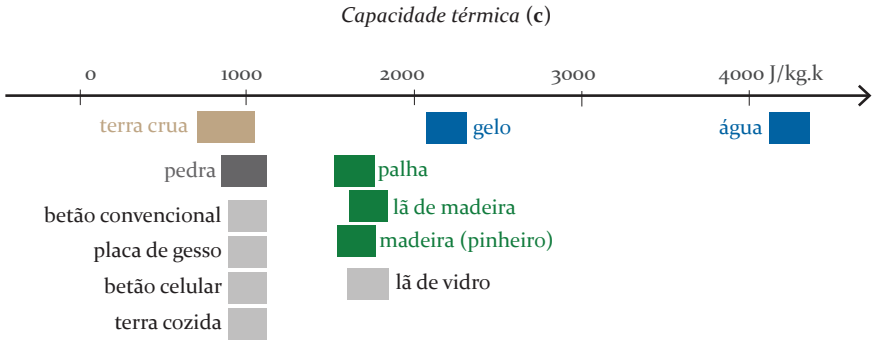
Em certas situações, necessita-se a capacidade de um material dificultar, se não bloquear, a passagem do calor incidente sobre um lado da parede para a outra face da mesma, o chamado isolamento térmico, e noutros casos, torna-se vantajoso aproveitar a capacidade que uma parede tem em atrasar esse atravessamento de calor, desfasando os picos e diminuindo a amplitude térmica, que depende da capacidade de armazenamento de calor do material e consequentemente da sua inércia térmica (Minke, 2012; Vale, 2013/2014). A diferença nas necessidades térmicas depende, assim, da zona climática.

Volhard (2016) explica que, em casos onde a temperatura média exterior se desvia muito da temperatura interior, deve-se optar por materiais fortes a nível do isolamento

térmico. Este fato tem a ver com a necessidade de "bloquear" no máximo a entrada e a saída de temperaturas: a passagem do calor do interior para o exterior e do frio para o interior. Em climas onde as temperaturas exteriores flutuam entre o valor médio da zona de conforto, por exemplo + 30 °C durante o dia e + 10 °C, com uma amplitude de 20 °C, conclui-se que as paredes de grande espessura têm um bom efeito de inércia térmica, como se pode observar em exemplos de construções pesadas do Norte de África ou do Sul de Portugal (clima de dias quentes e noites frias/frescas). Assim, quanto maior for a inércia térmica das paredes, menor será a variação térmica interior, independentemente da capacidade de isolamento das mesmas (Vale, 2013/2014).

Se a inércia térmica é então a capacidade que um material tem em armazenar o calor e libertá-lo lentamente, então uma parede de alta inércia térmica exposta ao sol durante a manhã vai armazenando esse calor e restituí-lo novamente no interior da casa ao final de tarde (Moevus-Dorvaux et al., 2016). Ou seja, esta capacidade protege o interior da casa de aquecer ou de arrefecer bruscamente com as flutuações das temperaturas exteriores. No entanto, esta capacidade da parede ir absorvendo o calor e libertá-lo lentamente à noite é apenas vantajoso se a noite for mais fresca do que o dia. Igualmente, este processo acontece somente se existir calor suficiente para armazenar durante as horas de exposição solar – por exemplo, em invernos com temperaturas sempre baixas independentemente da hora do dia, as paredes dificilmente conseguirão armazenar o calor necessário para aquecer o interior durante a noite. Assim, no caso dos climas frios onde é necessário colocar isolamento térmico, a capacidade de armazenamento de calor de um material dificilmente poderá ser aproveitada.

No entanto, é necessário considerar bem os casos em que é realmente necessário colocar isolamento térmico, pela seguinte razão: numa casa com o isolamento colocado na superfície interna da parede exterior, verifica-se que a massa térmica da parede exterior vai armazenando o calor dos raios solares durante o dia. No entanto, o calor não consegue transitar para o interior da casa porque é obrigado a regressar quando atinge o material isolante, um processo que satura fortemente a superfície exterior da parede (*fig. 45*).



(46)

(46) Capacidade térmica da terra comparada a outros materiais construtivos. Gráfico adaptado de Moevus-Dorvaux et al., (2016)

Volhard (2016) comenta que esta lógica de embrulhar as edificações em camadas espessas de isolamento térmico não aproveita, de forma alguma, a energia do sol. Por isso, apenas se deveria proceder a tal procedimento quando o clima realmente exigir um bloqueio de entrada de temperaturas. Em conclusão: paredes de terra densas, com uma elevada inércia térmica, funcionam bem em climas amenos, nos quais os dias são quentes e as noites são frescas. Paredes de terra leves, de pouca densidade, funcionam melhor em climas frios por serem mais isolantes. Em ambos os casos, é de acrescentar que o teor de água presente na complexa rede porosa da terra desempenha um papel fundamental no seu comportamento térmico. Este teor influencia tanto a temperatura, como os níveis de humidade interiores, fatores que definem o conforto térmico sentido no interior do edifício. Em seguida, será estudado com mais detalhe em que medida a água interfere nas propriedades da terra.

2.4.5. Influência da humidade no comportamento térmico da terra

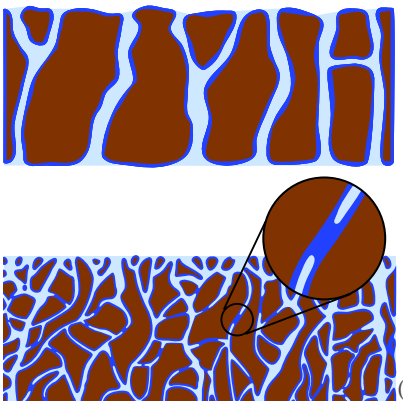
De acordo com vários estudos efetuados, sabe-se que a água presente na terra influencia as suas propriedades térmicas. O primeiro fator a salientar é que esta contribui para o armazenamento de calor, podendo aumentar a capacidade de massa térmica da terra 4 a 5 vezes. É assim que *um conteúdo de 3% de água numa parede de terra pode subir em 10% a capacidade térmica global* (Moevus-Dorvaux et al., 2016, p.41). Os dados da *figura 46* confirmam que é essencialmente a água presente na terra que contribui para a capacidade térmica da mesma: em estado seco, não se destaca muito em relação aos outros materiais[41], situando-se quase na mesma faixa de valores da pedra, do betão simples e celular, de placas de gesso e até da terra cozida.

No entanto, é de destacar que o teor de água contido nos poros da terra não é constante: aumenta quando a humidade relativa do ar for alta e a temperatura ambiental for baixa (Moevus, Fontaine, et al., 2013). Esta capacidade da terra alterar o

41 Houben et Guillaud (2006) referem que a capacidade térmica do material terra até pode ser inferior à do betão simples, de volume igual: 590 (Wh/m³ °C) para o betão, 510 (Wh/m³ °C) para a taipa e 380 (Wh/m³ °C) para o adobe.



(47)



(48)

seu conteúdo de água não permite obter valores constantes no que diz respeito à sua capacidade térmica. Pelo outro lado, através da evaporação e condensação de água dentro da parede[42] é atingida uma inércia latente que contribui para o conforto térmico interior (*figs. 47 & 48*). A estrutura dos poros (proporção e volume), a densidade[43], assim como a natureza e a quantidade de argilas contidas na terra, são fatores que determinam estes processos, pois influenciam a quantidade de vapor de água que uma parede de terra consegue armazenar dentro de certas condições de temperatura e humidade (Moevus-Dorvaux et al., 2016; Volhard, 2016).

De acordo com o exposto, entende-se que a terra consegue equilibrar os níveis de humidade do ar, captando-a nos seus poros ou evaporando-a novamente para o ar. De que modo é que este processo influencia o clima e o consequente conforto interior, será analisado de seguida.

(47) Transferência de calor dentro da terra crua. Este processo é complexo, pois é um material composto por vários constituintes sólidos, de água e de ar, onde vários mecanismos intervêm. Esquema adaptado de Moevus-Dorvaux, et al. (2016)

(48) Representação esquemática da rede porosa de um material higroscópico. Sempre que a humidade ambiental estiver elevada, a superfície dos poros cobre-se por uma fina camada de moléculas de água (*fig. de cima*). Quando os poros do material se apertam de tal modo que as camadas de água absorvidas se tocam, acontece a condensação capilar (*fig. de baixo*)

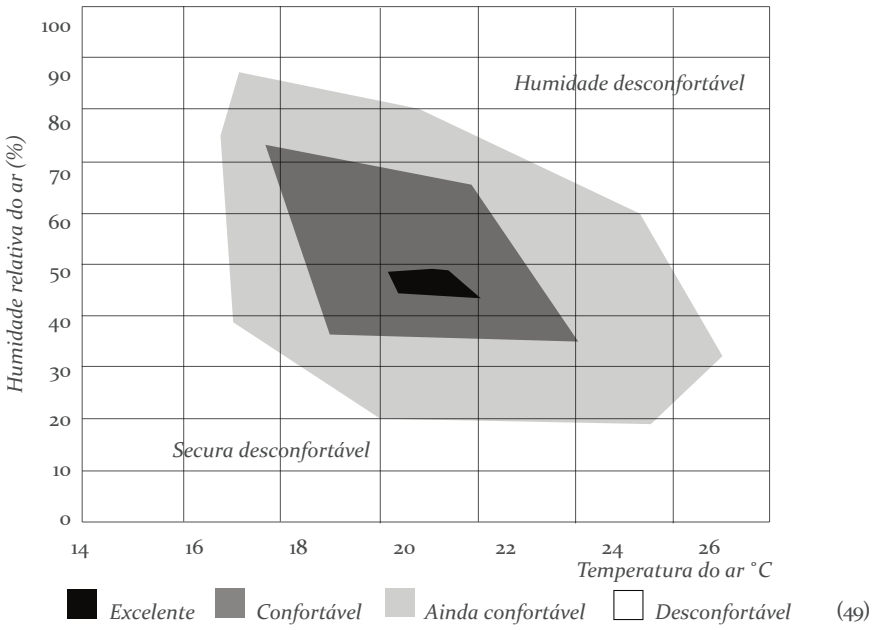
2.5. A terra e o conforto interior

2.5.1. Qual a importância da humidade relativa do ar para a saúde?

O conforto de determinado espaço depende não somente da sua temperatura, mas também do conteúdo de humidade existente no ar. Enquanto que a temperatura é um fator facilmente percetível pelas pessoas, simplesmente identificável quando está demasiado baixa ou alta, os efeitos negativos de uma humidade relativa do ar desadequada não são tão naturalmente sentidos (Minke, 2012).

42 Em função das condições exteriores, a água contida na terra altera o seu estado, evaporando ou condensando-se em função das flutuações térmicas e higrométricas ambientais. Estas trocas são favoráveis ao conforto interior: no verão, as condições atmosféricas exteriores provocam a evaporação de uma parte da água contida na terra, o que tende a diminuir localmente a temperatura. Pelo contrário, quando a temperatura exterior torna-se mais fresca, a pressão do vapor saturado diminui, provocando a condensação dentro da parede de terra. Esta mudança de fase liberta energia, aquecendo localmente a atmosfera (Moevus-Dorvaux et al., 2016).

43 Paredes de baixa densidade, como é o caso da terra leve, são mais permeáveis ao vapor de água do que paredes mais densas, cujos valores de μ (resistência à difusão do vapor de água) andam perto dos valores do betão celular, do gesso e da terra cozida (Moevus, Fontaine, et al., 2013).



(49)

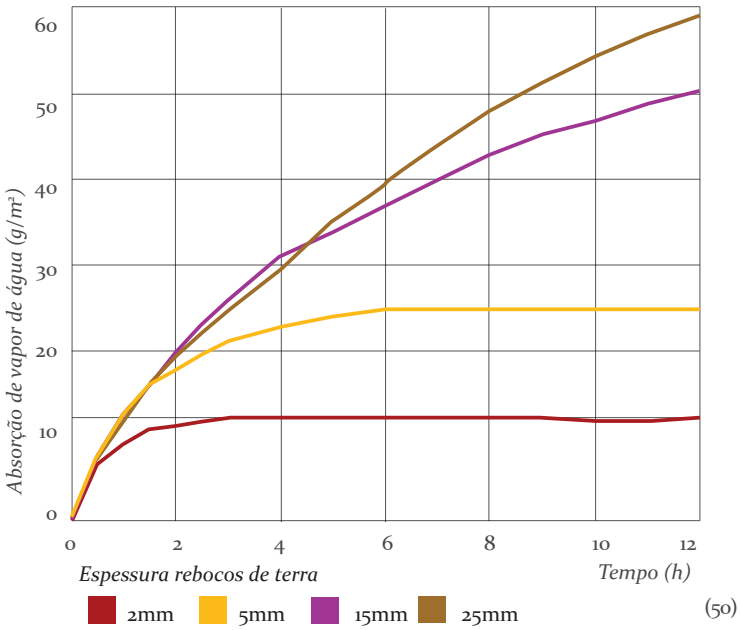
(49) Gráfico de conforto interior relacionado com a humidade relativa e a temperatura do ar. Adaptado de Leudsen/ Freymark – 1951 in Eckermann & Ziegert (2007)

Apesar de se saber atualmente que os níveis de humidade relativa presentes no ar desempenham um papel relevante na saúde das pessoas, as regulamentações térmicas, a nível português e europeu, cada vez mais rigorosas e com altos valores mínimos exigidos para os diferentes parâmetros de classificação, ainda não os consideram (Eckermann & Ziegert, 2007). Pode-se estar numa casa altamente classificada segundo os regulamentos térmicos mas sentir-se desconfortável devido a uma humidade relativa do ar muito baixa ou alta[44] (*fig. 49*). A atual procura incessante de projetar edifícios onde o ar exterior não consegue passar para o interior, tem as suas consequências nos níveis de humidade interior, pois a ventilação é extremamente necessária para regulá-la. No entanto, quando não existe uma ventilação suficiente para assegurar esta regulação natural, começam a ser importantes as capacidades dos materiais higroscópicos[45] como a terra: o fato dos seus poros captarem e libertarem a humidade em função das condições exteriores, faz com que se consigam equilibrar as flutuações na humidade relativa do ar dos espaços interiores (Moevus-Dorvaux et al., 2016).

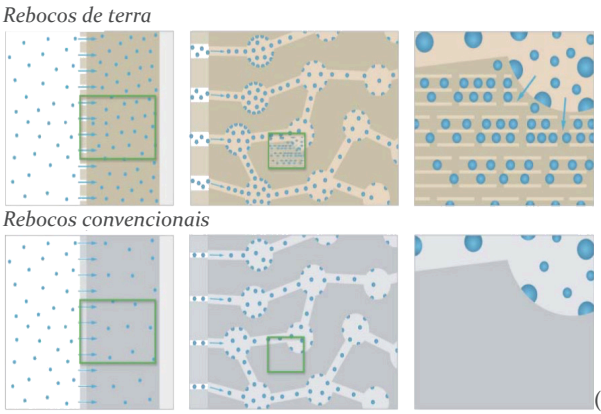
De modo a evitar oscilações da humidade do ar para níveis desagradáveis, sobretudo as camadas superficiais das paredes devem ter a capacidade de armazenar temporariamente a humidade excessiva que vai surgindo esporadicamente ao cozinhar,

44 De ponto de vista médico, uma humidade relativa à volta de 50% é considerada como ideal, e entre os 35-70%, está-se sempre dentro do que é classificado como confortável. Uma humidade relativa de 50-70% tem muitas influências positivas: reduz o conteúdo de pó no ar, ativa os mecanismos de proteção da pele contra os micróbios, diminui a vida de muitas bactérias e vírus, como também ajuda a dissolver cheiros e a eletricidade estática na superfície dos objetos. Uma humidade relativa inferior a 40% já é desaconselhada pela medicina para prevenir doenças do sistema respiratório, pois uma humidade relativa do ar abaixo dos 40% durante um longo período pode secar demasiado as mucosas, o que poderá conduzir a uma menor resistência a constipações e/ou outras doenças relacionadas. Uma humidade do ar superior aos 70-80% pode tornar o ar abafante devido à diminuição da absorção de oxigénio pelo sangue e, além do mais, propicia a formação de fungos. Observa-se também um aumento de doenças reumáticas em ambientes frios e húmidos (Eckermann & Ziegert, 2007; Minke, 2012).

45 Um material higroscópico carateriza-se pela sua capacidade de capturar molecularmente o vapor de água para o interior da parede através dos poros do material e devolvê-lo novamente para a atmosfera em função das condições exteriores (temperatura e humidade do ambiente). O processo é determinado pela procura do material em regressar sempre à sua humidade de equilíbrio (Volhard, 2016). Ou seja, humidades absorvidas em excesso nos poros dos materiais são dissipadas novamente no ar quando os níveis de humidade do ar voltarem a diminuir e/ou a temperatura ambiental baixar.



(50)



(51)

no banho, etc. (*fig. 50*)[46]. Assim, a terra consegue evitar a saturação de humidade nestes momentos, gerando ainda reservas de humidade que podem ser devolvidas lentamente ao ambiente quando este se tornar mais seco (Eckermann & Ziegert, 2007). Esta capacidade é um dos fatores que certamente justifica a perceção de conforto e equilíbrio sentido pelos habitantes de espaços construídos de terra. De que modo este se diferencia de materiais convencionais, será objeto de estudo do próximo ponto.

Moléculas de vapor de água no ar interior

Pintura sobre o reboco de terra

Poros, canais de poros e matéria sólida do reboco de terra

Pintura sobre reboco convencional

Poros, canais de poro e matéria sólida do reboco convencional

(50) Diagrama ilustratório da influência da espessura do reboco de terra na absorção de vapor de água após um aumento da humidade relativa do ar dos 50 para os 80 %. Gráfico adaptado de Eckermann & Ziegert (2007)

(51) Representação gráfica da absorção de humidade de rebocos de terra (*em cima*) e convencionais (*em baixo*)

2.5.2. Noções básicas da higroscopicidade da terra

2.5.2.1. Comportamento higroscópico de rebocos de terra vs rebocos convencionais

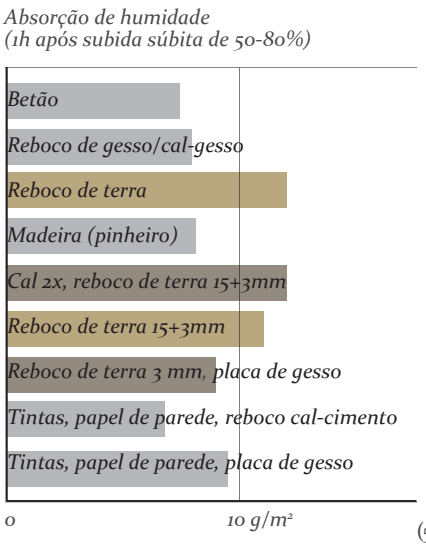
Na *fig. 51* pode-se observar de imediato a diferença entre um reboco de terra e um convencional[47]. O que difere entre eles é a capacidade de absorção e libertação de humidade dos poros dos materiais – enquanto que a rede porosa do reboco convencional fecha-se mais e absorve apenas uma certa quantidade de humidade, o reboco de terra interage fortemente com a humidade, absorvendo[48], condensando ou evaporando-a em função das condições exteriores, definidas pela temperatura e humidade relativa do ar (Eckermann & Ziegert, 2007).

A respeito deste assunto, encontram-se vários estudos efetuados para comprovar a alta capacidade de absorção de humidade que a terra possui. Antes de partir para a

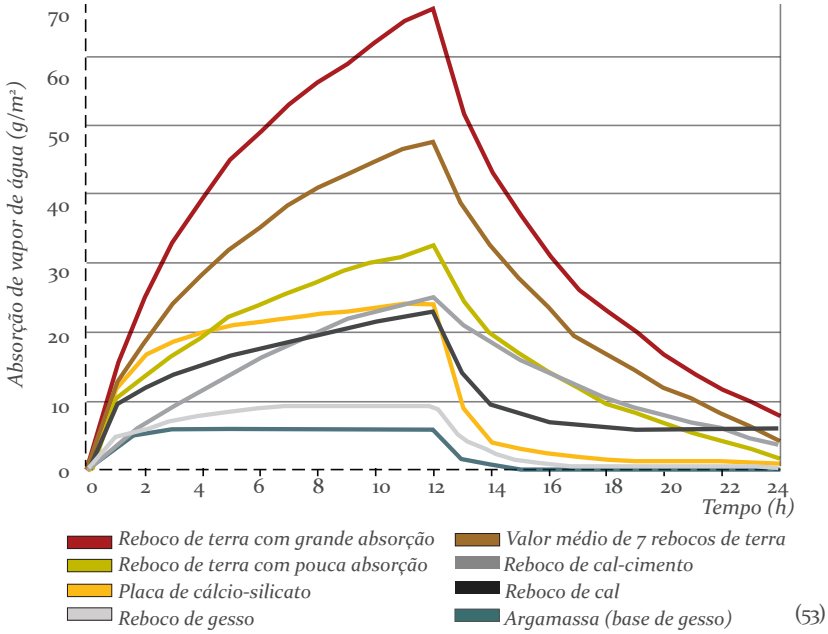
46 A espessura do reboco pouco importa para regular os níveis de humidade do quotidiano. Apenas os primeiros 1,5 – 2 cm são ativados durante as variações diárias da humidade relativa do ar – a humidade não chega a atingir profundidades maiores nesse período de tempo. Apenas quando se começa a exigir mais capacidade de absorção, a espessura deve aumentar também (Eckermann & Ziegert, 2007). Um estudo de Minke (2012) prova que paredes de adobe (não rebocadas) conseguem absorver 9 litros de água em 48 horas quando se dá um aumento da humidade relativa do ar interior dos 50% para os 80% (espaço de 3 x 4 m, pé-direito de 3m - superfície de parede de 30m2 sem janelas e portas).

47 Eckermann e Ziegert (2007) classificam como convencionais os rebocos à base de cal, gesso ou cimento.

48 O fato da terra conseguir absorver grandes quantidades de humidade deve-se, essencialmente, à presença dos minerais de argila, que possuem a capacidade de inchar. Existe uma diferença entre os vários minerais de argila, sendo os mais absorventes os minerais de três camadas, *Dreischichttonminerale* (capacidade de absorção de humidade três vezes superior daquela verificada em rebocos à base de cal ou de cimento). Outros minerais de argila mais fracos a nível de absorção "apenas" atingem uma diferença de 40% em relação aos rebocos convencionais (Eckermann & Ziegert, 2007).



(52)



(53)

(52) Absorção de humidade medido 1 hora após um aumento súbito de humidade (dos 50 para os 80%). Gráfico adaptado de Volhard (2016)

(53) Diagrama ilustrativo das reações distintas de diferentes tipos de reboco na capacidade de absorção numa situação de subida súbita da humidade relativa do ar dos 50 para os 80% (a uma temperatura constante). Depois de 12 horas, a humidade relativa do ar foi novamente reduzida para os 50%. Gráfico adaptado de Eckermann & Ziegert (2007)

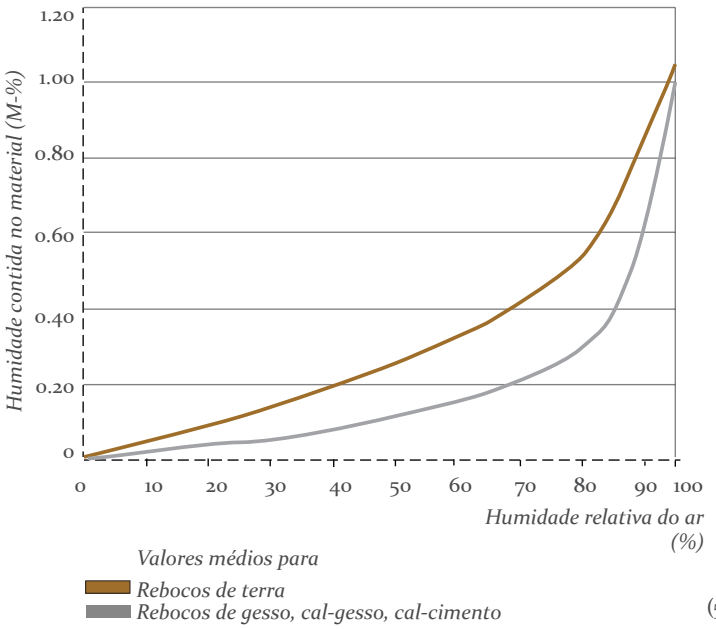
análise, é de salientar que dificilmente se consegue definir *a priori* valores exatos para a absorção de humidade de determinada terra, mesmo se estudada em laboratório. Isto porque existem diferentes métodos de procedimento na medição da capacidade de absorção dos materiais, entre os quais se destacam os procedimentos propostos pela norma Alemã EN ISO 12571[49] e por Minke (2012)[50]. Os autores Eckermann & Ziegert (2007) consideram que o método proposto por Minke (2012) como o mais recomendável.

O primeiro estudo considerado é o de Volhard (2016) que, seguindo o método de Minke, confirma no gráfico da *figura 52* que rebocos à base de terra conseguem absorver uma maior quantidade de humidade do que aqueles constituídos por materiais convencionais. No segundo estudo considerado, Eckerman & Ziegert (2007), igualmente seguindo o método de Minke, comparam diferentes rebocos com 1,5cm de espessura e concluem que os rebocos de terra[51] têm, em média, o dobro de capacidade de absorção de humidade do que os rebocos convencionais (*fig. 53*). De modo a obter uma comparação de resultados obtidos pelos diferentes procedimentos de medição da absorção de humidade, apresenta-se um segundo estudo dos autores Eckermann & Ziegert (2007), que segue a norma EN ISO 12571. Neste estudo, os autores chegam a conclusões semelhantes daquelas obtidas pelo método de Minke, conseguindo igualmente deduzir que os rebocos de terra apresentam o dobro da capacidade de absorção de humidade dos rebocos convencionais, à base de cal, gesso ou cimento,

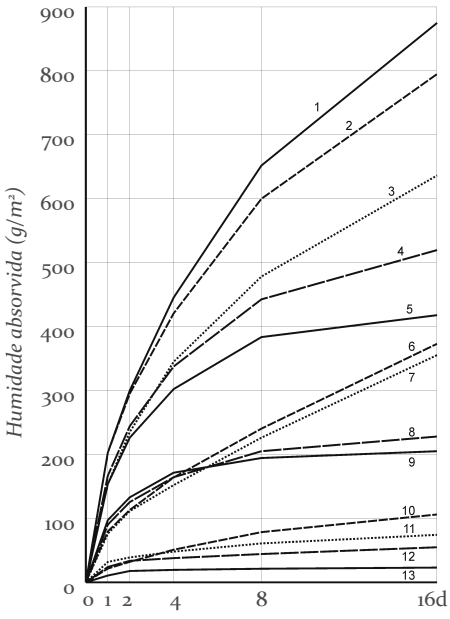
49 Na norma EN ISO 12571 (determinação da capacidade de absorção de materiais higroscópicos) as amostras são expostas a uma humidade que vai subindo gradualmente a uma temperatura constante de 23 °C, parando-se justamente quando o material atingir o seu ponto de equilíbrio de humidade (todos os materiais porosos, quando secos, apresentam uma humidade característica, denominada de equilíbrio de conteúdo de humidade, que depende da humidade do ar do ambiente). Quanto maior for a humidade do ambiente, maior será a quantidade de água absorvida pelo material. No caso da humidade do ar reduzir (e/ou a temperatura subir), o material devolverá novamente essa água (Minke, 2012). Eckermann e Ziegert (2007) referem que os procedimentos atualmente utilizados pela norma EN ISO 12571 correspondem apenas a situações teóricas porque passam vários dias, senão semanas, até que esse ponto de equilíbrio seja atingido, não refletindo as variações cíclicas a que a humidade relativa do ar exterior está exposta na realidade.

50 Nos ensaios de Minke (2012), desenvolvidos pelo laboratório FEB (*Fachgebiet Experimentelles Bauen*), as amostras são expostas a um aumento de humidade súbito dos 50%-80%, a uma temperatura ambiental de 20°C, sendo o comportamento do material medido de hora em hora. O objetivo é entender como é que o material se comporta quando a humidade voltar a baixar. Este procedimento tem a vantagem de indicar a velocidade de absorção do material.

51 Entre os rebocos de terra existe uma grande variedade, o que significa diferentes capacidades de absorção de humidade (Eckermann & Ziegert, 2007).



(54)



(55)

num ambiente com 40 – 70% de humidade relativa no ar (*fig.54*). Constatam, ainda, que os rebocos convencionais aumentam consideravelmente a sua capacidade de absorção quando a humidade relativa do ar superar os 80% tendo, aos 95%, quase um comportamento igual aos rebocos de terra. No entanto, esta percentagem de humidade relativa do ar é exageradamente alta, ou seja, numa condição de humidade convencional, as capacidades de absorção de rebocos de terra são claramente superiores. O quarto estudo apresentado é de Minke (2012) que, seguindo o seu próprio método, demonstra igualmente que a terra possui uma maior capacidade de absorção do que outros materiais (*fig.* 55). Assim, conclui, por exemplo, que uma parede de terra siltosa consegue absorver 50 vezes mais humidade do que os tijolos cozidos a altas temperaturas. Nota-se que o estudo considerou a variante da densidade volúmica dos materiais, que comprova que quanto menor for a densidade, mais a terra consegue absorver, especialmente quando esta começar a saturar. Em suma, os estudos apresentados evidenciam claramente a alta capacidade de absorção de vapor de água que a terra crua possui em comparação a outros materiais convencionais. Demonstram ainda que os valores variam de acordo com a composição granulométrica e densidade da terra.

Outro dado importante a considerar no que respeita a higroscopicidade do material é o efeito de pinturas sobre os rebocos. Eckermann e Ziegert (2007), bem como Minke(2012), realizaram vários ensaios para testar o impacto que diferentes pinturas têm sobre a capacidade higroscópica da parede em terra. Pinturas de cal, caseína e cola celulosa reduzem esta absorção ligeiramente, enquanto que pinturas de óleo de linhaça ou de dupla látex podem ter um efeito de redução na absorção de humidade (redução de 50 % com o óleo de linhaça e 38 % com a dupla látex). Estas conclusões indicam que a superfície do material de construção terra não deverá ser tapado por outros materiais, pois estes poderão anular ou diminuir drasticamente as suas vantagens higroscópicas.

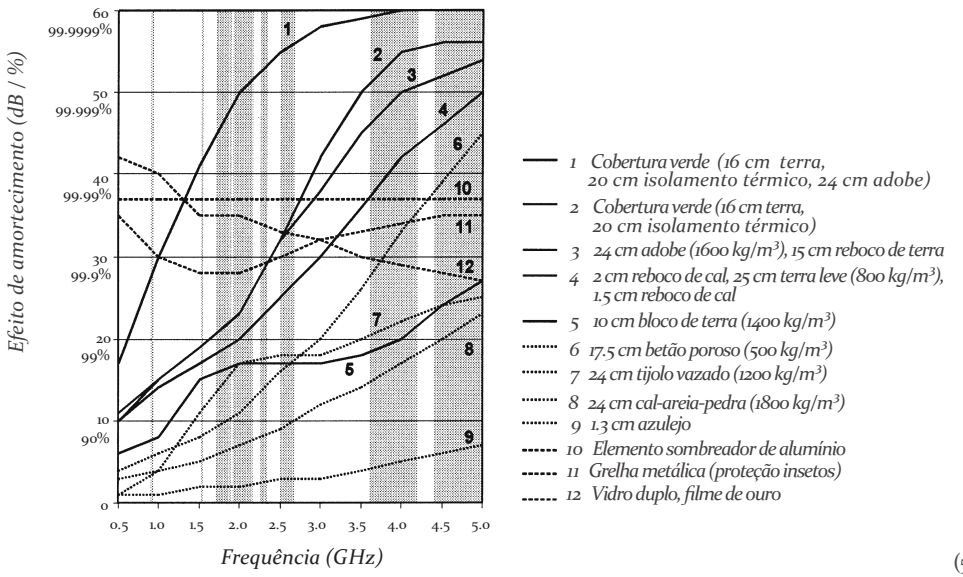
(54) Comparação da absorção de humidade média de uma sele ção de rebocos de terra com a de rebocos convencionais (gesso, cal-gesso, cal-cimento). Gráfico adaptado de Eckermann & Ziegert (2007)

(55) Curvas de absorção de humidade medidas em ambos os lados de paredes de 11,5 cm não rebocadas após uma subida súbita da humidade relativa do ar (50 para os 80%). Gráfico adaptado de Minke (2012)

Com o exposto, conclui-se então que a terra é um material que permite, dentro de certa medida, regular a higrometria de um espaço, vantajoso para o conforto interior. Esta regulação acontece porque o material vai-se adaptando para ficar em equilíbrio com as condições exteriores. Ou seja, no caso em que o ar estiver muito húmido, a terra ficará carregada de humidade, livrando o ar da sua presença excessiva. Ao contrário, se o ar estiver muito seco, a terra também irá secar, emitindo parte da humidade nela contida para o ar (Moevus, Fontaine, & Anger, 2012). Será então uma parede de terra suficiente para regular completamente os níveis de humidade dentro de um edifício?

Volhard (2016) apresenta uma posição crítica, afirmando que a quantidade de humidade transportada por difusão é muito reduzida em termos absolutos e que não é suficiente para transportar o excesso de humidade de um espaço interior para o exterior através da parede, nem é suficiente para humedecer um espaço interior através do uso da terra. Para o autor, o único meio para reduzir a humidade é através da ventilação natural. A ideia de que a parede de terra "respira" pode ser enganadora, pois apenas refere-se à capacidade que a superfície da parede tem em absorver e descartar higroscopicamente a humidade. Também Eckermann & Ziegert (2007) destacam que a capacidade de absorção de humidade da terra nunca substituirá a ventilação, apesar de salientarem que melhora bastante as condições hídricas de espaços interiores, sobretudo quando não existe muita troca de ar.

A capacidade que a terra tem para trabalhar com a humidade, para além de equilibrar os níveis de humidade do ar interior como estudado em cima, apresenta ainda a vantagem de evitar o surgimento de fungos e bolores nas paredes, assim como nos próprios espaços interiores. Neste sentido, entende-se que a higroscopicidade da terra não provoca somente efeitos positivos a nível térmico: o fato de evitar a criação de bolores, fungos, etc. faz com que tenha também um impacto positivo na saúde dos habitantes de espaços de terra. É de salientar que, para além deste fator positivo para a saúde, ainda existem outros, estudados nas próximas páginas.



(56)

(56) Comparação entre a percentagem de redução de radiação electromagnética oferecida pelos materiais construtivos. Gráfico adaptado de Minke (2012)

2.5.2.2. A qualidade do ar. Purificação através da propriedade higroscópica da terra?

A propriedade higroscópica da terra tem ainda a capacidade de capturar cheiros e substâncias nocivas que estejam a circular no ar, contribuindo assim significativamente para um elevado conforto atmosférico. De que modo é que tal purificação ocorre, ainda está pouco estudado. No entanto, Eckermann e Ziegert (2007) procuram uma explicação para este fenómeno através de uma analogia com o processo de purificação de águas contaminadas, que funciona através da capacidade de troca de catiões (iões de carga positiva) presentes em determinados minerais da argila. Neste processo, as substâncias nocivas são trocadas por substâncias inofensivas. Ora, este processo funciona apenas com água – ou seja, as substâncias nocivas têm que estar contidas na água para que possam ser eliminadas. Os autores questionam-se se as moléculas de vapor de água absorvidas pela terra podem já ser suficientes para iniciar este processo de limpeza de toxinas dentro da própria parede.

Assim, para além da terra conseguir equilibrar os níveis de humidade do ar, determinante para o conforto sentido pelos habitantes, possui ainda a capacidade de purificá-lo. A estes dois fatores objetivos que determinam a qualidade do ar interior, acrescentam-se ainda as capacidades que a terra tem em amortecer fortemente as ondas eletromagnéticas e de equilibrar os níveis de iões. Está comprovado que a terra tem uma capacidade de proteção contra ondas eletromagnéticas bastante superior à de outros materiais construtivos[52] (*fig. 56*). No entanto, a relação entre o material terra e o equilíbrio de iões no ar ainda está pouco explorada. Por acreditar que uma melhor compreensão deste assunto poderá constituir um forte motivo para utilizar a terra como material construtivo, será estudado, em seguida, o tema da ionização do ar e o modo como é que a terra intervém neste processo.

52 Enquanto que uma parede de adobe de 24 cm de espessura (densidade de 1600 kg/m³) é exposta a frequências de 2 GHz e consegue amortecer as ondas em 24 dB, uma parede com a mesma espessura de tijolo cozido, de 1200 kg/m³, apenas reduz as frequências em 17 dB. Uma parede de tijolos de limo-areia mais compacta, de 1800 kg/m³, consegue reduzi-las somente em 7dB (Minke, 2012).

1777 Bertholon
apresenta a hípotese de que alterações na electridade do ar tem influências no ser humano por este se encontrar envolto do mesmo.

1910 Steffens
iões atmosféricos são utilizados pela primeira vez no tratamento de doenças em humanos.

1928 Schorer
estabelece a ligação entre a electricidade do ar e o conforto sentido por pessoas sensíveis a condições metereológicas.

1931 Dessauer
produz, pela primeira vez, ar uni-polar e utiliza iões negativos para o tratamento de doenças pulmonares.

1935 Edström
comprova que existe uma redução da pressão arterial e um aumento da circulação sanguínea da pele através da inalação de ares ricos em iões negativos.

1955 Kornblueh et al.
tratam alergia a pólen com aerosóis. Comprovam efeitos na frequência alpha.

1961 Minch
comprova o aumento de rendimento físico na exposição a iões artificiais.

1962 Wehner
Tratamento de doenças respiratórias através do uso de iões.

1962 Eichmeier
comprova a estimulação das frequência respiratória, cardíaca e alpha no ser humano através de iões.

1968 Varga
Comprova a descida da frequência cardíaca com iões em seres humanos.

1979 Sovijari et al.
comprovam a existência de uma relação entre iões negativos e a frequência cardíaca.

1981 Charry, Wawkinshire
estudam a electricidade atmosférica e o comportamento social.

1982 Buckalew, Rizzuto
comprovam a existência de efeitos calmantes em relação a iões negativos.

1998 Ryushi et al.
comprovam a descida da pressão arterial e de serotonina na presença de iões negativos.

2002 Nakane et al.
comprovam que iões negativos apresentam efeitos positivos na redução de stress (causado e testado em stress causado pelo trabalho em frente de computadores).

2002 Iwawa et al.
medem a baixada nos níveis de lactato em pacientes pós-cirúrgicos na presença de iões negativos. (57)

2.5.3. A ionização do ar

A empresa de rebocos de terra *Holzbau-Mermi* proclama, no seu *website*, que a terra possui a capacidade de ionizar o ar e libertar iões negativos para o ambiente (Mermi, s.d.). No entanto, não explica nem fundamenta cientificamente esta observação. Realmente, sabe-se ainda relativamente pouco sobre o efeito da terra na ionização do ar e os dados encontrados foram escassos. Porém, existem já algumas observações sobre o tema que permitem chegar a algumas conclusões. Por exemplo, Volhard (2016) salienta que uma das principais vantagens da higroscopicidade da terra é criar superfícies eletricamente neutras, não suscetíveis à carga electroestática e Reddi et al. (2012) afirmam que os minerais de argila têm uma propriedade de absorver certos iões na superfície – deduz-se então que a terra, para manter uma superfície eletricamente neutra, vai absorvendo os iões positivos que, nos dias atuais, geralmente existem em excesso na atmosfera quotidiana. Ou seja, a terra deixa assim o ar menos rico em iões positivos. Outro fator que poderá confirmar este raciocínio é a existência de um fenómeno denominado de CEC – *cation exchange capacity* (Brown & Lemon, s.d.), que consiste na capacidade de troca de catiões de um solo. O CEC é, então, a capacidade que os minerais de argila têm em atrair e agarrar iões de carga positiva por força electroestática[53]. Admitindo então que paredes de terra têm realmente a capacidade de ionizar o ar, em que medida é que isso afeta a saúde humana?

Essa mesma questão colocam-se Eckert et al., (2013) no artigo *Ionisierte Luft im Innenraum* (Ar ionizado em espaços interiores), no qual fazem uma revisão dos estudos científicos realizados até ao momento para investigar os efeitos dos iões na saúde das pessoas e em que medida estão relacionadas ao *Sick Building Syndrom*[54] (*fig.57*). Neste momento, já foi comprovado que existe uma relação entre a qualidade do ar interior e o bem-estar humano, no entanto, ainda não se conseguiu entender

53 A carga negativa das partículas de argila é equilibrada com a carga positiva dos catiões presentes no solo (Brown & Lemon, s.d.).

54 Síndrome do Edifício Doente, termo atribuído pela WHO (World Health Organisation) ao conjunto de doenças/irritações causadas pela permanência em Edifícios prejudiciais à saúde, relacionado com a má qualidade do ar interior. Exemplos são irritações na pele, nos olhos, dores de cabeça, fadiga, dores musculares, alergias ou problemas nas vias respiratórias (Eckert et al., 2013).

IÕES + ORGANISMOS

1841 Buzorini
comprova que existe um teor de oxigénio maior num ar com carga eléctrica positiva.

1936 Schmid
publicação abrangente sobre os efeitos biológicos da ionização artificial.

1957 Krüger
comprova a redução de bactérias no ar pela presença de iões.

1965 Bachmann
comprova a estimulação da frequências respiratória e cardíaca na presença de iões em ratos.

1966 Krueger et al.
comprova, em ratos, a influência de iões nos níveis de serotonina.

1976 Krueger
comprova a influência de iões nos níveis de serotonina em animais.

2006 Grinspun et al.
comprovam uma redução de aerosóis e microorganismos.

2006 Yamada et al.
comprovam, em ratos, uma redução no ritmo de crescimento de cancro através da exposição a iões negativos.

2007 Bioexam
estuda a eficiência de ar ionizado na redução de germes e comprova um grau de eficiência de 98% após 90 minutos.

2008 Fletcher et al.
reduziram o conteúdo de bactérias em algumas espécies através de iões negativos.

IÕES + SBS

1983 A World Health Organisation WHO
utiliza pela primeira vez o termo de Sick Building Syndrom (síndrome do edifício doente).

2003 Bischof et al.
o projeto ProKlimA é, até ao momento, o único estudo sobre o SBS (síndrome do edifício doente) que inclui os iões como fator de influência.

(57)

(57) Estudos realizados de 1752 até 2008 sobre o efeito dos iões presentes no ar. Adaptado de Eckert, Amstutz, lpmann, Hildebrand, & Schwehr (2013)

bem qual o papel da densidade de iões presentes no ar neste processo, nem se conseguiu ainda indicar a proporção ideal entre iões positivos e negativos[55], apesar de já se encontrarem indícios para a sua resposta na história da investigação de iões. Exemplo disso são estudos onde foi comprovada uma maior concentração de oxigénio no sangue dos cobaias ao serem expostos ao ar ionizado, o que, em certas condições, levou também a um aumento de desempenho (Eckert et al., 2013). Em primeiro lugar, há que destacar que os iões surgem naturalmente na natureza[56]. Eckert et al. (2013, p.19) apresentam a densidade de iões no ar em diferentes situações:

- *Em proximidade a cachoeiras:* 20 000 – 70 000 iões/cm^3

- *Nas montanhas ou na proximidade ao mar:* 4 000 – 10 000 iões/cm^3

- *Nos arredores da cidade, em espaços relvados /campos:* 1 000 – 3000 iões/cm^3

- *Na cidade e aglomerações urbanas:* 200 - 500 iões/cm^3

- *Em espaços ventilados artificialmente ou climatizados:* 10 – 100 iões/cm^3

O que se conclui imediatamente é a grande diferença que existe entre a densidade de iões em espaços exteriores considerados como "saudáveis" e interiores, ventilados mecanicamente. Ou seja, existe claramente uma relação com a densidade de iões no ar e o conforto sentido pelas pessoas – perto do mar, onde se considera, em geral, que se consegue respirar melhor e desaliviar de ansiedade ou dores de cabeça, temos uma grande densidade de iões, enquanto que num espaço fechado, ventilado mecanicamente, geralmente depois de algumas horas, acaba-se por ter um sentimento de cansaço e/ou dores de cabeça.

Ainda, estas perceções não se devem exclusivamente à densidade, mas também à qualidade dos próprios iões, ou seja, da predominância de iões negativos ou positivos

55 O iões são átomos em desequilíbrio. Os iões positivos - também chamados de catiões - são átomos que perderam eletrões (carga negativa) e que apresentam um maior número de protões (carga positiva). Ao contrário, os iões negativos – também chamados de aniões - são átomos que possuem um maior número de eletrões do que de protões (Silva, 2000).

56 Atualmente já se produzem iões artificialmente para aproveitar os benefícios que se acredita trazerem às pessoas. Por exemplo, num edifício de escritórios colocaram-se várias máquinas de ionização do ar para aumentar o desempenho dos trabalhadores (Eckert et al., 2013).

no ar. A respeito deste assunto, Eckert et al. (2013) referem que especialmente lugares onde temos a perceção de respirar melhor, como em montanhas ou perto do mar, existe um predomínio de iões negativos sobre os positivos (máximo 2:1). Ao contrário, em espaços interiores, onde existe a carga estática de materiais, ventilação mecânica, etc, existe uma inversão desta proporção, ou seja, geralmente predominam os iões positivos. Silva (2000, p.21) conclui que *uma carga excessiva de iões positivo é algo prejudicial, pois estes podem tornar difícil a respiração e diminuir a capacidade do corpo de absorver oxigênio e desequilibrar todo o sistema linfático; enquanto que uma carga excessiva de iões negativos é saudável, pois estes ajudam a respiração e melhoram a absorção de oxigênio por parte do organismo*.

Eckert et al. (2013) apresentam, em maior detalhe, várias investigações realizadas nas últimas décadas para analisar os efeitos dos iões nas pessoas (*fig. 57*). No fundo, existem três grandes conclusões (e comprovações) dos estudos analisados: a primeira é que os iões influenciam a absorção de oxigénio pelo organismo, a segunda é que os iões negativos alteram o nível de serotonina no sangue, acelerando o seu processo de oxidação e a terceira é que existe um aumento de desempenho físico na exposição a iões negativos (igualmente se acredita aumentar o desempenho cognitivo). Ou seja, uma predominância de iões negativos no ar, numa densidade preferencialmente alta, tem um efeito claramente positivo para a saúde e o conforto das pessoas: um aumento de oxigénio no sangue pode significar menos dores de cabeça, maior concentração, mais rendimento físico, etc. Ainda, um alto nível de serotonina conduz a uma boa regulação de atividades quotidianas do nosso corpo, como o nosso estado de alerta, o sono, o ritmo cardíaco, o apetite, entre outros.

A questão que surge agora é de que modo podemos aumentar a densidade de iões nos nossos espaços interiores. Neste ponto entra a terra como material de construção: com o seu uso podemos, em primeiro lugar, reduzir ou, até, dispensar o uso de mecanismos artificiais de ventilação, processo pelo qual se perde uma grande quantidade de iões. Em segundo lugar, entra a própria química do material terra – o fato dela possuir superfícies electrostaticamente neutras (Volhard, 2016), pode fundamentar a ideia

de que esta tem capacidades de ionizar o ar interior. No entanto, este processo ainda necessita de ser fundamentado e investigado com mais rigor, de modo a obter um argumento valioso a favor da terra como material de construção.

Pelo exposto, entende-se que a terra possui capacidades de tornar o ar mais saudável, seja através da sua ionização, purificação ou regularização dos seus níveis de humidade. A estes fatores contribuintes para o conforto sentido pelos usuários dos espaços envoltos pelo material, acrescenta-se ainda o efeito positivo do isolamento acústico oferecido pela terra, que será analisado de seguida.

2.5.4. Isolamento Acústico

A terra possui ótimas qualidades de isolamento acústico, como se pode deduzir através da *figura 58*. Paredes de espessuras mínimas já conseguem oferecer conforto acústico, sendo observável um claro aumento desta capacidade com uma maior densidade volúmica e uma maior espessura do elemento construtivo (Volhard, 2016).

Espessura da parede **e**	*0,10*	*0,15*	*0,20*	*0,25*	*0,30*	*0,35*
Densidade volúmica kg/m³	*Índice de redução sonora R'w (dB)*					
1800	47	51	54	56		
1600	46	50	52	55	57	
1400	45	48	51	53	55	57
1200	44	47	50	52	54	55
1000	43	46	48	50	52	53
800	41	44	46	48	50	51
600	40	42	44	46	47	49

(58)

(58) Relação da densidade volúmica do material terra com o valor de R´w (Índice de redução sonora). Tabela adaptada de (Volhard, 2016)

35 R'w (dB) = vozes são audíveis e perceptíveis

40 R'w (dB) = vozes são difícilmente audíveis

45 R'w (dB) = vozes levantadas são difícilmente perceptíveis

53 R'w (dB) = canto é dificilmente audível

50 R'w (dB) = vozes normais não audíveis

60 R'w (dB) = rádio já não é audível

2.6. Conclusões

Para rever o exposto neste capítulo, apresenta-se uma sumarização do estado atual do conhecimento científico sobre o comportamento da terra, considerando a diferente densidade obtida pelos três grupos de técnicas construtivas (*fig. 59*). Pelo grande intervalo de valores possíveis para cada parâmetro, entende-se mais uma vez a dificuldade em normalizar a construção com terra- é um desafio estabelecer normas para um material tão variável nas suas propriedades como este, agravado ainda pela dificuldade no estabelecimento de critérios de avaliação do seu desempenho[57]. Talvez até seja perigoso e contra-produtivo procurar estandardizar um material tão heterogéneo como a terra. No entanto, o contexto atual obriga à quantificação das características da terra, como há já quase 30 anos atrás concluíram Houben et Guillaud (2006 [1989]): a importância dos valores numéricos pode ser menor para pequenas construções individuais, mas constitui definitivamente uma referência para os organismos de financiamento e de seguro, pois estas não podem investir em construções onde não exista uma garantia técnica. E, mais grave ainda, esta prevalecente ausência de dados concretos ou legislações relativas à construção em terra pode levar a que engenheiros não se responsabilizem e a que empreiteiros não executem estas arquiteturas, impedindo assim *a priori* os arquitetos a optarem pela terra nos seus projetos.

De modo a entender, em primeiro lugar, o porquê da dificuldade em normalizar a terra, iniciou-se o capítulo com o estudo da sua composição. Em segundo lugar, procurou-se entender o desempenho mecânico e térmico da terra, fatores relativamente objetivos para a construção de um edifício. Por último, iniciou-se uma análise focada no possível conforto que a terra é capaz de oferecer aos usuários dos espaços por ela envoltos.

57 A maior parte dos países do mundo ainda está em vias de normalizar a terra enquanto material construtivo, apenas poucos apresentam já uma situação estável com normas realmente em vigor (entre os quais se destacam diversos Estados dos EUA, a Nova Zelândia e a Alemanha). A Alemanha é um exemplo pioneiro a nível da existência de normas de construção em terra – já nos anos 40 começaram a publicar as suas primeiras DIN. Atualmente, constituem ainda uma grande referência para os países que estão em vias de elaborar as suas próprias normas, visto serem bastante precisas e completas, cobrindo as principais técnicas construtivas em terra crua (taipa, adobe, terra-palha, BTC, tabique). Em alguns países, a normalização não abrange todas estas técnicas, como acontece no Perú (construção anti-sísmica em adobe), na Índia (blocos de solo-cimento), etc.

Propriedade	Unidade	Terra compactada	Terra moldada	Terra com fibra
Conteúdo de argila	%	5 - 30	20 - 40	-
Índice de plasticidade *PI*	%	5 - 30	15 - 35	-
Conteúdo de água inicial W_{ini}	%	5 - 15	15 - 35	-
Densidade seca ρ	kg/m³	1600 - 2200	1200 - 2100	300 - 1200
Conteúdo de água ambiental *w*	%	0-5%		
Retração de secagem	%	1 - 3	1 - 20	próximo de 0
Fator de resistência à difusão de vapor de água μ		5 - 13		
Módulo de Young *E*	GPa	1.0 - 5.5		< 1.0
Resistência à compressão uniaxial *Rc*	MPa	0.4 - 3.0	0.4 - 5.0	-
Resistência à tração *Rt*	MPa	0.1 - 0.5		
Capacidade térmica mássica c	J/kg.K	600 - 1000		
Capacidade térmica volúmica *C*	kJ/m³.k	960 - 2200	720 - 2100	180-1200
Condutividade térmica λ	W/m.K	0.5 - 1.7	0.3 - 1.5	0.1 - 0.3

(59)

(59) Síntese das propriedades principais da terra enquanto material de construção. Quadro adaptado de Moevus, Fontaine, et al. (2013)

Observando então os dados da *figura 59* e o exposto ao longo do capítulo: que fatores poderão constituir um argumento a favor do uso da terra?

A nível das suas propriedades mecânicas, torna-se difícil chegar a uma conclusão devido às grandes variações consequentes da composição granulométrica da terra, da sua densidade, do seu conteúdo de água, entre outros fatores. O que se pode concluir é que, em certas situações, a terra pode constituir uma estrutura portante, apesar de nunca se destacar realmente a nível das suas resistências às diversas forças. O difícil licenciamento estrutural destas construções certamente também não constitui um fator que motive o arquiteto a optar pela terra como material estrutural.

Acredito que as principais vantagens do material terra se prendam com as suas capacidades em conseguir realmente aumentar o conforto sentido nos espaços interiores. Ou seja, a terra, ao bloquear ondas eletromagnéticas, regularizar os níveis de humidade do ar interior, purificar e ionizar o ar e ao oferecer um elevado isolamento acústico, contribui, certamente, para o bem-estar físico e emocional dos habitantes. Em zonas de elevado risco de incêndio, este fator é reforçado pela resistência que a terra possui em relação ao fogo. De não ignorar ainda é o conforto a nível de temperatura que, dependendo da sua densidade, pode ser atingido através de uma elevada inércia térmica ou de um alto isolamento térmico.

Termina-se assim a primeira parte desta dissertação que, em suma, pretende compreender primeiro o que é realmente a arquitetura em terra para, numa segunda parte, poder observar com fundamento alguns casos concretos da realidade contemporânea. Assim, no primeiro capítulo estudou-se a aplicação da terra na arquitetura, através da sua apresentação, revisão da sua história e da análise da sua atualidade. Já no segundo capítulo, pretendeu-se conhecer a terra aplicada na construção, o próprio material terra. Um estudo que, para além de auxiliar no entendimento da situação presente, pretende contribuir para a disseminação do conhecimento sobre este material, alargando a sua habitual análise estrutural e térmica a outros níveis, como o higroscópico, eletromagnético ou ionizante.

Parte 2

Capítulo 3

Sete modos de *ver* e de *fazer*
Arquitetura Contemporânea em Terra

3. Objetivos do capítulo

Após o exposto nos dois capítulos anteriores, entende-se que existem diferentes motivos para optar (ou não) pela construção em terra crua. Motivos que se prendem, entre outros, com aspetos históricos, socioculturais ou com as próprias propriedades do material, quer a nível construtivo, quer a nível da saúde, quer a nível da sustentabilidade. Ou seja, acreditar que um arquiteto constrói em terra unicamente por ser ecológico ou por razões de pobreza, está largamente ultrapassado. De modo a evitar estas generalizações, acredita-se na necessidade de proceder a uma observação do momento presente através de uma síntese dos diferentes modos de *ver* e de *fazer* a arquitetura contemporânea em terra. O terceiro e último capítulo desta dissertação propõe exatamente esta síntese, que se procura obter através da análise de casos de estudo onde se percepcionam diferentes intenções dos arquitetos ao utilizar a terra.

O critério utilizado para a seleção dos casos de estudo justifica-se, em primeiro lugar, pela restrição cronológica: o objetivo é observar o estado atual da arquitetura contemporânea em terra através da compreensão das diferentes posições que nela coexistem. Assim, limitou-se os casos de estudo a obras realizadas entre finais do século XX e a contemporaneidade (2017). Em segundo lugar, optou-se por obras que identificassem a existência de uma atitude ou intenção predominante por parte do arquiteto. Um modo de *ver* claro e distintivo. Em terceiro lugar, entrou a experiência pessoal, obtida pela vivência e observação da arquitetura em terra contemporânea. Ou seja, referências pessoais que motivaram determinados caminhos de pesquisa, resultantes de experiências como as visitas de campo, a frequência de congressos/ seminários, *workshops*, viagens ou o estágio num escritório de arquitetura que trabalha com a terra crua.

Com estas três condicionantes, elegeram-se sete obras, através das quais se pretende ilustrar sete modos diferentes de *ver* e de *fazer* a arquitetura contemporânea em terra. O primeiro modo consiste em casos nos quais a terra é utilizada pelos arquitetos por ser um material que permite que a obra se insere no lugar, pela tradição local da técnica construtiva ou pela sua adequação ao clima. O segundo modo inclui situações nas quais se concetualiza o material ao se optar por usá-lo pela sua conotação, pelo

simbolismo que carrega consigo e que de algum modo satisfaz uma ideia projetual. O terceiro modo representa casos em que os arquitetos se motivam por usar a terra pela sua aparência, pelas sensações e atmosferas criadas através da sua materialidade. O quarto modo consiste em situações nas quais os arquitetos consideram sobretudo o lado técnico da arquitetura em terra, capaz de ser inovado. O quinto modo representa casos em que a terra é utilizada como estratégia de mercado, por ser um material diferente, que marca a diferença no meio do mercado de arquitetura saturado de obras semelhantes na sua materialidade. O sexto modo consiste em situações nas quais os arquitetos vêm na terra uma oportunidade de construção alternativa à convencional, poluente e dependente da indústria. O último e sétimo modo representa casos onde se recorre à arquitetura em terra pelas suas consequências sociais, obtidas pela utilização de recursos locais e a capacitação de mão de obra. Seria abstrato falar destes *modos* sem um exemplo concreto que, neste caso, são obras de arquitetura em terra. Segue-se assim a eleição dos sete casos de estudo e o respetivo modo que pretendem ilustrar:

1. Integração no lugar: Casa em Taipa, Alentejo, Portugal, 2006, Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral;

2. Integração conceptual: Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte (*painéis de taipa pré-fabricados*), Sempach, Suíça, 2015, Arquitetos :mlzd;

3. Materialidade da terra: Glenhope House (*taipa*), Victoria, Austrália, 2009, JOH Architects;

4. Inovação: Centro de Ecologia Aplicada (*quincha metálica, adobe e taipa reforçados*), Santiago, Chile, 2011, Arquiteto Marcelo Cortés;

5. Estratégia de mercado: Casa bioclimática en Peñalolén (*quincha metálic*a), Peñalolén, Chile, 2017, Arquitetos Surtierra;

6. Construção alternativa: Waldorfkindergarten Sorsum (*adobe e sacos enchidos de terra*), Sorsum, Alemanha, 1996, Arquiteto Gernot Minke.

7. Consequências sociais: Escola Primária de Gando (*adobe*), Gando, Burkina Faso, 2011, Arquitetos Francis Kéré.

Como se pode observar, os casos de estudo abrangem projetos que utilizam variadas técnicas construtivas em terra crua. Por exemplo, se os casos de estudo se restringissem à taipa, excluir-se-ia a maior parte das obras realizadas em países em vias de desenvolvimento, maioritariamente em adobe ou *cob*, que parecem exprimir uma atitude que valoriza o material terra pelas consequências sociais que o seu processo construtivo produz. Ao contrário, se os projetos se restringissem ao uso do adobe, excluir-se-iam igualmente algumas atitudes, como é, geralmente, aquela que procura a materialidade da terra, mais saliente nas técnicas monolíticas do que de alvenaria. Para além desta possível exclusão, acreditamos que existem atitudes que se definem pela consideração de todas as técnicas possíveis desde que utilizem a terra. Assim, de modo a não excluir ou forçar atitudes em certos casos de estudo, optou-se por retirar a condicionante da técnica construtiva utilizada.

Neste capítulo, procura-se uma análise teórica da arquitetura contemporânea em terra. Por esta razão, aspetos construtivos serão abordados apenas suscintamente, sendo analisados com mais detalhe apenas em casos onde se considera necessário para uma melhor compreensão da atitude em questão. Tampouco será realizada uma explicação aprofundada do projeto, salvo em casos onde a escolha pelo material terra tenha decorrido da própria ideia projetual. Os fatores que serão estudados em cada caso de estudo, de modo a fundamentar os diferentes *modos de ver e de fazer arquitetura* em terra, são, assim, o lugar e o próprio arquiteto. O lugar, porque permite entender se, para o arquiteto, importaram questões como o clima local, a envolvente física e social ou as técnicas construtivas tradicionais. O próprio arquiteto, porque possibilita perceber, através das suas obras realizadas, se a terra é um material que surge apenas em determinadas situações ou se surge em praticamente todos os projetos. Com estes pontos, será então realizada a análise da intenção do arquiteto no projeto em estudo ao usar a terra, ou seja, o seu *modo de ver e de fazer* esta arquitetura. Para finalizar a análise de cada objeto de estudo, serão ainda referidos outros casos que apresentam uma visão semelhante à analisada.


(1)


(2)

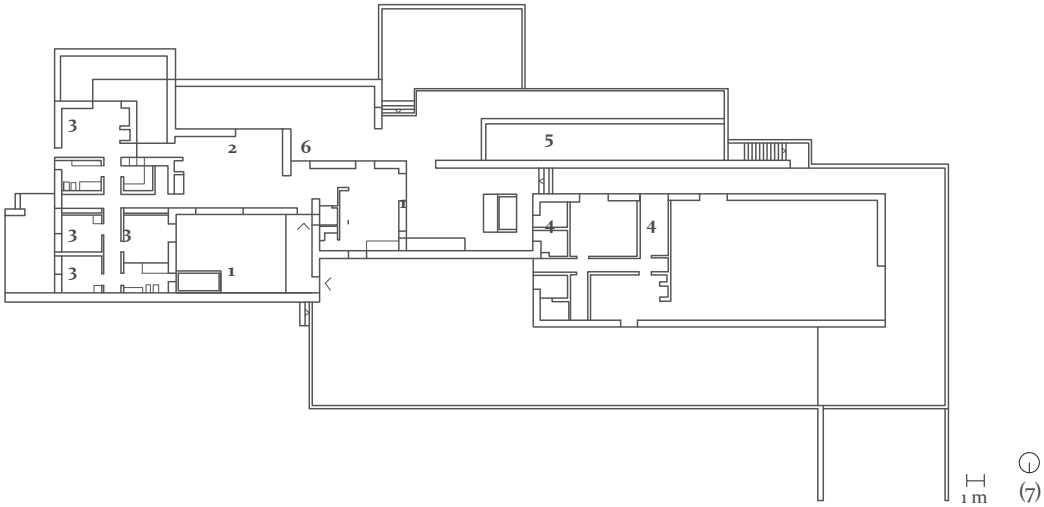

(3)


(4)


(5)


(6)

(1) - (6) *Casa em Taipa, Alentejo, Portugal, 2006, Arquiteto Bartolomeu Costa*



1 Pátio
2 Sala
3 Quarto
4 Atelier
5 Piscina
6 Terraços

(7) Planta do piso térreo
Casa em Taipa

3.1. Integração no lugar

3.1.1. Sobre a obra

nome da obra ***Casa em Taipa***

data ***2006***

técnica construtiva ***Taipa***

estrutura Mista: ***Betão armado e madeira***

acabamento das paredes ***Rebocadas com cal aérea em pasta e caiadas com pigmentos naturais***

execução ***Betão e Taipa***

arquitetos ***Bartolomeu Costa Cabral, com colaboração de João Gomes, Mário Crespo e Pedro Nunes***

localização ***Herdade dos Delgados, Beja, Portugal***

envolvente ***Não urbano (rural)***

programa ***Habitação unifamiliar***

área de construção ***550 m2***

cliente ***Particular***



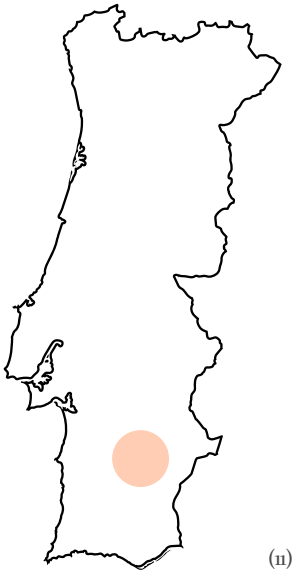
(8)



(9)



(10)



(11)

3.1.2. Sobre o Lugar

O clima

O Alentejo apresenta um clima temperado, com características mediterrânicas e continentais. Para o Concelho de Beja, que faz parte do chamado Baixo Alentejo, o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, s.d.) indica uma temperatura média anual entre os 16.1 – 17 ˚C e uma precipitação média anual abaixo dos 600 mm. Assim, de um modo geral, pode-se afirmar que os verões são quentes e secos (temperaturas diárias perto de 30 ˚C, com possibilidade de subir até aos 40 ˚C), geralmente com elevadas amplitudes térmicas entre o dia e a noite (Alentejo, s.d.). Os invernos costumam ser húmidos e relativamente frios (nos meses mais frios a média da temperatura mínima ronda os 6 ˚C, constatando-se também dias mais frios onde esta desce ligeiramente abaixo dos 0 ˚C). Já na primavera e no outono, as temperaturas são geralmente amenas, com amplitudes térmicas moderadas.

Paisagem física e social

A casa insere-se numa paisagem profundamente rural, caracterizada por planícies pontuadas por carvalhos e ervas rasteiras. A nível da envolvente social, está-se perante um típico contexto alentejano, onde coexistem herdades e casas da classe alta com casas mais simples da população comum, da qual grande parte está ativa na agricultura e, mais recentemente, também no turismo. No entanto, a casa não tem vizinhança direta, encontrando-se isolada na paisagem.

Técnicas construtivas tradicionais

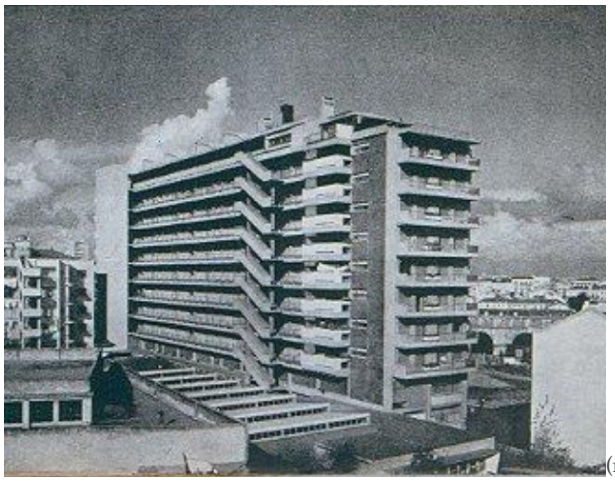
Como já se abordou no capítulo 1, o Alentejo possui uma longa tradição de construção em taipa. No Inquérito à Arquitetura Popular Portuguesa (AAP, 1988 [1961]) é referido que o tipo de material mais utilizado em paredes de elevação na área abrangida pela Zona 6, que inclui o Algarve, o Baixo Alentejo, a Bacia do Sado e o Alentejo Litoral é, precisamente, a taipa, e que provavelmente justifica-se pela presença de terrenos argilosos e a economia de meios necessária à sua execução.

(8) A paisagem do lugar, Alentejo

(9) Vista a partir da *Casa em Taipa*

(10) Localização da *Casa em Taipa* no Mundo

(11) Localização da *Casa em Taipa* em Portugal



(12)



(13)

(12) Bloco das Água Livres, Lisboa, 1953-1956, Arquitetos Bartolomeu Costa Cabral & Nuno Teotónio Pereira

(13) Prédio unifamiliar na Travessa da Oliveira à Estrela, Lisboa, 2003-2005, Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral

3.1.3. Sobre o Arquiteto

Obras anteriores/posteriores

O Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral[1] apresenta um grande número de obras construídas[2], no entanto apenas uma única utiliza a terra crua como material construtivo (*figs. 12-13*). De modo geral, nos outros projetos tem usado sistemas construtivos convencionais, estruturas de betão armado e enchimentos em alvenaria de tijolo revestidas com isolamento térmico exterior *de modo a responder às exigências regulamentares térmicas* (Cabral, 2017). Ou seja, a Casa em Taipa constitui claramente uma exceção no seu panorama de obras a nível do material construtivo.

3.1.3. Modo de *ver* e de *fazer* arquitetura em terra

O Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral, em correspondência por e-mail (anexo 1), justifica o porquê do uso da terra crua no seu projeto: *foi ideia minha, por ser no Alentejo e uma moradia isolada e capaz de responder à condições climatéricas de calor e também por ser um método de construção muito usado nesta região* (Cabral, 2017). O porquê da opção pelo material parece bastante clara. Optou pela taipa porque esta se adapta ao LUGAR, que o arquiteto perceciona através do seu clima e tradição construtiva.

1 Bartolomeu Costa Cabral nasceu em Lisboa a 8 de Fevereiro de 1929 e inicia a sua formação na Escola de Belas-Artes de Lisboa em 1947. Pertenceu a uma geração de arquitetos *formados na contestação quer às linguagens tradicionalistas da geração formada no entre-guerras* [...] *– quer ao modernismo* [...]*, veiculadora de uma terceira via, nem modernista nem regionalista, antes moderna, sem a necessidade da ortodoxia dos enredos formais da linguagem modernista* [...] (Providência, 2016, p. 108). Colabora no atelier de Nuno Teotónio Pereira de 1952 a1958, no qual integram também os arquitetos Manuel Alzina Menezes, Manuel Tainha, Rafael Botelho e Raul Chorão Ramalho. Uma obra resultante desta colaboração é o Bloco das Águas Livres em Lisboa (fig.12) que é, talvez, uma das suas obras mais conhecidas, frequentemente associada à Unité d'Habitacion de Le Corbusier (Couto, 2016).

2 Entre outras, destacam-se a Escola do Castelo (1960-1970), o Edifício Epul no Martim Moniz (Lisboa, 1973), a Casa na Rua da Verónica (Lisboa, 1973-1975), o Bairro do Pego Longo (Queluz, 1976), a Agência da Caixa Geral de Depósitos (Sintra, 1977), a Escola Superior de Tecnologia (Tomar, 1988), a Mútua dos Pescadores (Lisboa, 1989-1992), a Residência de Estudantes (Tomar, 1990), o Instituto Superior de Agronomia (Lisboa, 1991-2000) o Edifício de Habitação Económica em Pego Longo (Queluz, 1992-1994), a Faculdade de Engenharia da Universidade Católica (Sintra, 1995-2000), a Biblioteca da Universidade da Beira Interior (Covilhã, 1998-2001), o Metro Quinta das Conchas (Lisboa (1999-2003), o Museu dos Lanifícios (Covilhã, 2000-2003), a Casa na Travessa da Oliveira (Lisboa, 2002-2006), o Restaurante Tartine (Lisboa, 2009-2012) e a Casa nas Amoreiras (Lisboa, 2012-2013).



(14)



(15)

(14) O rigor geométrico da *Casa em Taipa*

(15) A obra na paisagem

No entanto, constata-se que o arquiteto não usou a taipa de um modo nostálgico ou eclético, continuou a utilizar a linguagem própria da sua arquitetura. Não existiu uma cópia da casa tradicional alentejana em taipa por duas grandes razões: a primeira prende-se com o seu histórico de obras construídas, onde encontramos apenas uma única em taipa. As restantes não se encontram inseridas numa envolvente rural alentejana, maioritariamente são urbanas, onde o material parece igualmente adaptar-se ao contexto: estruturas de betão armado e paredes de alvenaria de tijolo rebocadas. Sobretudo as suas obras de cariz social fazem uso deste sistema construtivo convencional, simples, barato e duradouro, que nos finais do século XX e inícios do século XXI qualquer empreiteiro sabia executar com facilidade. A segunda grande razão que justifica a posição imparcial de Bartolomeu Costa Cabral perante o material é a integração de tecnologias modernas num sistema construtivo tradicional que, neste caso, foi a opção pelo betão armado como reforço de pilares e lintéis. Observa-se uma atitude aberta perante a arquitetura em terra, que não procura o fanatismo nem pelo material, nem pela tradição. Verifica-se ainda uma reduzida valorização estética do material, assemelha-se até bastante da linguagem das restantes obras do arquiteto. A materialidade, a aparência da terra pura não é exaltada, apenas uma única parede não se encontra rebocada e deixa a terra propositadamente à vista. As demais, rebocadas, apresentam uma subtileza imensa.

Consegue-se identificar assim uma posição relativamente pragmática que opta pelo material por fazer sentido no contexto onde é utilizado. Não se verifica uma exaltação da linguagem do material, mas sim uma continuidade da linguagem do próprio arquiteto. A terra é tratada apenas como um material construtivo que se adapta à envolvente. Contudo, apesar de não procurá-la para ser o grande protagonista do projeto, não despreza o seu caráter, valorizando o certo *silêncio e uma serenidade absolutamente únicas* que este consegue conferir à casa (Cabral, 2017).



(16)



(17)

3.1.4. Outros casos

(16) Vista exterior do projeto para o Museu de Fotografia e Artes Visuais do Marraquexe, David Chipperfield Arquitetos

(17) Vista interior do projeto para o Museu de Fotografia e Artes Visuais do Marraquexe, David Chipperfield Arquitetos

No projeto de concurso (não executado) do Museu de Fotografia e Artes Visuais do Marraquexe, de David Chipperfield Arquitetos, parece encontrar-se uma atitude perante a utilização da terra na arquitetura semelhante à analisada de Costa Cabral na *Casa em taipa* (*figs. 16-17*). Marraquexe, tal como o Alentejo, é um lugar onde o uso da taipa tem tradição e onde o clima, maioritariamente seco e com elevadas amplitudes térmicas, é propício para as espessas paredes de terra. Ou seja, também neste caso entende-se que os arquitetos pretenderam construir o projeto em terra para integrá-lo no lugar, quer pela tradição local da técnica construtiva, quer pela própria envolvente edificada, que é praticamente toda a cidade de Marraquexe.

Ainda nesta categoria, parece integrar-se a geração de arquitetos que reintroduziu a taipa nos anos 90 no Sul de Portugal, dando continuidade a uma tradição que sempre se adaptou ao contexto. Uma geração que, segundo Jorge (2014, pp. 204-205) *inspirou e influenciou-se uns aos outros, visando a re-aprendizagem e re-utilização da técnica tradicional da taip*a [...] e que [...] *influenciados pelas técnicas tradicionais, enfrentaram a taipa como um meio de continuidade das tradições e salvaguarda de um futuro mais utópico e sustentável*. Os arquitetos Alexandre Bastos, Teresa Beirão e Henrique Schreck[3] são, de certa forma, os três maiores representantes do grupo. Estes arquitetos projetam quase exclusivamente no Alentejo e no Algarve, zonas onde a terra se adapta naturalmente ao lugar e às tradições. Já em Bartolomeu Costa Cabral, existe uma vasta obra que, por exemplo, num contexto urbano como Lisboa, utiliza o betão, ou seja, demonstra que adapta a sua arquitetura ao lugar onde esta se insere.

Neste sentido, o fato de construírem sempre em terra pode dever-se a uma profunda paixão pelo material, pela questão da adaptação ao lugar/clima, pela sua sustentabilidade, etc., mas também uma certa estratégia de mercado. São os *arquitetos da terra* e são procurados por essa mesma razão. É o seu negócio, a sua especialização,

3 Teresa Beirão, Alexandre Bastos e Henrique Schreck possuem um vínculo entre si. Formaram-se na Escola Superior de Belas-Artes de Lisboa, Bastos e Teresa Beirão no mesmo ano (1979) e Schreck apenas um ano depois (1980). Os três arquitetos tomaram como base o Concelho de Odemira. Destaca-se ainda que Bastos e Beirão colaboram um com o outro: em 1990 formaram o atelier AT5.



(18)



(19)

(18) Habitação de Pedro Morais, Alentejo, Portugal, 2002, Arquiteta Teresa Beirão

(19) Habitação Caeiro Velho, Alentejo, Portugal, 2011, Arquiteto Alexandre Bastos

que responde a uma certa procura no mercado atual. Bastos (2005, p.160) salienta que se trata de [...] *um movimento de arquitectura que não se baseia apenas em aspectos formais e na expressividade, transcende-os, nasce na ruralidade nos finais do século XX, princípios do século XXI, mas vem das cidades, das culturas ditas eruditas ou mais esclarecidas, que vão preservar a memória do tempo, do anónimo, dos diferentes extractos socio-económicos, etc., que preservam o ambiente, que são preocupadas, pouco consumistas, enfim, um movimento cívico, consciente a que me é indiferente se é por moda ou não*. Uma moda que associou uma certa imagem a este tipo de arquitetura e que, ao meu ver, é seguida fielmente pelos arquitetos da geração.

De modo a justificar a ideia, toma-se como exemplo uma obra de cada um dos arquitetos: a Habitação de Pedro Morais (2002) de Teresa Beirão (*fig. 18*), a Habitação Caeiro Velho (2011) de Alexandre Bastos (*fig. 19*) e a Habitação em Choça, de Henrique Schreck (*fig.20*). Entende-se claramente um paralelo entre as três obras, na medida de apresentarem uma certa repetição de um desenho tradicional, que se carateriza pelas superfícies em taipa emolduradas por um reboco branco, vãos relativamente pequenos, o uso da telha e elementos tradicionais da arquitetura alentejana, como a chaminé. Parece existir uma figuração daquilo que eram as construções em taipa tradicionais, bem visível quando se compara estas três obras com duas fotografias do levantamento realizado no Inquérito à Arquitetura Popular Portuguesa (*figs. 21-22*).

À opção de utilizar a taipa como elemento decorativo no interior e no exterior, inspirado nas construções em taipa vernaculares, aliado à reprodução de uma imagem da casa tipicamente alentejana, parece constituir uma atitude quase pitoresca. Não será, de certa forma, um *estudo muito superficial da nossa Arquitectura passada e, na prática, o emprego sem nexo e sem lógica de algumas formas dessa mesma Arquitectura* (...), tão lamentado por Távora (1947, p. 11) n' *O problema da casa portuguesa*? Uma *arquitectura de arqueólogos e nunca uma Arquitectura de arquitectos*? Na verdade, estas obras de Beirão, Bastos e Schreck repetem um 'estilo' que surgiu noutra época, e que hoje apenas remete para essa tradição perdida. Como Távora (1947, p.11-12) afirma, *qualquer estilo nasce do Povo e da Terra com a*







espontaneidade e vida de uma flor; e Povo e Terra encontram-se presentes no estilo que crearam com aquela ingenuidade e aquela inconsciência que caracterizam todos os actos verdadeiramente sentidos e [...] *a história vale na medida em que pode resolver os problemas do presente e na medida em que se torna um auxiliar e não uma obsessão. De início, e aí com o seu verdadeiro sentido, as formas arquitectónicas resultam das condições impostas ao material pela função que é obrigado a desempenhar e ainda de um espírito próprio de quem age sobre o mesmo material*.

Um espírito próprio que, todavia, encontra-se em projetos como a Casa em Caldeirinha e o Atelier em Cortinhas de Bastos ou no Mercado de S. Luís de Bastos e Beirão, mas que se considera perdido nas obras anteriormente referidas. Não obstante, as obras em taipa destes três arquitetos continuam a adaptar-se ao lugar, definido pelo clima, pelos materiais disponíveis localmente e pela própria tradição. Certamente que a linguagem é algo consequente da sua opção de construir em taipa – criou-se uma imagem querida aos clientes, que se procura repetir. Constitui assim um caso ambíguo, não claramente categorizável – será ainda a adaptação ao lugar o objetivo dos arquitetos ao empregarem a taipa nos seus projetos, ou utilizam-na por hábito, pelo fato de se terem especializado na técnica e na linguagem e por terem clientes a pedir exatamente esse produto? Acredito que, nestes casos, ambas as atitudes coexistem ao mesmo tempo.

Ao meu ver, também os Arquitetos Álvaro Siza Vieira e Juan Santos no projeto de concurso do Átrio do Alhambra, procuraram a terra por se adaptar ao contexto do projeto (tradição construtiva local e o fato da própria Alhambra ser construída em taipa). Contudo, não optaram pela taipa "verdadeira": iludiram a sua aparência com a pigmentação do betão (*fig.23*). Acredito que os motivos para tal opção se prendam com o problema tocado no capítulo 2, que é a ainda persistente dificuldade de construir em terra no século XXI. Também o Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros (Fronteira, 2007), dos Arquitetos Byrne e Laranjeira, procura iludir a aparência da terra através do betão. No entanto, neste caso a atitude não se parece dever ao desejo de adaptar o projeto à envolvente, mas à ideia projetual, como será analisado com mais detalhe em seguida.

(20) Habitação em Choça, Alentejo, Portugal, Arquiteto Henrique Schreck

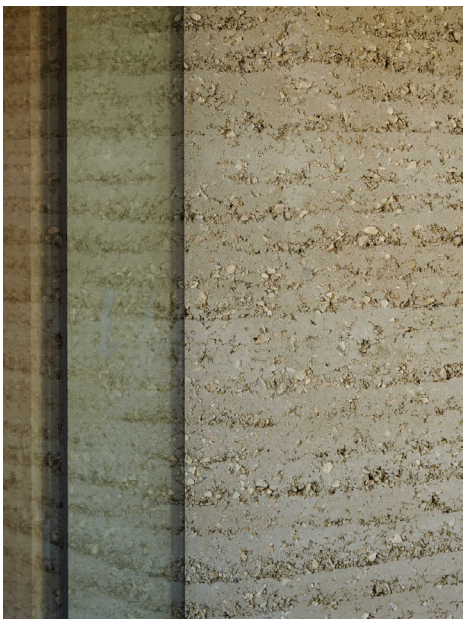
(21) Casa em Mértola, Alentejo. Fotografia do Inquérito à Arquitetura Popular em Portugal (1961)

(22) Casam em Pero Guarda, Alentejo. Fotografia do Inquérito à Arquitetura Popular em Portugal (1961)

(23) Protótipo do betão pigmentado para a Porta da Alhambra (*Seciltek Alhambra*, elaborado pela Secil)




(24)


(25)

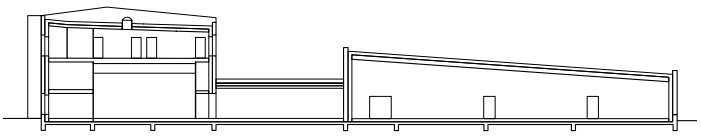


(26)

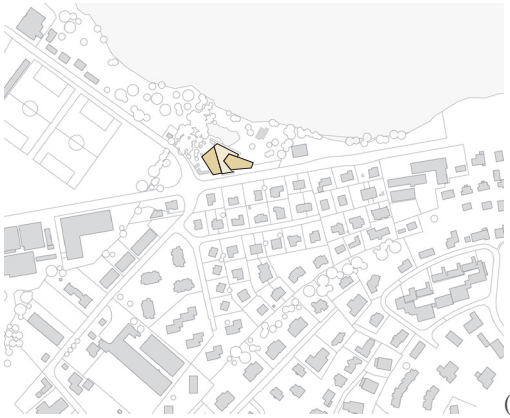

(27)

(24) - (28) *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte, Sempach, Suíça, 2015, Arquitetos :mlzd*

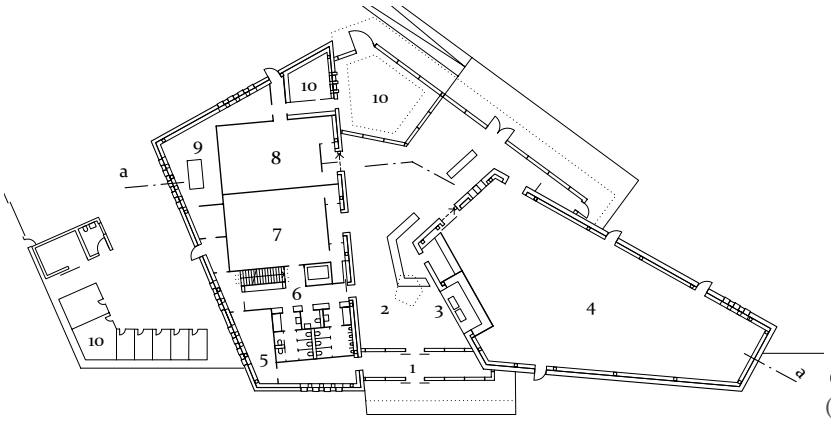

(28)



(30)



(29)



(31)

3.2. Integração conceptual

3.2.1. Sobre a obra

nome da obra ***Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte*** (Centro de visitas da Estação Ornitológica Suíça)

data ***2015***

técnica construtiva ***Elementos pré-fabricados de taipa***

constituição da parede de terra ***Elemento pré-fabricado de taipa (35cm) + Isolamento térmico (celulose, 45cm) + painél de gesso cartonado (2 x 12.5 mm) + reboco de terra (5 mm)***

estrutura ***Paredes auto-portantes de taipa + betão armado***

pisos ***3***

execução ***Lehm Ton Erde*** (Martin Rauch)

arquiteto ***:mlzd***

localização ***Luzernerstrasse 6, Sempach, Suíça***

envolvente ***Não urbano***

programa ***Equipamento público***

custos ***13,2 milhões***

área de construção ***2.060 m²***

cliente ***Concurso, 1º lugar*** (Schweizerische Vogelwarte Sempach, CH-Sempach)

O projeto corresponde ao Minergie-P-Eco Standard[1].

1 O Minergie-P é atribuído a edifícios de baixo consumo energético na Suíça, ao qual se acrescenta a qualificação extra de *eco* quando envolve técnicas construtivas ecológicas e saudáveis.

1 *Entrada*
2 *Foyer*
3 *Loja*
4 *Exposição interativa*
5 *Escritório*
6 *Bengaleiro*
7 *Show de pássaros/cinem*
8 *"Singphony"*
9 *Cuidado de aves*
10 *Aviário*



(32)

(29) Planta de implantação do *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte* Escala 1 : 10 000

(30) Corte longitudinal do *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte* Escala 1 : 750

(31) Planta piso térreo do *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte* Escala 1 : 750

(32) Montagem em obra dos elementos pré-fabricados de taipa



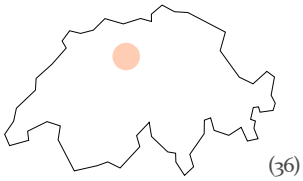
(33)



(34)



(35)



(36)

(33) Vista aérea de Sempach

(34) Edifícios da cidade histórica de Sempach

(35) Localização do *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte* no Mundo

(36) Localização do *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte* na Suíça

3.2.2. Sobre o Lugar

O clima

Em Sempach, as temperaturas médias mais altas registram-se em Julho (22.4˚C). A amplitude térmica diária nos meses de verão é, em média, de aproximadamente 10˚C. As temperaturas médias mais baixas do ano registram-se em Janeiro (-2.8 ˚C). A precipitação média anual é de 1101 mm (Meteovista, s.d.), sendo o Verão mais chuvoso do que o Inverno.

Paisagem física e social

A cidade de Sempach localiza-se nas margens do lago Sempachersee e aos pés dos Alpes, com uma vegetação que se carateriza por prados verdes pontuados por árvores. Apesar de ser denominada de cidade, o ambiente é rural e não se encontram prédios altos, nem grandes densidades: 1,7 km² de área albergam apenas 4100 habitantes (Sempach, s.d.). É uma cidade histórica (fundada oficialmente em 1234), fato que se entende pela sua arquitetura e pelo próprio desenho de ruas medievais. As casas tradicionais são as típicas *Fachwerkhäuser* de 3 a 4 pisos, encontrando-se igualmente algumas construções em pedra, provavelmente oriundas do lago. Não se encontram habitações ou bairros sociais na cidade, é a classe média-alta que predomina.

Técnicas construtivas tradicionais

A Suíça apresenta zonas (Hauptwil e outras comunas da Suíça Oriental) onde a construção em taipa possui uma longa tradição, e que se deve a influências francesas que chegaram por meio do comércio do linho em inícios do século XVII (Boltshauser, 2017). No entanto, a paisagem de Sempach atualmente não se carateriza pelas construções em taipa. O próprio arquiteto Andreas Frank salienta: *se esta técnica construtiva tradicional foi utilizada com abundância na região de Sempach, infelizmente não faz parte do meu conhecimento* (Frank, 2017). Ou seja, mesmo que numa determinada época tivesse sido utilizada na região, o seu impacto não parece ter sido muito grande, pois caso contrário os seus rastos se destacariam com mais força ainda na contemporaneidade.



(37)



(38)

(37) Escola Profissional de Economia de Bienna, Suíça, 2007, Arquitetos :mlzd

(38) Expansão do Museu Histórico de Berna, Suíça, 2009, Arquitetos :mlzd

3.2.3. Sobre os Arquitetos

Obras anteriores/posteriores

Na obra dos arquitetos :mlzd[2], a Vogelwarte em Sempach constitui uma exceção no que respeita o uso do material terra. O arquiteto salienta: *foi o nosso primeiro e, até agora, único projeto em terra.* [...] *Entre nossos últimos projetos, e dependendo do lugar e do pedido, encontram-se obras em madeira* [...] *betão* [...] *e aço* [...] (Frank, 2017). É uma posição clara, que escolhe o material de acordo com o projeto e o lugar.

3.2.4. Modo de *ver* e de *fazer* arquitetura em terra

Neste projeto, considera-se que para o arquiteto, o uso da terra é uma estratégia de integração na envolvente – no entanto, não a nível da tradição do lugar, nem da adequação ao rígido clima suíço, mas a nível de mimetismo material. Chega-se a estas conclusões pela análise do lugar e pela própria ausência de conhecimento do arquiteto sobre o fato da taipa ser tradicional ou não na zona. Um conhecimento que o próprio descreve como pouco importante para a conceção do edifício, pois acredita que *se o material não se adequar à arquitetura, o edifício também não ficará melhor apenas porque o seu uso é tradicional na zona* (Frank, 2017). O próprio uso dos painéis pré-fabricados em taipa é já uma inovação. Será então que o atelier :mlzd recorreu a este sistema construtivo para se destacar tecnicamente?

Parece improvável, pois Frank (2017a), ao ser questionado pelo motivo pelo qual foram utilizados os painéis pré-fabricados, responde que o administrador da construtora *Lehm Ton Erde* (Clemens) melhor conseguiria fornecer informações sobre esse assunto. Ou seja, o que se entende é que o atelier :mlzd procurou a construtora para a execução das paredes em taipa e que deixaram a parte técnica com a *Lehm Ton Erde*. Esta ideia reforça-se na repetida resposta que seria melhor consultar o administrador

2 O atelier :mlzd foi fundando em 1997 em Bienna (Suíça) que atualmente conta com aproximadamente 30 concursos internacionais vencidos (1º lugar) e mais de 40 obras construídas, entre as quais se destacam, para além da obra apresentada neste trabalho, a expansão do Museu Histórico de Berna (2009) e do Museu da Cidade em Rapperswil (2011), a cantina da escola de Wettingen (2008) e a Escola Profissional de Economia de Bienna (2007).



(39)



(40)

(39) A erosão fluvial do lago de Sempach

(40) Vista exterior do *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte*

da construtora quando se tratava de questões mais construtivas no questionário. Assim, também a nível térmico, o arquiteto refere abertamente que o fato do edifício ser obrigado a satisfazer o mais alto standard energético suíço (Minergie P Eco), [...] *os procedimentos acrescidos tornaram-se enormes. Puras paredes de taipa não seriam possíveis com isto*. Deste modo, teve que ser acrescentada uma camada de isolamento térmico para satisfazer as altas exigências térmicas suíças. Assim, a taipa não foi escolhida por se adequar a nível térmico, mas porque se adapta à ideia projetual e à envolvente.

Ainda, é de destacar que o programa da *Vogelwarte* consiste na observação e proteção de aves onde, tal como o arquiteto Andreas Frank destaca, *o tema da terra simplesmente combina perfeitamente com o "Leitbild" ecológico da Instituição Ornitológica* (Frank, 2017). Ou seja, indica claramente que o material foi escolhido em função da natureza do projeto.

À natureza do projeto a nível do seu programa, junta-se a natureza paisagística da envolvente. Frank (2017) justifica: *a nossa ideia projetual decorre da proximidade ao lago e da envolvente natural do lugar, sobre a qual nos focamos. Anexo uma imagem da erosão fluvia*l [*fig. 39*]. *A terra junto à água, a margem – um observador atento provavelmente fará estas associações, entendendo o edifício como parte da zona ribeirinha e menos como um ato construtivo perturbador* mas, ao mesmo tempo, acrescenta que *o edifício encontra-se ao lado de uma zona de construções unifamiliares. Com o material terra, destacamo-nos em relação às restantes casas e marcamos que não se trata de um edifício residencial*. O arquiteto vê assim a terra como um material que o possibilita satisfazer uma vontade projetual, que é a integração harmoniosa na envolvente natural a nível material e, ao mesmo tempo, o destaque na envolvente edificada no território. Ou seja, diferente já da atitude de adaptação ao lugar, que procura um seguimento com a técnica construtiva presente na envolvente edificada (Bartolomeu Costa Cabral no Alentejo ou Chipperfield em Marraquexe), esta obra pretende destacar-se da envolvente edificada através do material.



(41)



(42)

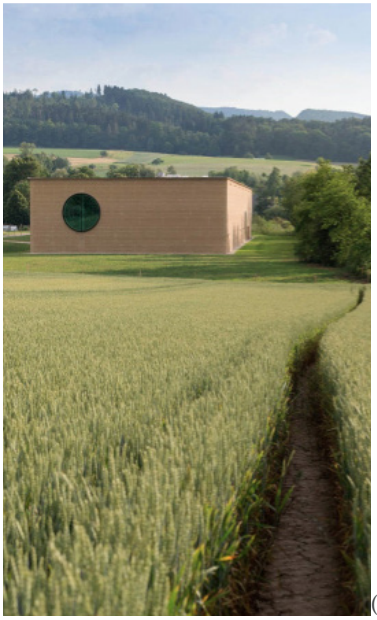
(41) A procura de integração do *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte* na envolvente

(42) Detalhe da fachada do *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte*

Neste caso, reforça-se a credibilidade do argumento dos arquitetos adaptarem o material à própria ideia projetual por constituir a primeira e, até o momento, única obra em terra crua do atelier. E, entre as suas obras já construídas, igualmente não se verifica um seguimento fanático por um material, observando-se obras tanto em madeira, como em betão ou aço: *os nossos projetos relacionam-se com o lugar e com o pedido – o material deve assim apoiar de melhor maneira possível a posição projetual. Uma seleção do material "a priori" consideramos errada. Neste projeto foi a terra que melhor cumpriu as exigências.* Por conseguinte, à questão colocada da terra poder ser facilmente substituída por outro material construtivo, o arquiteto responde: *não, o material reforça a relação com a natureza e o lago, que também faz parte da conceção espacial (diluição das transições entre o interior e o exterior* [...]*). Esta expressão não seria possível de ser atingida com um outro material* (Frank, 2017). Em suma, o material conseguiu, de certa forma, simbolizar o próprio conceito do projeto.

3.2.5. Outros casos

Um modo de ver e de fazer arquitetura em terra bastante semelhante ao apresentado é a obra dos Arquitetos Herzog & de Meuron, o Ricola *Kräuterzentrum*, na Suíça. Esta obra utiliza igualmente painéis em taipa pré-fabricados da construtora de Martin Rauch. O projeto do Ricola *Kräuterzentrum* parece ter surgido pela crença da sua adaptação ao projeto. Como a memória descritiva justifica: *o novo Kräuterzentrum* [centro de ervas] *está situado como um bloco errático no meio da paisagem, pontuada com edifícios industriais convencionais.* [...] *O Kräuterzentrum foi construído essencialmente de terra disponível localmente; é como um segmento geométrico da paisagem, com as suas dimensões e o seu impacto arcaico reforçado pela escolha radical do material. As ervas e a terra definem o caráter distinto e propositado do centro* [...] (Herzog & Meuron, 2014). Contudo, entende-se que neste caso, provavelmente a atitude que pretende o "destaque" esteja mais presente nesta obra do que na *Vogelwarte* dos :mlzd. Não existe uma grande razão pela qual especificamente a terra é utilizada neste contexto. Talvez a terra tenha sido escolhida por se adaptar à



(43)



(44)

(43) Ricola *Kräuterzentrum,* Laufen, Suíça, 2014, Arquitetos Herzog & de Meuron

(44) Desert Courtyard House, Arizona, Estados Unidos, 2012, Wendell Burnette Architects

imagem ecológica que uma fábrica de rebuçados, que se preza por usar ervas naturais, pretende transmitir (*fig. 43*). Mas também a nível técnico, acresce a questão do controlo climático obtido pelo material terra, fator destacado na memória descritiva dos arquitetos. Assim, não é de negar que a taipa foi utilizada por se adequar à imagem pretendida do projeto, ao seu programa, que constitui também uma forma de utilizar a conotação inerente ao material terra, pretendida por determinada ideia projetual.

No Arizona, em Scottsdale, encontra-se um caso americano que parece igualmente inserir-se neste modo de *ver* e de *fazer* arquitetura em terra. Trata-se de uma obra dos Wendell Burnette Architects, um atelier que também não apresenta um histórico de obras em terra, mas que optou por usar paredes de taipa num edifício de habitação unifamiliar, a *Desert Courtyard House* (*fig.44*). Segundo a memória descritiva do projeto, o conceito partiu pela ideia do conforto oferecido pelo pátio. Para os arquitetos, *também constituiu uma oportunidade de delimitar um fragmento do tempo ancestral, livre do recente desenvolvimento, através de uma forma que surge da paisagem envolvente, da força natural, da massa geológica, a sua delicadeza, que se sinta como sempre estivesse aí.* Começaram por questionar-se o que seria *se as paredes do pátio pudessem literalmente crescer do próprio terreno, através da sua escavação, sem necessidade de importar ou exportar* (Burnette, s.d.). No fim, foi exatamente esta ideia que os arquitetos concretizaram. Ou seja, a terra foi utilizada por simbolizar materialmente a ideia que se pretendia transmitir no projeto.

Destaca-se ainda a *Great Wall of WA* de Luigi Rosselli (*fig.45*), um projeto de taipa que consiste numa parede de 230 m de comprimento que parece formar naturalmente um monte na paisagem que, na verdade, consiste num conjunto habitacional.

Este modo de *ver* e de *fazer* arquitetura em terra, guiado por um conceito que o material terra é capaz de transmitir, inserem-se alguns casos que não chegam a concretizar a ideia em terra, mas noutro material construtivo que, geralmente, é o betão armado. Assim, estes arquitetos iludem a aparência da terra através de outro material. Estes casos parecem ainda mais claros na sua intenção de pretender apenas o simbolismo subjacente à terra para responder a uma ideia projetual.



(45)

(45) The Great Wall of WA, Austrália, Arquiteto Luigi Rosselli

Se as caraterísticas do material em si ou até fatores socioculturais ligados ao próprio processo construtivo fossem importantes para os arquitetos, dificilmente utilizariam o betão. Optou-se por integrar estes casos na análise para demonstrar como é que a terra pode ultrapassar a função meramente construtiva ao servir de símbolo para alguns temas. Para clarificar esta ideia, passa-se para a análise de um caso específico dos arquitetos Gonçalo Byrne[3] e José Laranjeira[4], o Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros em Fronteira[5] (*fig. 46*). Uma obra que se localiza precisamente na *civilização do barro,* que Orlando Ribeiro (1992, cit. por Fonseca, 2007, p.25) destaca ser o Alentejo. No referido projeto, a taipa é simulada através de uma parede de betão pigmentado. É um sistema construtivo bastante convencional, que faz um uso combinado entre paredes de betão e uma estrutura em pórtico de pilares, vigas e lajes (Byrne & Laranjeira, 2007), com paredes igualmente convencionais de betão / isolamento térmico/tijolo/reboco. A questão que surge imediatamente é o porquê da ilusão da terra neste projeto. Por que razão não optaram por utilizar a terra?

3 Gonçalo Byrne (n. 1941) é formado em Arquitetura pela Escola Superior de Belas Artes de Lisboa e Doutor Honoris Causa pela Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa e pela Universidade de Alghero. Byrne recebe influências do *trabalho livre mas disciplinado de Álvaro Siza*, visíveis em dois aspetos: a linguagem adaptada, que se baseia numa releitura de alguns dos grandes mestres da arquitetura moderna e o estudo das ideias de Nuno Portas (Solà-Morales, 1998, p. 20). Entre as suas obras construídas, diversas em termos de escala, programa e contexto, destacam-se a Requalificação da Sede do Banco de Portugal (juntamente com João Pedro Falcão de Campos), em Lisboa, a Requalificação do Teatro Thalia (juntamente com Barbas Lopes Arquitectos), em Lisboa, a Remodelação e Ampliação do Museu Nacional Machado de Castro, em Coimbra, a Consolidação e Valorização do Castelo de Trancoso, em Trancoso, a Pousada do Palácio de Estoi, em Faro, a Requalificação da Zona Envolvente à Abadia de Santa Maria de Alcobaça, em Alcobaça. A sua obra tem sido divulgada através de publicações, exposições e outras iniciativas de divulgação cultural nacional e internacional. Destaca-se ainda a carreira académica de Byrne enquanto docente de Projeto de Arquitetura e a sua participação em conferências e seminários (Solà-Morales, 1998).

4 José Laranjeira (n. Lisboa 1966) e formou-se na Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa em 1990. Apresenta uma longa colaboração com Gonçalo Byrne, da qual resultaram vários projetos, como por exemplo a obra apresentada no trabalho, a Remodelação e ampliação da Escola Secundária Rainha Dona Amélia (2007) ou o Centro de Interpretação da Cultura Judaica Isaac Cardoso (2006). Enquanto arquiteto autónomo, formou o atelier Oficina Ideias em Linha – Arquitectura e Design, Lda.

5 A vila de Fronteira localiza-se no interior do Alentejo, pelo que o seu clima carateriza-se por verões quentes e secos (6 mm de pluviosidade no mês mais seco) e por Invernos amenos e húmidos (105 mm no mês mais chuvoso) (Fonseca, 2007). É uma região onde a arquitetura em terra, especialmente em taipa, apresenta uma grande tradição. No Inquérito à Arquitetura Popular Portuguesa, Fronteira foi inserida na zona 5, na qual *sobressaiem aspectos dominantes, como sejam o emprego da cal, do tijolo e da taipa.* Em relação à taipa, salientam que *é material comum em todo o Alentejo* [...] (AAP, 1988 [1961], p. 33). Existe uma grande concentração de construções em taipa no Concelho de Avis segundo a pesquisa elaborada por Inês Fonseca (2007), do qual Fronteira é vizinha. Igualmente as *terras ricas em argila* (AAP, 1988 [1961], p. 68) de Barros, sub-região da qual Fronteira faz parte, indica a utilização da taipa.



(46)



(47)

(46) Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros, Fronteira, Alentejo, 2012, Arquitetos Gonçalo Byrne e José Laranjeira

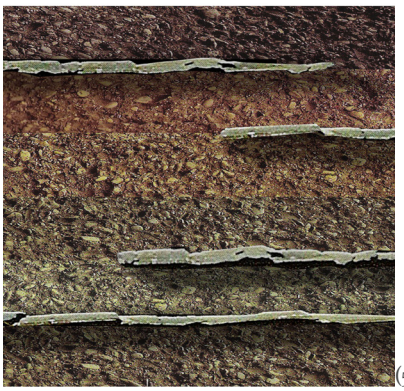
(47) Construção das paredes do Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros

Na memória descritiva do projeto, Byrne e Laranjeira (2007) justificam: *a massa construída do edifício remete para um imaginário da construção de taipa tradicional, recorrendo a uma textura rugosa, conseguida com a utilização de betão colorido, com várias texturas, num sentido manual próximo da mão humana. A textura é reforçada com a interposição de linhas de lajes de xisto colocadas na junta horizontal. Como um todo, o edifício gera uma presença gravitacional, quase como uma escultura de terra colorida evocando o tempo em padrões e nuances, lembrando uma batalha entre um corpo pequeno e um outro de maior dimensão, como dois exércitos em conflito*. O que se entende, de partida, é o interesse pela aparência da taipa, a sua textura, e não tanto pela técnica construtiva em si (*figs. 48, 49, 50*). Esta ideia ainda é reforçada quando estes afirmam que *a paisagem do sul de Portugal tem um tom dourado / avermelhado. O revestimento vermelho do edifício simula essas cores e texturas potenciando e reforçando o sentido de pertença* (Byrne & Laranjeira, 2007).

Fato é que não se utilizou verdadeiramente a taipa, mas um betão que ilude a sua aparência (*fig. 47*). Na pergunta sobre o porquê desta opção, o arquiteto Laranjeira (2017) salienta que [...] *na altura (2007) não tínhamos experiência em construção em taipa e do ponto de vista da engenharia e também de uma empreitada de obra pública, seria um risco muito grande avançar com uma solução de taipa. Procurámos em projeto uma formulação para esta textura de betão que pretendíamos, mas foi na obra que, conjuntamente com o empreiteiro, conseguimos a textura e a cor do betão que foi utilizado, com os resultados que conhece*. Esta justificação reforça uma vez mais a vontade de utilizar a terra não pela paixão pelas propriedades do material, tão adequadas ao clima alentejano ou motivos ecológicos, mas pela sua materialidade.

Na confrontação com a questão se essa vontade de iludir a textura da taipa se deve a uma procura de integração na envolvente alentejana, na qual se encontram inúmeras obras edificadas com este material, o arquiteto Laranjeira (2017) salienta: *pelo que conheço da utilização de taipa em Portugal, é uma sistema construtivo quase sempre para ser revestido com reboco de cal e areia e pintura com cal. Raramente encontramos taipa como acabamento final, a não ser em edifícios muito pouco qualificados. Não*


(48)

(49)

(50)

conhecemos em Fronteira nenhum edifício com a taipa visível, pelo que não se trata de um tema de integração no local, pois o lugar onde se construiu o CIBA é periférico e de expansão relativamente recente. Tínhamos no entanto a pretensão de obter uma textura irregular, muito próxima de uma carácter manual, evitando texturas lisas obtidas com moldes muito planos e rigorosos. Algo próximo das texturas de terra e da taipa, com um sentido táctil e manual. A cor decorre da cor da paisagem de Fronteira, onde é muito presente a terra vermelha. O parque público que envolve o CIBA tem esse caracter simbólico da planície alentejana, da cor da terra e do tipo de flora endógena que aqui foi utilizada. Por fim a cor remete também para a "mitologia" do campo de batalha sagrado, do sangue da batalha, dos dois exércitos em combate numa luta desigual.

Neste caso, perceciona-se que os arquitetos procuram a terra claramente pela sua aparência. Mas uma aparência justificada pela ideia projetual e uma atitude quase pictórica em relação à referida integração na paisagem de Fronteira através da cor. A atitude ainda é reforçada pela facilidade com que estes substituíram a terra pelo betão, que procura imitar a textura da taipa que, por parte dos arquitetos, é justificada pela falta de experiência no uso do sistema construtivo em taipa e por se tratar de um risco muito grande. No entanto, se por exemplo as propriedades térmicas da terra tivessem sido uma prioridade, certamente que não aceitariam uma troca pelo betão. Como as prioridades eram conceptuais, esta substituição já decorreu sem grande hesitação

De mencionar ainda é o projeto da Porta da Alhambra dos Arquitetos Álvaro Siza Vieira e Juan Domingo Santos, onde igualmente se presencia uma ilusão da terra através do betão. No entanto, este se distingue pelo fato de se notar uma vontade de usar a técnica pela integração no lugar. Não aparenta decorrer tanto de uma ideia projetual que se atinge, entre outros, através de uma simbolização subjacente à materialidade da terra, como no caso apresentado do Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros (cor – sangue resultante do campo de batalha e paisagem do lugar) ou da *Vogelwarte* na Suíça (alusão da natureza, integração pictórica na margem do lago).

(48) Detalhe da textura das paredes do Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros

(49) – (50) Detalhes de texturas de paredes em taipa de construções tradicionais alentejanas, utilizadas como referência para os arquitetos Byrne e Laranjeira



(51)



(52)



(53)

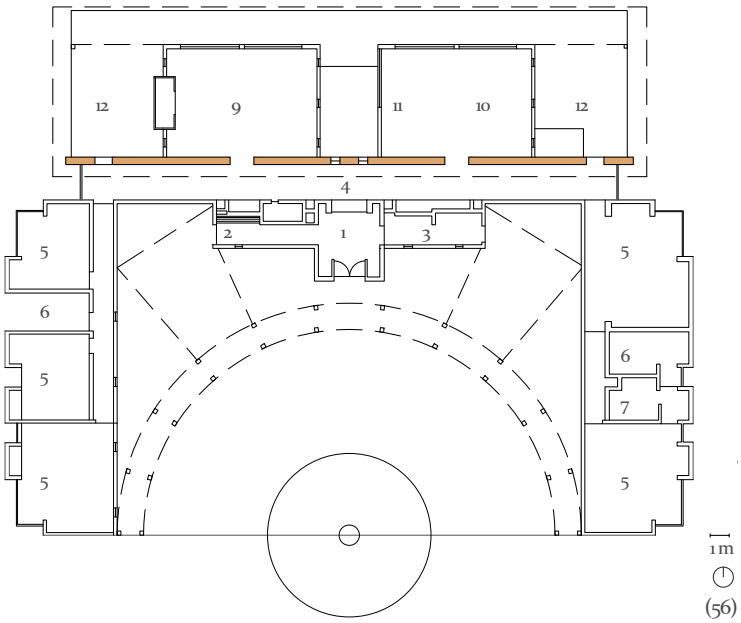


(54)



(55)

(51) - (55) Glenhope House, Victoria, Austrália, 2009, Joh Architects



Parede em taipa

1 Entrada
2 Bengaleiro
3 Lavandaria
4 Corredor
5 Quarto
6 Casa de banho
7 Sala de vestir
8 Escritório
9 Sala de estar
10 Sala de Jantar
11 Cozinha
12 Terraço

(56) Planta piso térreo, Glenhope House

3.3. Materialidade da terra

3.3.1. Sobre a obra

nome da obra ***Glenhope House***

data ***2009***

técnica construtiva ***Taipa***

estrutura ***Mista: taipa e madeira***

pisos ***1***

execução ***David Tucker; Earth Structures (paredes de taipa)***

arquitetos ***JOH Architects (Arquiteto Christian O'Halloran)***

localização ***Glenhope, Victoria, Austrália***

envolvente ***Rural***

área **355 m²**

programa ***Habitacional***

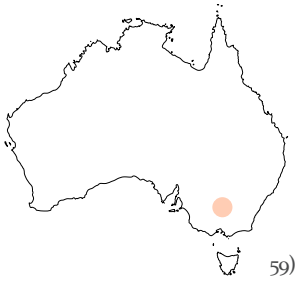
cliente ***David Tucker (construtor)***



(57)



(58)



(59)

(57) Vista para a paisagem envolvente da Casa de Glenhope

(58) Localização da Casa de Glenhope no Mundo

(59) Localização da Casa de Glenhope na Austrália

3.3.2. Sobre o Lugar

O clima

A média de temperatura em Glenhope é de 13 °C, caraterizando-se por Invernos frios e chuvosos e por Verões quentes e húmidos. A sua amplitude térmica anual é alta (média de temperatura mais alta do ano em Fevereiro (19.7 °C) e mais baixa em Julho (6.6 °C). Também a variação entre as temperaturas médias mais baixas e mais altas verificadas mensalmente é elevada. Nota-se, por exemplo, que no mês de Janeiro a média da temperatura mais baixa é de 12 °C e a mais alta de 26.8 °C, que são 14.8 °C de diferença. Em relação à pluviosidade: constata-se uma variação de 50 mm na precipitação registada no mês mais seco (Março, 41 mm) e mais chuvoso (Agosto, 88 mm), sendo a pluviosidade média anual de 733 mm. Estes números indicam um clima chuvoso e húmido ao longo de todo o ano ("Climate-data", s.d.).

Paisagem física e social

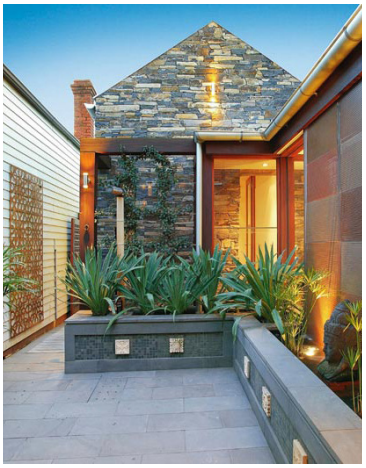
Glenhope não é uma aldeia nem vila, é uma paisagem com algumas casas dispersas no território, que se carateriza pelas suas planícies relvadas, intervaladas por pequenos montes, pontuados por algumas árvores e arbustos. A nível social, está-se perante um contexto de bem-estar económico.

Técnicas construtivas tradicionais

Glenhope localiza-se a aproximadamente uma hora a norte de Melbourne, numa paisagem profundamente rural. As edificações que se encontram no lugar são poucas e recentes. Por conseguinte, não é possível distinguir tradições construtivas no próprio lugar. No entanto, é de referir que se localiza no Estado de Victoria, onde a construção contemporânea em taipa está bem desenvolvida, com várias construtoras especializados na técnica[1]. A técnica da taipa está bem presente atualmente no panorama Australiano, constituindo quase uma tradição contemporânea.

1 Entre outras, destacam-se as construtoras Olnee Constructions, Rammed Earth Victoria, Earthwright, Rammed Earth Enterprise e, especialmente, a Earth Structures, que executou as paredes em taipa do projeto mencionado.


(60)

(61)

(62)

(63)

3.3.3. Sobre os Arquitetos

Obras anteriores/posteriores

Na obra dos JOH Architects[2], encontra-se uma grande variedade de materiais construtivos utilizados nas paredes: da pedra, à chapa de alumínio, à madeira, ao aço córten, ao tijolo maciço, à parede branca rebocada, ao vidro e até à taipa. Claramente não existe uma linha de materiais predominantes. No momento presente, 20% das suas obras construídas apresentam paredes em taipa à vista[3]. No entanto, nenhuma das obras se restringe apenas a este material. Como se observa em toda a sua obra, conjugam-se 2 a 3 materialidades no mesmo projeto (*figs. 60 - 63*).

(60) Aireys Inlet House, Victoria, Austrália, Joh Architects

(61) Sherbrook House, Victoria, Austrália, Joh Architects

(62) Middle Park House, Victoria, Austrália, Joh Architects

(63) Mt Evelyn House, Victoria, Austrália, Joh Architects

3.3.4. Modo de *ver* e de *fazer* arquitetura em terra

A Casa de *Glenhope* ilustra, neste trabalho, o modo que vê e faz uma arquitetura em terra focada na sua materialidade, na sua aparência. Não por aquilo que o material representa, simboliza, mas por aquilo que transmite sensorialmente. Sente-se a necessidade de distinguir casos como analisados na categoria anterior, a *Vogelwarte* dos Arquitetos :mlzd, em que o uso da terra contribui para concretizar uma ideia de projeto através da sua conotação simbólica, e casos em que os arquitetos procuram a terra fundamentalmente pela sua materialidade, capaz de definir uma certa atmosfera pretendida para o espaço. Para explicar melhor esta ideia, parte-se para uma breve análise da intenção dos Arquitetos JOH ao usarem a terra na Casa de Glenhope.

A observação das *figuras 55 & 56* evidencia de imediato que a taipa, neste projeto, não foi utilizada pelas suas propriedades térmicas. Trata-se de um projeto onde a taipa constitui uma comprida parede que, segundo o próprio arquiteto, separa as áreas

2 Os JOH Architects constituem um grupo de arquitetos que se formou em 2004 em Melbourne, na Austrália. O atelier apresenta uma obra construída relativamente numerosa. A linguagem denota influências do Arquiteto Australiano Glenn Murcutt, vencedor do Prémio Pritzker em 2002.

3 Merrijig House, Glenlyon House, Sherbrooke House, Aireys Inlet House e a obra apresentada no trabalho, a Glenhope House.



(64)



(65)

(64) A parede de taipa como separadora de espaços na Casa de Glenhope, Victoria, Austrália, Joh Architects

(65) A parede de taipa como separadora de espaços na Casa de Merrijig, Victoria, Austrália, Joh Architects

públicas (sala de estar e jantar, cozinha) do corredor, como se observa na *figura 64* ("Glenhope House / JOH Architects", 2012). Apenas pequenos fragmentos dessa parede estão expostas ao exterior. Se os arquitetos pretendessem aproveitar a inércia térmica oferecida pela terra, certamente teriam uma maior área de parede exterior em taipa.

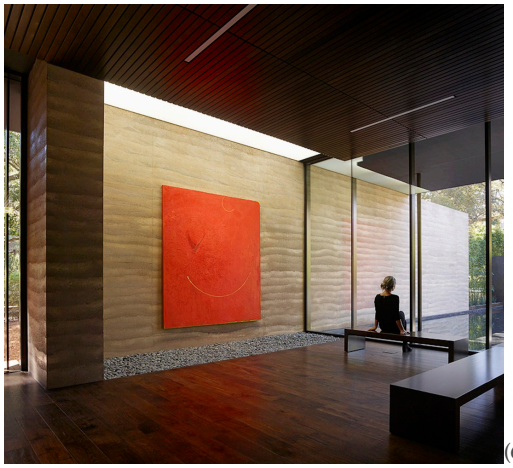
Este gesto de utilizar a parede de taipa para servir de divisória entre dois tipos de espaço distintos repete-se na casa de Merrijig: a sala de estar é separada do corredor por uma espessa parede de taipa (*fig.65*). Esta casa é mais evidente ainda nesta indiferença pelas vantagens térmicas, pois nenhuma parede exterior utiliza a técnica da taipa, é praticamente uma casa envidraçada.

Em relação à envolvente, não existe tão pouco qualquer indício que possa remeter para uma vontade de integração pela técnica construtiva. Isto porque, em primeiro lugar, as casas encontram-se isoladas numa paisagem rural, com praticamente uma ausência de envolvente construída e, em segundo lugar, mesmo que essa envolvente fosse inteiramente construída em terra como em cidades do Médio Oriente ou Marrocos, esta não se adaptaria pelo fato de não utilizar a terra no exterior.

Por consequência, considera-se que os JOH Architects utilizaram a terra claramente pela sua aparência. Procuraram a materialidade da terra, a sensação que esta exprime no espaço, e não as suas propriedades ou o fato de se integrar no lugar. Esta vontade é facilitada pela construção em taipa consolidada na Austrália, a opção de utilizar a terra no projeto não constitui mais um problema neste país.

3.3.5. Outros casos

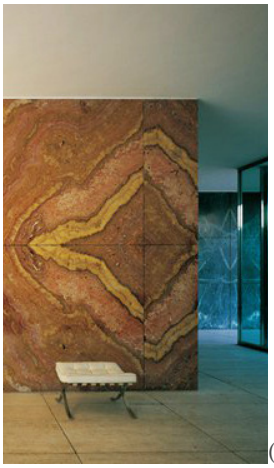
Dentro deste modo de *ver* e de *fazer* a arquitetura em terra, integram-se a maior parte dos projetos onde a construção em terra não constitui mais um problema, representados sobretudo pela Austrália e os Estados Unidos. São casos em que o arquiteto opta pelo material não porque é muito defensor da ecologia do material, das propriedades térmicas, da continuidade de técnicas construtivas tradicionais, da



(66)



(67)



(68)

integração no lugar, da inovação, etc., mas sim porque deseja certa atmosfera no seu projeto. Uma atmosfera conseguida através da materialidade da terra.

Considera-se que estes casos se reconhecem igualmente pelo fato dos arquitetos dentro desta categoria apresentarem obras que fazem uso dos mais variados materiais, não se focam apenas na terra. Cada material tem a sua expressão e provoca atmosferas diferentes, que naturalmente diferenciam de projeto para projeto, até de espaço para espaço dentro da mesma casa, como observado neste caso de estudo. Naturalmente que não se excluem casos em que os benefícios do material terra são tomados em conta – por exemplo, no *Windhover Contemplative Center* dos Aidlin Darling Design nos Estados Unidos, as paredes exteriores são em taipa, embora intercaladas com grandes envidraçados (*fig. 66*). O que se denota do projeto é uma certa vontade em usufruir da sensação de calma e tranquilidade que a terra transmite – objetivo certamente desejado para um centro contemplativo. Outro caso que se insere neste modo de ver e fazer a arquitetura em terra é o *Nk'Mip Desert Cultural Centre* dos HBBH Architects no Canadá, focado na imagem conseguida através da compactação de diferentes tons de terra (*fig. 67*).

O que guia os arquitetos a utilizar a terra parece ser um motivo quase pictórico, análogo a Mies van der Rohe quando emprega grandes superfícies de mármore no pavilhão de Barcelona (*fig. 68*). Mies não queria certamente o mármore pelas suas propriedades ou história, mas sim pela sua aparência, sua materialidade. Em suma, este *modo de ver e de fazer arquitetura em terra* utiliza o material pela sua materialidade, as sensações e a atmosfera que provoca.

(66) Windhover Contemplative Center, Stanford, Estados Unidos, 2014, Arquitetos Aidlin Darling Design

(67) Nk'Mip Desert Cultural Centre, Osoyoos, Canadá, 2006, HBBH Architects

(68) Pavilhão de Barcelona, 1929, Arquiteto Mies van der Rohe



(69)



(70)



(71)



(72)



(73)



(74)

(69) Fachada Norte do Centro de Ecologia Aplicada.

(70) Construção do Centro de Ecologia Aplicada. *Enchimento da cobertura com massa de terra e palha*

(71) Construção do Centro de Ecologia Aplicada. *Tecnobarro*

(72) Fachadas Norte e Poente do Centro de Ecologia Aplicada

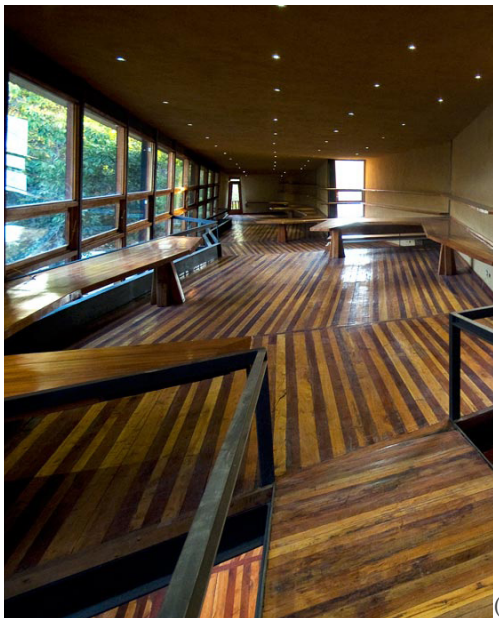
(73) Construção do Centro de Ecologia Aplicada. *Parede de terra leve*

(74) Construção do Centro de Ecologia Aplicada. *Aparelhagem dos adobes*

(75) Vista interior do Centro de Ecologia Aplicada.

(76) Construção do Centro de Ecologia Aplicada. *Laje de betão entre blocos de taipa*

(77) Construção do Centro de Ecologia Aplicada. *Compactação da terra*



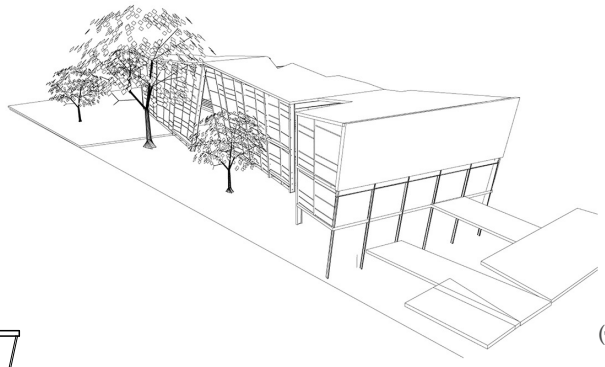
(75)



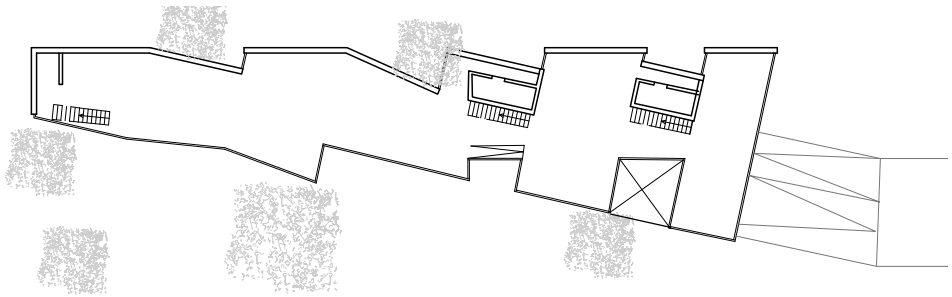
(76)



(77)



(79)



(78)

(78) Planta piso térreo do Centro de Ecologia Aplicada

(79) Desenho tridimensional do Centro de Ecologia Aplicada

3.4. Inovação

3.4.1. Sobre a obra

nome da obra ***Centro de Ecologia Aplicada***

data de conclusão ***2011***

técnicas construtivas em terra ***Taipa reforçada com dispersores sísmicos[1], terra leve[2], quincha metálica[3] e adobe***

estrutura **Metálica**

pisos ***3***

arquiteto ***Marcelo Cortés***

localização ***Principe de Gales 6465, comuna de La Reina, Santiago de Chile***

envolvente ***Urbano***

programa ***Equipamento privado (escritórios do centro de ecologia aplicada)***

área de construção ***1200 m²***

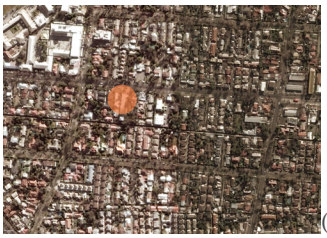
1 Lajes de betão armado de aproximadamente 10 cm de espessura, localizadas a cada 50 cm da parede (*fig.76*).

2 A terra leve é utilizada para enchimento de laje (sobre uma malha metálica e rede de galinheiro fixados na estrutura da cobertura) e de parede (colocação no espaço intermédio formado por duas malhas metálicas paralelas, afastadas entre si à distância pretendida para a espessura da parede).

3 O termo *quincha metálica* inclui, na verdade, as técnicas de *tecnobarro* e de paredes de terra leve. A sua diferença está na estrutura de suporte e na mistura da terra: enquanto que no *tecnobarro* (*fig.71*) a estrutura consiste em painéis de malhas metálicas dobradas e reforçadas por varas metálicas a cada 50 cm aproximadamente, a parede de terra leve (*fig.73*) utiliza duas malhas metálicas paralelas entre si. Em relação à mistura da terra, é de notar que na última esta é bastante mais rica em palha, enquanto que no *tecnobarro*, a mistura de terra é mais consistente, ou seja, com um maior teor de terra do que de palha.



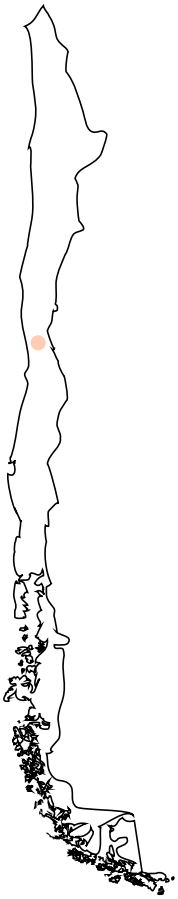
(80)



(81)



(82)



(83)

(80) Santiago, Chile.Vista do Cerro San Cristobal

(81) Planta da localização do Centro de Ecologia aplicada na Comuna La Reina, Santiago, Chile

(82) Localização do Centro de Ecologia Aplicada no Mundo

(83) Localização do Centro de Ecologia Aplicada no Chile

3.4.2. Sobre o Lugar

O clima

Em Santiago, segundo a classificação de Köppen-Geiger, está-se perante um clima temperado, de verões frios (Csc). A temperatura média anual é de 14.6 °C, sendo Janeiro o mês mais quente (20.8 °C de temperatura média) e Julho o mês mais frio (8.6°C em média). As precipitações anuais resumem-se a 359 mm anuais ("Climate-Data", s.d.). Está-se, portanto, perante um clima relativamente seco.

Paisagem física e social

O Centro de Ecologia Aplicada está localizado em Santiago, a capital e a maior cidade do Chile (*fig. 80*). Encontra-se delimitada, num dos seus lados, pela cordilheira dos Andes e localiza-se a aproximadamente 100 km do mar. O Centro está inserido na Comuna La Reina (*fig.81*), uma zona relativamente recente e nobre da cidade de Santiago, maioritariamente habitacional, de ruas ortogonais, espaçosas e arborizadas.

Técnicas construtivas tradicionais

No Chile existe um grande património de arquitetura colonial em adobe, nomeadamente no centro da antiga Cidade de Santiago. Neste país, devido à alta sismicidade, o uso do adobe muitas vezes costuma ser combinado com estruturas em madeira, passando assim a ser um enchimento em vez de uma parede portante (com as técnicas do adobillo e dos tabiques de adobe en pandereta) (Vidal, 2013). No Chile também existe o tabique tradicional em madeira, no entanto na zona de Santiago é o adobe que predomina. É de referir que a Comuna de La Reina é uma zona de expansão, pelo que não apresenta vestígios físicos das tradições construtivas locais.

Hoje em dia, a cidade de Santiago do Chile emprega materiais industrializados e, muitas vezes, condena as antigas construções em adobe. Contudo, o panorama começa a alterar-se ligeiramente em finais do século XX, quando Marcelo Cortés introduz o sistema da *quincha metálica* e, com isso, cria uma nova dinâmica dentro da arquitetura em terra chilena.







(84) Casa Peñalolén (*tecnobarro*), Santiago, Chile, Arquiteto Marcelo Cortés

(85) Casa de adobe (reforçado), Chile, Arquiteto Marcelo Cortés

(86) Piedras de tierra (taipa), Chile, Arquiteto Marcelo Cortés

3.4.3. Sobre o Arquiteto

Obras anteriores/posteriores

As obras do arquiteto Marcelo Cortés[4] recorrem quase exclusivamente a técnicas construtivas em terra crua. Apesar do arquiteto ser conhecido pelo desenvolvimento do *tecnobarro*, vulgarmente denominado por *quincha metálica* (*fig.84*), é de salientar que Cortés trabalha com quase todas as técnicas em terra. Entre estas técnicas encontram-se obras recorrendo ao tabique tradicional com estrutura em madeira, ao adobe (*fig. 85*), à taipa (*fig. 86*) e à terra-palha. Sem exceção, encontrou uma inovação para todas estas técnicas: o tabique inovou através da substituição da estrutura de suporte em madeira por uma metálica, capaz de ser executada com maior rapidez, a taipa e o adobe através do seu reforço antissísmico pela introdução intercalada de pequenas lajes de betão armado e a terra palha através do seu esqueleto formado por duas malhas metálicas paralelas. O arquiteto apresenta um grande número de obras construídas, que vão desde casas unifamiliares, a cafés e restaurantes, a teatros, escolas e edifícios comerciais.

3.4.4. Modo de *ver* e de *fazer* arquitetura em terra

O Centro de Ecologia Aplicada constitui uma obra que, ao meu ver, pode simbolizar a atitude arquitetónica de Marcelo Cortés. Nela, o arquiteto aplica todas as técnicas construtivas em terra que inovou durante a sua experiência profissional: a *quincha metálica* (*tecnobarro* e paredes de terra leve), assim como o adobe e a taipa reforçados com lajes de betão armado horizontais a cada 50 cm. Assim, o edifício base, de

4 O arquiteto Marcelo Cortés (n. 1954) destaca-se a nível internacional pelo desenvolvimento da *quincha metálica* e da inovação constante das técnicas em terra crua, nomeadamente no que respeita o objetivo de torná-las mais sismo-resistentes (entre elas, a taipa e o adobe reforçados por lajes intercaladas de betão armado). O arquiteto desempenha também a função de empreiteiro das suas obras, que se deve à sua formação holística em construção, engenharia e arquitetura (1975-81, Faculdade de Arquitetura da Universidade do Chile). Em 1986 cria a sua empresa de construção, altura em que a sua atividade laboral começa a centrar-se nas práticas de autoconstrução em madeira, tabique ou taipa na Comunidade Ecológica de Peñalolén. Em 1991 inicia a experimentação com estruturas metálicas enchidas de terra, desenvolvendo, finalmente em 1996, o *tecnobarro*. Igualmente destacável é o seu trabalho de restauração e conservação do património em terra. Assim, é também o presidente da Fundación Jofré, ativa sobretudo em questões de conservação e restauração do património chileno construído terra, mas também na educação. Cortés é também professor convidado em várias Universidades do Chile e participa em inúmeras conferências nacionais como internacionais (Culturas De Tierra, s.d.).



(87)

(87) Construção do Centro de Ecologia Aplicada, Chile, Arquiteto Marcelo Cortés

estrutura metálica, suporta estas 4 técnicas construtivas em terra crua, distribuídas seguindo uma lógica estética como térmica, sobretudo no que diz respeito às paredes mais isolantes de terra-palha colocadas a poente. O arquiteto utiliza a terra igualmente como enchimento da estrutura da cobertura. Denota-se que existe um certo fundamentalismo pelo material, sobretudo a nível construtivo. Cortés é um arquiteto construtor que demonstra um fascínio pelas técnicas com que é possível aplicar a terra. Técnicas que procura aperfeiçoar e inovar do melhor modo possível.

Uma inovação livre de preconceitos em relação à tradição e à própria ecologia, pois um arquiteto ecologista dificilmente seria capaz de introduzir um material industrializado e pouco sustentável como o metal ou o betão numa obra em terra crua. Cortés procura, por sua vez, adaptar as técnicas construtivas ancestrais em terra crua à realidade do século XXI. Por um lado, através da utilização das tecnologias contemporâneas para melhorar o desempenho estrutural das técnicas tradicionais (como é o caso da introdução das lajes de betão armado para melhorar a resposta aos abalos sísmicos das paredes em taipa ou adobe) ou simplesmente para adaptá-las à situação atual no que respeita os custos e capacidades da mão-de-obra. Certamente, uma obra em estrutura metálica é montada com maior rapidez e facilidade do que uma obra em madeira. As próprias malhas metálicas utilizadas para constituir o esqueleto das paredes em terra são, a nível de custo, acessíveis, e consideravelmente mais baratas do que muitos tipos de madeira. O próprio arquiteto, quando confrontado com o porquê da *quincha metálica*, referiu que se tratou de uma opção que tomou para ganhar dinheiro, que na verdade preferia o adobe, mas que necessitava de criar uma técnica que se adaptasse à nossa época, ao contexto urbano (Cortés, comunicação pessoal, 26 de Maio, 2016). No entanto, refere-se certamente a uma adaptação construtiva a nível da indústria, não da envolvente edificada: como foi analisado no ponto anterior, o Centro de Ecologia Aplicada localiza-se numa zona recente de Santiago, onde não existe uma tradição de construção com terra.

Dessa forma, entende-se que Marcelo Cortés valoriza as potencialidades construtivas da terra, técnicas capazes de serem ainda inovadas, e não tanto as consequências que



(88)

(88) Construção do Alnatura Campus, Alemanha, 2017, Studio 2050 Arquitetos

se geram ao utilizá-la na arquitetura (qualidade térmica, sustentabilidade, adaptação à envolvente/tradição do lugar, dinâmicas sociais na construção, etc.). Assim é que, no Centro de Ecologia Aplicada, não pretende aplicar as técnicas em terra tradicionais, mas sim a sua versão inovada, constituindo quase um *showroom* das técnicas por ele recriadas. Para Marcelo Cortés, a arquitetura em terra parece ser um meio que lhe abre portas para inovar.

3.4.5. Outros casos

O construtor Martin Rauch é, claramente, um caso que partilha de um modo de ver a arquitetura em terra contemporânea semelhante ao arquiteto Marcelo Cortés. Ambos parecem procurar a terra pela possibilidade que lhes dá de inovar. Uma inovação à base do aproveitamento das tecnologias contemporâneas, que possibilitam que as técnicas milenares em terra crua consigam realmente dar um salto para a frente. Martin Rauch com a taipa pré-fabricada (*fig. 88*) e Marcelo Cortés com a *quincha metálica*.

De destacar nestes dois casos é que existe um grande interesse construtivo no material terra. Em Rauch, é atingido um alto nível de delicadeza, que possibilita detalhes construtivos rigorosos e perfecionistas. Tanto Cortés como Rauch procuram uma inovação que não ambiciona apenas tornar mais eficiente a mesma técnica construtiva, como os pilões pneumáticos ou as cofragens metálicas fazem na taipa, mas constituir uma verdadeira diferença na lógica construtiva. É ainda de destacar que as suas atitudes não são meramente de construtores que pretendem aplicar técnicas por eles inventadas, mas que procuram uma integração dessas técnicas na arquitetura, fornecendo de partida soluções para todo o edifício. Estão não apenas atrás de uma técnica construtiva, mas também de uma imagem. Assim, estes dois casos têm igualmente uma atitude de estratégia de mercado. Existe certamente uma fronteira diluída entre uma arquitetura em terra que resulta do impulso de inovar e outra que nasce de uma estratégia de mercado. No entanto, considero que são ainda modos de ver e de fazer a arquitetura em terra que merecem ser distinguidos, pelo que será apresentado o caso de estudo dos arquitetos Surtierra.

















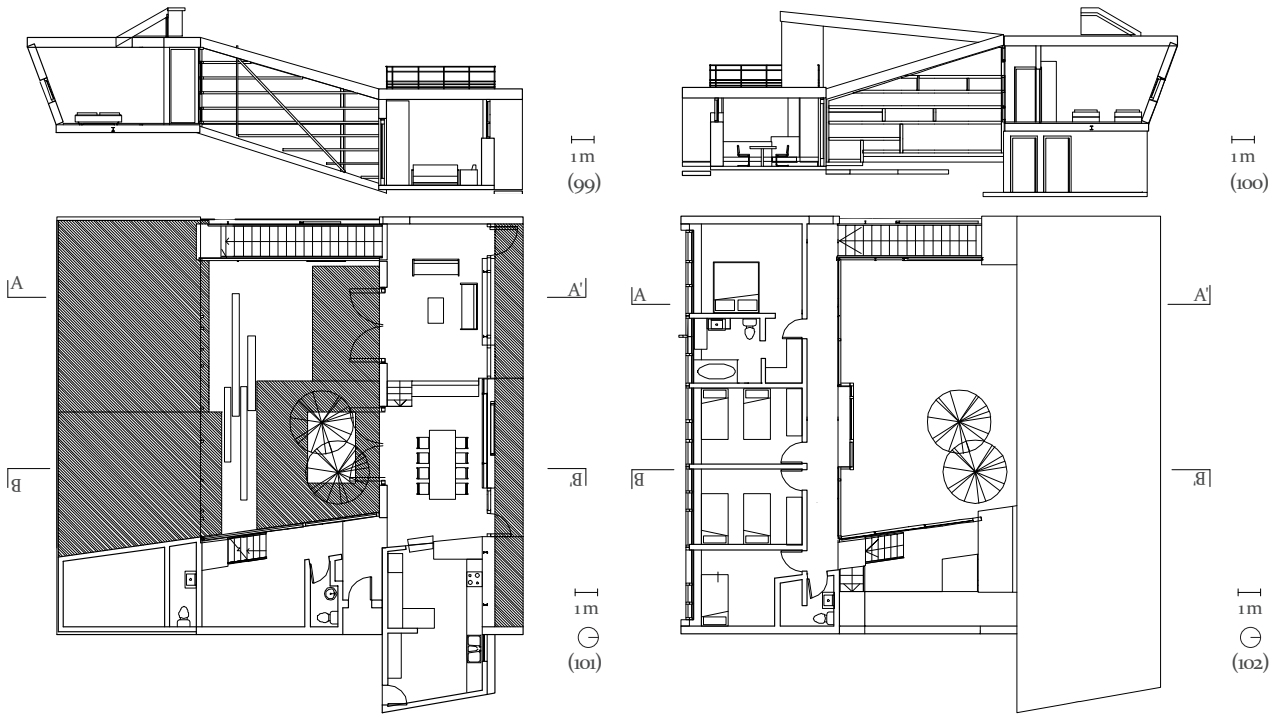
(89) - (91) Casa Alvarez em construção. Fase final

(92) – (97) Casa Alvarez em construção. Fase intermédia

(98) Detalhe da ligação da malha metálica com a base da parede (betão armado)







3.5. Estratégia de mercado

(99) Corte transversal AA' da Casa Alvarez

(100) Corte transversal BB' da Casa Alvarez

(101) Planta piso térreo da Casa Alvarez

(102) Planta 1º piso da Casa Alvarez

(103) Esquema tridimensional da Casa Alvarez

3.5.1. Sobre a obra

nome da obra ***Casa Alvarez***

data ***2017***

técnica construtiva ***Quincha metálica (Tecnobarro)***

estrutura ***Metálica***

acabamento das paredes ***Rebocadas com argamassa de terra***

execução ***SURTIERRA***

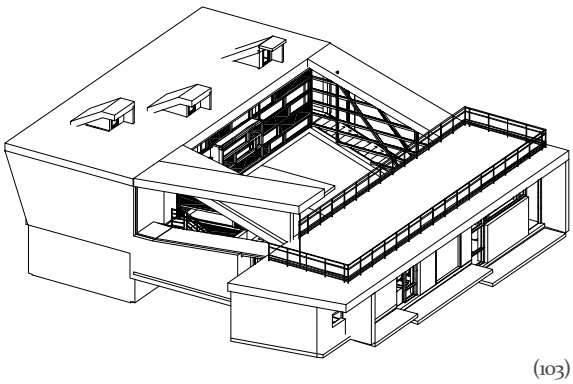
arquiteto ***Patricio Arias (SURTIERRA Arquitectura)***

localização ***Peñalolén, comuna de Santiago do Chile***

envolvente ***Não urbano***

programa ***Habitação unifamiliar***

cliente ***Particular***



(103)



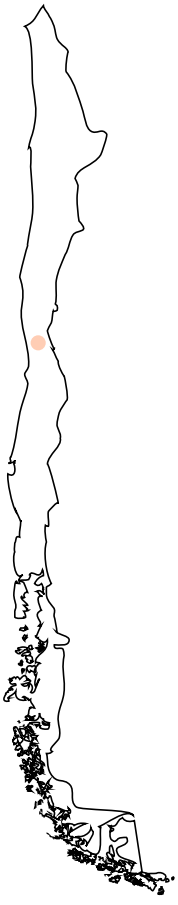
(104)



(105)



(106)



(107)

(104) Santiago, Chile.Vista a partir da Casa Alvarez

(105) A pré-cordilheira dos Andes. Vista a partir da Casa Alvarez

(106) Localização da Casa Alvarez no Mundo

(107) Localização da Casa Alvarez no Chile

3.5.2. Sobre o Lugar

O clima

Peñalolén apresenta um clima temperado, com Invernos chuvosos e Verões secos. As temperaturas são temperadas (14,5˚C média de temperatura anual), sendo Janeiro o mês mais quente, com 21,3˚C de temperatura média, e Julho o mês mais frio, com 7,9˚C de temperatura média ("Observatório: Peñalolén").

Paisagem física e social

A casa está inserida numa Comunidade Ecológica em Peñalolén, já na pré-cordilheira dos Andes, com a cidade de Santiago aos seus pés (*figs. 104-105*). Ou seja, já não é um ambiente urbano, as casas dentro da comunidade encontram-se distribuídas de um modo disperso. Existe uma sensação de estar no meio da natureza. Em relação à paisagem social: está-se numa comunidade ecológica que, no Chile, geralmente é habitada por indivíduos de classe média-alta que procuram uma alternativa ao modo de vida da sociedade contemporânea.

Técnicas construtivas tradicionais

Peñalolén é uma comuna relativamente recente de Santiago, aos pés dos Andes, onde começaram a surgir, de raiz, diversos condomínios e comunidades ecológicas. Assim, tratando-se de uma zona de expansão, a herança de construção em terra deixada pelos espanhóis no centro de Santiago não está fisicamente presente em Peñalolén.

3.5.3. Sobre o arquiteto

Obras anteriores/posteriores

No atelier Surtierra Arquitectura[1] não existe realmente uma consideração por materiais construtivos alternativos à terra – o seu foco está não apenas no desenho de obras em

1 Surtierra é um atelier de arquitetos sediado em Santiago do Chile e formado em 2007. Os arquitetos que representam o atelier são Patricio Arias Cortes e Pablo Alvear Pacheco. Têm-se dedicado principalmente ao desenho e à própria construção de edifícios em terra crua, recorrendo à técnica da *quincha metálica* (*tecnobarro*), aprendida com o mestre Marcelo Cortés, igualmente sediado em Santiago. Para além da execução de obras em guincha metálica, dedicam-se também à conservação do património em adobe no Chile.


(108)


(109)

(108) Casa Munita Gonzalez, Batuco, Chile, 2011, Surtierra Arquitectura

(109) Casa Pirque, Chile, 2007, Surtierra Arquitectura

terra crua, mas também na sua execução. Ou seja, o atelier funciona ao mesmo tempo como o seu próprio empreiteiro, especializado claramente na técnica da *quincha metálica* (*tecnobarro*). No entanto, são de mencionar também algumas experiências com taipa na Casa Fredes (com dispersores) e em adobe quando em contexto de conservação do património chileno.

3.5.4. Modo de *ver* e de *fazer* arquitetura em terra

Esta obra foi visitada em 26 de Maio de 2016, quando ainda se encontrava em fase de construção, com o próprio arquiteto Patricio Arias (*figs.94, 104, 110*). Deste modo, obteve-se um relato pessoal do arquiteto a respeito das suas intenções gerais sobre o uso da terra nos seus projetos. Na pergunta sobre o que é que o motivou a focar-se na arquitetura em terra, este respondeu que constituiu um meio de sair do convencional, daquilo que todos estavam a fazer. Assim, de certo modo, viu a construção em terra como um nicho ainda inexplorado na arquitetura contemporânea chilena, que segue a nova consciência ecológica despertada nos citadinos e o aparecimento de diversas comunidades ecológicas. Comunidades ecológicas com moradores endinheirados, dispostos a gastar por tecnologias alternativas mas com as linhas da arquitetura atual. E foram precisamente estes fatores que Patricio Arias considerou ao especializar-se na sua arquitetura em *quincha metálica*: é uma técnica que permite um desenho contemporâneo, de rápida execução e, ao mesmo tempo, possui a componente ecológica desejada por este tipo de cliente. É uma arquitetura especial, que se distingue no meio das outras mais convencionais. Ou seja, é um verdadeiro "nicho".

Neste sentido, denota-se também que a encomenda do cliente do projeto em estudo surgiu já com a ideia de que Patricio Arias construía em terra - como este refere, *trabalho há mais de 15 anos quase exclusivamente em arquitetura e construção com terra. Por isso mesmo, o cliente já sabia e procurou alguém que trabalhasse com o material* (Arias, 2017). Ou seja, a opção pelo material aconteceu, de certa forma, ainda antes da conceção do projeto, foi uma decisão *à priori*, independentemente do contexto (clima, envolvente e técnicas construtivas tradicionais do lugar) ou do



(110)



(111)

(110) Casa Alvarez em construção. Fachada Norte

(111) Casa Alvarez em construção. Fachada sul

programa. Certamente esta opção quase obrigatória pela terra prende-se também com o fato do próprio atelier ser o empreiteiro das suas obras, especializado em trabalhar com terra e que, com isso mesmo, fez o seu nome. Como o arquiteto afirmou, o cliente veio procurá-lo por saber que este projetava e construía em terra. É o que os distingue de outros ateliers de arquitetura em Santiago.

Esta atitude de perspicácia em relação ao modo de inserir-se e destacar-se no mercado da arquitetura através da construção em terra, apesar de não partir aparentemente de um fanatismo pelo próprio material, não excluí um certo gosto pelo mesmo, e não apenas esteticamente. Como o próprio refere - *o ponto é que o solo não é uma questão de aparências, mas acima de tudo de integralidade do material, que respira, acumula calor e ainda apresenta boa aparência. Se observas a arquitetura tradicional ou vernácula, muitas poucas vezes "vê-se" a terra, está com cal ou com algum outro revestimento*. Entende-se assim que o seu foco não está na aparência do material, nem no seu aspeto ecológico, o aço, as pinturas anticorrosivas, as máquinas de soldagem, todas estas integrações afastam a sua arquitetura do mundo sustentável. Ao mesmo tempo, distancia-se do pensamento *neo-hippie* que procura, através da terra, uma independência à indústria de construção, da qual o aço é, certamente, um produto. Exclui-se também a opção pela terra por constituir um material tradicional do lugar específico – o próprio arquiteto Patrício Arias (2017, ver anexo 5), quando confrontado com a pergunta da importância das técnicas tradicionais do lugar na conceção do projeto, refere que pouco o marcaram, pois *no lugar específico não existe uma grande tradição de técnicas construtivas em terra (tradicionais), com setores mais recentes de habitação*.

Deste modo, parece que Arias possui realmente uma atitude racional perante o material. Para o arquiteto, o uso da terra é uma forma de especializar-se numa arquitetura que se destaca dentro dos círculos de Santiago e que responda às vontades de um novo perfil de cliente, com capacidade financeira e consciência ecológica, mas ao mesmo tempo com o desejo de uma arquitetura com linhas contemporâneas, distinta já daquela obtida pela autoconstrução alternativa.



(112)

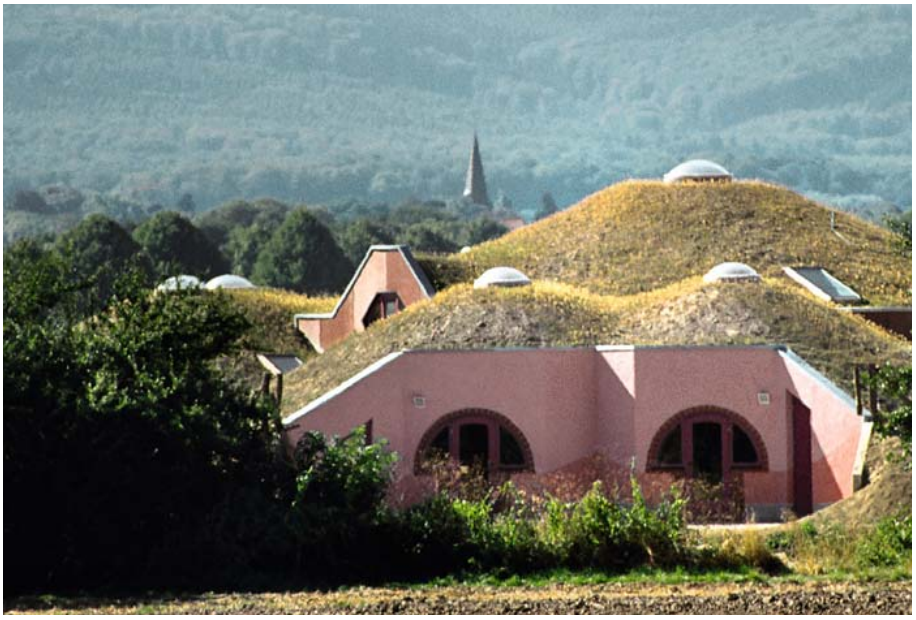
(112) Detalhe de vão no Ricola Kräuterzentrum, Suíça, 2014, Arquitetos Herzog & de Meuron. Executado pela empresa *Lehm Ton Erde*

3.5.5. Outros casos

Neste *modo de ver e de fazer* a arquitetura contemporânea em terra, inserem-se sobretudo as construtoras especializadas em terra crua. Em Portugal, pode-se mencionar a empresa *Betão e Taipa*, que executam técnicas como a taipa, o adobe e o BTC. Visto existir, de um modo geral, uma grande desaprendizagem das técnicas construtivas em terra crua e poucos profissionais capazes em executá-las, torna-se comum recorrer diretamente a uma construtora especializada. Ou seja, tal como o arquiteto Arias, a *Betão e Taipa* reconheceu o potencial económico que o material terra possui numa época em que o sustentável está na moda.

Ainda, é de destacar o construtor Martin Rauch que, de um modo muito claro, fez da terra o seu negócio através da empresa *Lehm Ton Erde*. Rauch, tal como o arquiteto Patricio Arias, procura ir mais longe ao ultrapassar as técnicas tradicionais em terra e inová-las, de modo a corresponder não apenas ao desejo sustentável do cliente, mas também a uma certa vontade de obter uma arquitetura diferenciada, que se destaque no meio das outras. No entanto, diferencia-se do movimento *hippie* na medida em que a linguagem procura ser o mais limpa e contemporânea possível, com detalhes construtivos executados tão cuidadosamente como com qualquer outro material convencional (*fig. 112*). Deste modo, Rauch chama os clientes e arquitetos por prometer uma arquitetura sustentável, especial e *haute couture*, que se afasta fortemente do aspeto quase grosseiro ou tosco que muitas obras em terra crua autoconstruídas possuem. No entanto, existe uma diferença entre os dois construtores: enquanto que Rauch não deixa de inovar, Arias encontrou a "sua" técnica, repetindo quase incansavelmente o mesmo esquema construtivo em todas as suas obras.

Em suma, a arquitetura em terra e a sua execução viraram negócio, um nicho no mercado de construção saturado. O material passa a ser um meio para destacar-se e chamar um determinado tipo de cliente, que vem procurar quem já sabe desenhar e executar obras em terra crua, de modo a ter a certeza que não resulte no tal aspeto tosco ou grosseiro ao qual ainda estão bastante associadas.



(113)



(114)

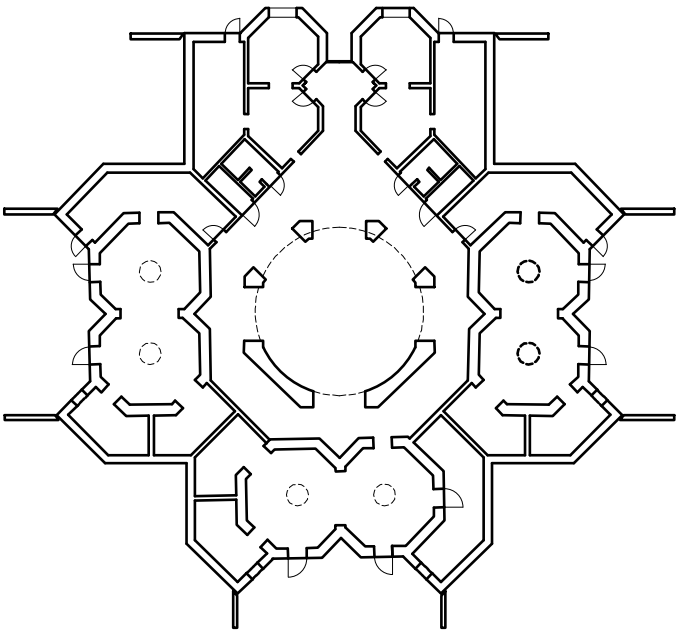
(113) - (116)
Waldorfkindergarten Sorsum, Alemanha, 1996, Arquiteto Gernot Minke



(115)



(116)



(117) Planta
Waldorfkindergarten Sorsum

3.6. Construção alternativa

3.6.1. Sobre a obra

arquiteto ***Gernot Minke***

nome da obra ***Waldorfkindergarten Sorsum***

data de conclusão ***1996***

técnicas construtivas em terra ***Adobe e mangueiras enchidas de terra***[1]

estrutura ***Cúpulas de adobe pousam sobre colunas de tijolo cozido; paredes interiores em terra (adobe e de mangueira) auto-portantes; cobertura em estrutura de madeira (vigas e pilares)***

pisos ***1***

localização ***Sorsum, Alemanha***

envolvente ***Rural (aldeia)***

programa ***Equipamento público (escola)***

área de construção ***595 m²***

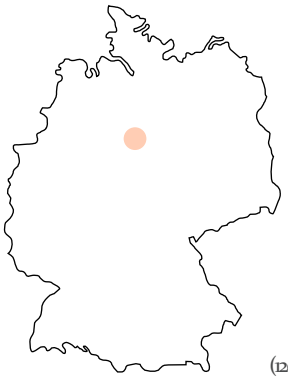
1 *As paredes exteriores empregam tijolos porosos de 49 cm, e as paredes interiores consistem em adobes* [...] *de 24 cm. As cúpulas dos espaços coletivos são realizadas com adobes de 20 cm em forma de cunha, sendo a da sala polivalente realizada com adobes de 30 cm* (Minke, s.d.).



(118)



(119)



(120)

(118) Rua principal de Sorsum, Alemanha

(119) Localização do *Waldorfkindergarten* no Mundo

(120) Localização do *Waldorfkindergarten* na Alemanha

3.6.2. Sobre o Lugar

O clima

O clima em Sorsum é relativamente frio e chuvoso durante todo o ano, sendo a sua temperatura média de 8.8 °C e a pluviosidade média anual de 685 mm. O mês mais quente do ano é Julho (temperatura média de 17.2 °C), sendo Janeiro o mês mais frio (temperatura média de 0.2 °C). É de salientar que se trata de um clima onde os Invernos constam com temperaturas negativas (Climate-Data, s.d.).

Paisagem física e social

Sorsum, localizada a 5 km de Hildesheim, é uma pequena aldeia (2844 habitantes em 2005), que se carateriza por um número reduzido de ruas, envoltas por uma paisagem verde, pouco acidentada, na qual grande parte são campos agrícolas. As casas existentes na aldeia são maioritariamente tradicionais. A nível social, está-se perante um panorama de bem-estar económico, no qual prevalece a classe média-alta.

Técnicas construtivas tradicionais

Sorsum é uma aldeia onde se encontram numerosas casas burguesas alemãs (*Fachwerkshäuser*), que consistem, geralmente, numa estrutura de madeira preenchida através da técnica do tabique ou por adobes.

3.6.3. Sobre o arquiteto

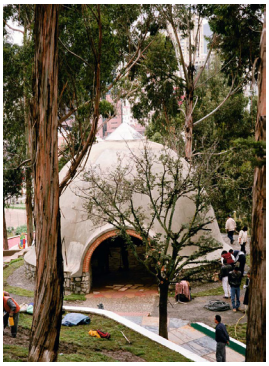
Obras anteriores/posteriores

O arquiteto Gernot Minke[2] apresenta um vasto número de obras construídas em terra

2 Gernot Minke (n. 1937 em Rostock, Alemanha) destaca-se pela vasta investigação que realizou sobre o material terra na Universidade de Kassel (Alemanha) durante 38 anos, e pelos inúmeros cursos, palestras, workshops, conferências e obras orientadas pelo mundo, com grande foco nos países latino-americanos. A sua formação é de arquiteto, realizada nas Universidades Técnicas de Hannover e de Berlim (1957-64). Colabora 4 anos (1964-68) com o Prof.-Ing. Frei Otto no Instituto de Investigação de Construções leves, na Universidade de Stuttgart, sendo docente no Instituto de Planificação Ambiental de Ulm nos 4 anos seguintes. De 1974-2011 é professor na Universidade de Kassel, na qual é também Diretor do *Forschungslabor für Experimentelles Bauen* (Instituto de Investigação de Construções Experimentais), especializado na investigação de tecnologias alternativas, construções ecológicas, habitações de baixo custo, autoconstrução e construção com materiais naturais, entreos quais, a terra. Paralelamente à sua atividade académica, executa a sua atividade de arquiteto, que se influencia e baseia no trabalho desenvolvido na investigação. O que Minke estuda, aplica também nas suas obras. O arquiteto publicou o seu conhecimento na área em numerosos livros, publicados e traduzidos em vários países.


(121)


(122)


(123)

crua, recorrendo a uma grande variedade de técnicas. À questão de qual das técnicas construtivas em terra crua o arquiteto aconselharia, Minke (2009) responde: *existem muitos fatores, não se pode dar uma receita. Num grupo de autoconstrução, o cob é o mais fácil de trabalhar; com pedreiros, é o adobe*. Na verdade, toda a sua obra é bastante experimental, que se entende pelo desenvolvimento de novas técnicas como, por exemplo, o *Stranglehm*[3] (*figs. 124 - 125*).

Não obstante, ao observar toda a sua obra construída, constata-se que existe um uso predominante do adobe em cúpulas e abóbadas, sintetizado no Edifício de Escritórios em Nova Deli (*fig. 121*). Outros exemplos constituem o Instituto Goethe em La Paz, Bolívia (*fig. 122*), a sua própria casa em Kassel (*fig. 123*), ou a obra em estudo, o Kindergarten em Sorsum. A cúpula é igualmente experimentada com fardos de palha, da qual se destaca o Edifício de Escritórios construído na Eslováquia, por ser a primeira cúpula em palha autoportante. Na maior parte das vezes, estas cúpulas são revestidas por um sistema de cobertura verde.

No que diz respeito às paredes, o arquiteto varia essencialmente entre o adobe e as mangueiras ou sacos enchidos de terra. Especialmente nas obras construídas nos seus workshops, encontra-se uma grande variedade de técnicas, que se caraterizam sobretudo pela simplicidade de execução. Ou seja, técnicas que não exigem um grande conhecimento técnico, aptas para a autoconstrução ou para uma mão-de-obra não especializada. É de salientar ainda que Minke não se restringe somente às técnicas construtivas em terra crua – demonstra uma abertura a praticamente todos os métodos alternativos, pelo que apresenta também algumas obras realizadas em bambu ou fardos de palha, posteriormente revestidos por terra (projeto de abóbadas em Portugal, 2007; Casa de Seminários, Portugal, 2006, Habitação, Brasil, 2005, etc.).

Em termos de linguagem, observa-se que existe claramente uma linha geral que une todos os projetos, conseguida essencialmente pelo seguimento da ideia da cúpula,


(124)


(125)

(121) Edifício de Escritórios, Nova Deli, Índia, 1991, Arquiteto Gernot Minke

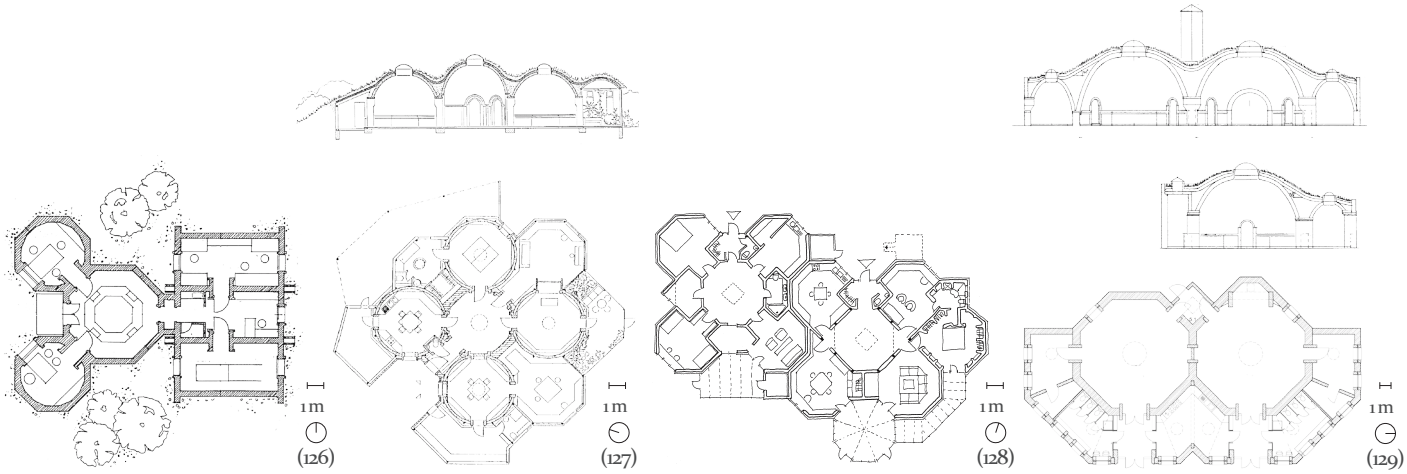
(122) Instituto Goethe, La Paz, Bolívia, 2000, Arquiteto Gernot Minke

(123) Casa do Arquiteto, Kassel, Alemanha, 1993, Arquiteto Gernot Minke

(124) Extrusão dos elementos de terra para a técnica do *Stranglehm*

(125) Paredes construídas através da técnica do *Stranglehm*. Casa experimental, Universidade de Kassel, Alemanha, 1982

3 O *Stranglehm* é uma técnica desenvolvida em 1982 pelo Laboratório de Investigação de Métodos Construtivos Alternativos, orientado por Minke. Trata-se de um método construtivo em terra crua que utiliza uma massa de terra alongada (8 x 16 cm em secção), extraída por uma máquina com o comprimento desejado. Estes perfis de terra são amontoados um em cima do outro, verticalmente, até subir a altura de parede desejada (Minke, 2012).



(126) Planta do Edifício de Escritórios, Nova Deli, Índia, 1991, Arquiteto Gernot Minke

(127) Corte e planta da Casa do Arquiteto, Kassel, Alemanha, 1993, Arquiteto Gernot Minke

(128) Planta de duas Casas anexas, Kassel, Alemanha, 1985, Arquiteto Gernot Minke

(129) Corte e planta da Mesquita de Wabern, Alemanha, 2005, Arquiteto Gernot Minke

que origina espaços de planta octogonal. Minke (2013), em relação a esta questão, refere que chegou a esta forma quando, em criança, viajou pela Turquia e pelos Bálcãs e viu as antigas mesquitas e igrejas bizantinas de planta octogonal. É um tema que repete consecutivamente nas suas obras (*figs. 126- 129*). Um tema arquitetónico que Minke alia ao saber construtivo em terra, experimentado em diversas investigações no Laboratório da Universidade de Kassel.

3.6.4. Modo de *ver* e de *fazer* arquitetura em terra

Ainda vai demorar até que a construção em terra seja aceite, ainda existem muitos preconceitos dentro da área, pois em muitos lugares ainda está associada à construção dos pobres e é difícil tirar isso da cabeça das pessoas. Ando a combater isso com os meus projetos de investigação, porque sou da opinião que se pode fazer arquitetura com qualquer material – desde que o sistema construtivo esteja bem (Minke, 2013b, p. 57).

O arquiteto Gernot Minke parece utilizar a terra crua por ser um material sustentável que possibilita uma independência a um sistema que, neste caso, é a Indústria Construtiva. Não é, no entanto, um caso típico de arquiteto ecologista que se limita a construir com materiais sustentáveis em contextos alternativos: Minke procura justificar as suas ideias e opções através da investigação. Uma investigação fundamentada pela ciência.

Esta ideia justifica-se, em primeiro lugar, pelo contexto em que Minke se formou e começou a trabalhar. Estava-se nos finais dos anos 60, inícios dos anos 70, em que na Alemanha vigorava um clima de revolta contra qualquer sistema opressivo e que se exprimiu, entre outros, através do movimento *hippie*, do feminismo ou da preocupação ambiental. O arquiteto inseriu-se precisamente neste ambiente de questionamento do poder, do pré-estabelecido, da luta pela liberdade arquitetónica[4]. Como o próprio

4 Minke, enquanto Docente na *Hochschule für Gestaltung* em Ulm, introduziu, conjuntamente com outros Docentes, o ensino através do projeto arquitetónico. Para além disso, implementou um sistema de política interna da faculdade que se baseava na inclusão dos funcionários e dos estudantes no sistema de voto.



(130) Construção de Mike Reynolds. Casa de latas em abóbada, Taos, Novo México

afirma, *nessa altura estávamos orientados pela esquerda* [...]. *Estávamos sempre perante um clima muito aberto, com ótimas discussões – um tempo muito produtivo* (Minke, 2013b, p. 51).

A este clima aberto, aliou-se um questionamento sobre a Arquitetura Convencional, que deu lugar à chamada Construção Alternativa: *um movimento contra a construção industrializada*. Uma revolta contra o fato desta *apresentar sempre soluções pré-definidas, deixando pouco espaço de liberdade artística e, ainda por cima, produzir uma poluição ambiental devastadora, com um consumo extremo de energia e de recursos* (Minke, 2013b, p. 55). Ou seja, o ambiente estava claramente propício para o desenvolvimento de técnicas construtivas alternativas. E foi precisamente o que Minke optou por fazer. Fascinado pela construção alternativa que já se praticava nos EUA, onde sobretudo Steve Bear, autor do *Dome Cookbook* em finais dos anos 60, ou Mike Reynolds (*fig. 130*), que construiu com materiais reciclados como garrafas, latas de cerveja ou pneus velhos, desempenharam um papel inspirador para o arquiteto. Foi assim que Minke partiu para a sua própria arquitetura, cujo método construtivo alternativo procurou experimentar e validar no seu Instituto de Construção Experimental em Kassel[5] com um *leitmotiv* que se parece guiar na sua própria definição de sustentabilidade:

> *questionei-me, o que significa realmente construir sustentavelmente? A resposta para mim era: com materiais de construção naturais, pouco industrializados, que não sobrecarregam o ambiente e que necessitam de pouca energia. Foi assim que descobri os materiais de construção naturais. Com pedra já os nossos antepassados souberam construir e com madeira também praticamente toda a gente sabe trabalhar. Foi assim que me surgiu o tema de investigação de* "construir *com sacos têxteis enchidos de areia", "construir com plantas", assim como "construir com coberturas verdes". A primeira cobertura verde construí em*

5 Através do trabalho em laboratório, Minke conseguiu unir a teoria à prática, objetivo ao qual se tinha proposto nos inícios da sua carreira quando movia-se entre uma preocupação de investigação prática, realizada com Frei Otto, e uma vontade de cientifizar a arquitetura, sentida através da revista ARCH +, da qual foi um dos membros fundadores. Também os seminários e *workshops*, realizados mais tarde pelo arquiteto, são exemplificativas deste objetivo.


(131)

(132)

(133)

(131) Construção experimental com pneus velhos, Arquiteto Gernot Minke

(132) Abóbadas portantes em palha, cobertas por terra, Tamera,Portugal, 2007, Arquiteto Gernot Minke

(133) Construção experimental sacos enchidos de terra e cobertura verde, Alemanha, 1975, Arquiteto Gernot Minke

> *1975. Depois surgiram temas de investigação como "Construir com Lixo" e Bambu – sobre o qual já tinha investigado nos inícios dos anos 1980 no tema "Estruturas leves de Bambu". Para além disso, analisei a construção em terra, no qual também se insere a construção no Terceiro Mundo e sismo-resistente. E foi na terra que permaneci colado desde então. Para além disso, investigo a construção em palha há 12 anos* (Minke 2013, p.53).

Este relato do arquiteto sugere uma atitude profundamente experimentalista em relação aos materiais sustentáveis – viaja entre a construção e investigação do bambu, da palha, de materiais reciclados ou da própria terra. O critério de seleção de métodos construtivos a estudar parece ser claramente a sustentabilidade dos mesmos.

Concluindo, a arquitetura em terra parece ter sido quase uma consequência lógica das ambições e influências arquitetónicas e ideológicas de Minke, pois trata-se de uma técnica ecológica e saudável[6], que não depende da indústria e apresenta ainda um grande campo por estudar e experimentar. Minke (2013b, p.57) tem consciência de que *toda a Indústria da Construção está dominada por grupos de interesse* e parece querer contrapor esta realidade com a sua arquitetura, praticável por qualquer pessoa. Deste modo, o arquiteto não hesita em aconselhar aos alemães a construírem a sua própria cobertura verde através da mera leitura do seu livro[7]. Os *workhops* de Minke que, em apenas um ou dois dias, procuram ensinar a construção de cúpulas/abóbadas de adobe ou, mais uma vez, coberturas verdes, são também ilustrativos da ideia de autoconstrução, da vontade em demonstrar que a sua arquitetura não necessita da indústria, que é independente da mesma.

A primeira obra em terra crua (taipa estabilizada por bambu, 1978) ilustra claramente a intenção da arquitetura de Gernot Minke (*figs. 134 - 135*):

6 [O fato de regular a humidade relativa do ar interior e bloquear ondas eletromagnéticas] *foram as duas caraterísticas da terra importantes para mim, para um viver saudável. Depois, entram as caraterísticas ecológicas: a terra, na sua produção e aplicação, não altera o meio ambiente. É um material local e é sempre reutilizável* (Minke, 2013a).

7 *Se eu quisesse construir uma casa com uma cobertura verde na Alemanha, o que sugeria que eu fizesse? Siga em frente! Evite soluções desnecessárias e caras. Leia o meu livro para evitar alguns erros comuns* (Minke, 2013a).



(134)



(135)

(134) Casa antissísmica em taipa, Guatemala, 1978, Arquiteto Gernot Minke

(135) Construção da casa antissísmica em taipa, Guatemala, 1978, Arquiteto Gernot Minke

Em 1979, tirei um semestre sabático para visitar universidades na América. Queria descobrir o que se estava a estudar em relação a tecnologias alternativas e apropriadas. Também visitei Guatemala [...]. *Aí, cheguei a ver os estragos do sismo de 1976, e as habitações de emergência horríveis que a ajuda internacional tinha construído: casas feitas de elementos pré-fabricados de plástico, lajes de betão e papelão. Pensei que teria de ser possível construir casas sismo-resistentes com terra. Quando retornei à Universidade de Kassel, recebi fundos para desenvolver no laboratório de investigação, que tinha iniciado alguns anos atrás, uma estrutura de taipa estabilizada com bambu, que é flexível o suficiente para absorver a energia cinética de um sismo. Foi um método bastante inovativo. Aplicámo-lo para construir uma pequena casa em terra numa quinta em Guatemala, para um custo total de material de 500 USD. Mas ninguém estava interessado nela. A casa era barata demais. O proprietário da Fazenda beneficiava de ajuda de desenvolvimento (tinha que gastar 2 milhões todos os anos) e queria uma casa maior e mais representativa. Negócios locais também não estavam interessados, pois não tinham que comprar nada, apenas alguns parafusos e placas para a cobertura. Foi muito frustrante. Assim, regressei para a Alemanha, onde construí a minha primeira casa em terra em 1983, aqui em Kassel, numa comunidade ecológica. Oito anos mais tarde, construí uma segunda casa para mim, que atualmente é a minha casa.* [...] *Quando regressei a Guatemala, 25 anos mais tarde, e mostrei fotografias das minhas novas casas em terra, eles não conseguiram acreditar.* [...] *E esse é o problema dos países em desenvolvimento. Assim a minha teoria passou a ser: "deve-se construir primeiro casas em terra para os indivíduos ricos, para gerentes, para divas e, só depois, para os pobres". Isto porque, para eles, a terra é o material que os pobres utilizam.* (Minke, 2013a)

Neste relato, entende-se bem a preocupação em fornecer alternativas construtivas sustentáveis às convencionais, não saudáveis, que neste caso foram executadas pelos programas de ajuda internacional. Uma preocupação que Minke levou a sério,



(136)



(137)

(136) Centro de Seminários, Picada, Brasil, 2005, Arquiteto Gernot Minke

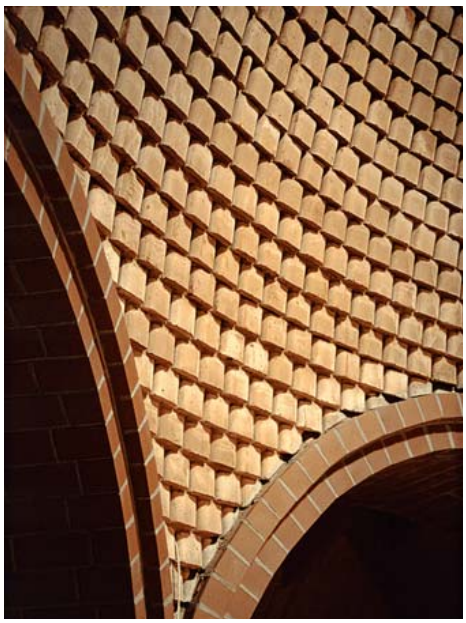
(137) Interior do Centro de Seminários, Picada, Brasil, 2005, Arquiteto Gernot Minke

investigando a nível académico a melhor solução construtiva através da realização de vários estudos sobre o próprio material e sobre a melhor técnica a usar. Mesmo após ter obtido um resultado que funcionava, o arquiteto continuou a trabalhar no caso através da construção de exemplos de casas modernas em terra crua para provar que o seu trabalho era válido aos indivíduos que recusaram o seu projeto inicialmente (e, talvez, também a si mesmo).

O caso de estudo escolhido para esta dissertação foi, porém, uma obra na Alemanha, executada num contexto de país economicamente desenvolvido que, na verdade, não necessita de técnicas independentes da indústria, ao contrário do contexto latino-americano onde, muitas vezes, a autoconstrução é uma realidade inevitável por questões financeiras. Ou seja, o papel de Minke nestes casos está mais em providenciar uma solução técnica, métodos construtivos eficazes e ecológicos. Na Alemanha, acredito que o desafio seja sobretudo ideológico, definido pela procura de técnicas construtivas sustentáveis e saudáveis a todos os níveis e por uma luta pela liberdade. Uma liberdade que, na obra em estudo, o *Waldorkindergarten* em Sorsum, se expressa não apenas a nível construtivo, como também a nível formal. O próprio programa previsto para o Edifício constitui já uma oposição ao sistema clássico vivido na sociedade atual (pedagogia de *Waldorf*).

O *Waldorkindergarten* é, assim, uma obra que utiliza técnicas construtivas alternativas àquelas propostas pela indústria: cúpulas e paredes em adobe, paredes edificadas pela sobreposição de mangueiras enchidas de terra, uma cobertura verde com uma forma e dimensão que quase que torna desnecessário a existência de paredes exteriores. Neste projeto é também visível como é que a própria linguagem arquitetónica de Minke procura um afastamento àquela que foi estabelecida pela sociedade contemporânea, limpa, de linhas retas, de planos. Por contraste, a sua arquitetura carateriza-se pela curva, por uma certa obsessão do tema da cúpula, e um determinado seguimento da imagem de uma casa de *hobbit*, visível em várias obras, como por exemplo na sua própria casa em Kassel ou o Centro de Seminários de Picada no Brasil (*figs. 136-137*).

Esta atitude de liberdade está também presente na sua própria posição perante o



(138) Detalhe da cúpula do *Waldorfkindergarten*

uso da terra crua. Minke, apesar do seu *know how* na área[8], não parece, de todo, ambicionar a imagem do *arquiteto da terra*, como por exemplo observou-se no Arquiteto Patricio Arias do atelier *Surtierra Arquitectura*. Esta afirmação fundamenta-se pelo fato de Minke estudar e construir também com outros materiais sustentáveis, como a palha ou o bambu. Acrescenta-se ainda o fato do arquiteto reconhecer claramente as fraquezas do material terra e aceitá-los ao trabalhar com os mesmos e fornecer alternativas quando necessário, como se observou no *Waldorfkindergarten*. Assim, por exemplo, um arquiteto fanático pela terra certamente que não reconheceria a sua fraca capacidade em isolar termicamente, qualidade necessária em regiões com temperaturas muito frias. Por sua vez, Minke reconhece esta desvantagem no material e procura formas alternativas para conseguir esse isolamento térmico. É assim que, no caso do *Waldorfkindergarten*, procura quase que reverter a situação ao encontrar uma forma de fazer funcionar a terra como material exterior, neste caso através de uma cobertura verde que [...] *fornece um bom isolamento acústico*[9] *e um ótimo isolamento térmico. Como uma pelugem densa, mantém o edifício quente no Inverno, e no Verão impede um aquecimento excessivo, ou seja, consegue garantir uma agradável temperatura interior até em casos de temperaturas exteriores extremas* (Minke, s.d.). Através do método de levar a cobertura quase até ao solo, sobram apenas pequenas superfícies que não recorrem à terra, as regiões dos vãos (*fig. 113*). Nestas zonas, emprega um tijolo cozido com caraterísticas que satisfazem as exigências térmicas exigidas para um jardim de infância no rígido clima alemão[10].

Outra opção na projeção do *Waldorfkindergarten* que segue o mesmo raciocínio está visível nas colunas que suportam as cúpulas de adobe, nas quais substitui o tijolo cru pelo tijolo cozido por funcionar melhor estaticamente (Minke, 2017).

8 O Arquiteto Minke apresenta inúmeras obras edificadas em terra crua e um grande historial de investigações académicas e publicações sobre o mesmo, entre as quais se destaca o livro "Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture" (2012). Neste manual de construção, Minke analisa a terra de uma forma holística – histórica, física/química e construtivamente, integrando as suas próprias experiências profissionais e investigações realizadas no laboratório da Universidade de Kassel.

9 Minke emprega adobes de forma arredondada para otimizar ainda mais a capacidade acústica da terra.

10 Em obras onde não existe esta necessidade de isolamento térmico, onde a inércia térmica da terra é suficiente para garantir o conforto, o arquiteto opta pela terra também nas paredes exteriores.



(139)



(140)

(139) Aparelho para testar a resistência à abrasão de rebocos de terra utilizado no Laboratório de Construção Experimental, Universidade de Kassel, Alemanha, sob orientação de Gernot Minke

(140) Ensaio simples de pulverização, realizado sob orientação de Gernot Minke no Laboratório de Construção Experimental, Universidade de Kassel, Alemanha

Um fundamentalista pela terra crua, muito provavelmente, iria confiar cegamente nas capacidades mecânicas da terra. Ao contrário, Minke conhece as propriedades do material, pelo que sabe em que situação é melhor optar por outra alternativa. No entanto, observa-se que procura reduzir situações em que a terra esteja em desvantagem através do desenho do próprio projeto, que nesta obra em estudo é exemplificado pela cobertura que quase vai até ao solo e que reduz a superfície de paredes exteriores. Mas quando pode, o arquiteto recorre à terra, pois igualmente está ciente das suas vantagens. Vantagens que não se limitam à sustentabilidade ou à libertação da indústria e sistemas convencionais, mas que também incluem aspetos como a própria saúde dos usuários. Minke (s.d.) salienta que *para a qualidade do clima interior contribuem também consideravelmente os adobes: quando a humidade relativa do ar se encontra superior a 50%, estes retêm a mesma. Quando a humidade relativa dor ar descer para abaixo dos 50%, os adobes passam a difundir para o ar a humidade neles contida.* [...] *Isto significa que se consegue obter um perfeito equilíbrio de humidade interior através das paredes e da cúpula em terra, o que parece particularmente importante para as crianças.* Através deste relato, entende-se o gesto de Minke em aproveitar as vantagens da terra não apenas nas paredes, mas também no teto, neste caso, através da cúpula que, por sua vez, ainda é protegida por uma cobertura verde – ou seja, um revestimento completo, quase uma ideia de arquitetura escavada na terra. Uma construção capaz de bloquear uma grande percentagem de ondas eletromagnéticas, estudado por Minke em experiências anteriores. Assim, através do uso da terra crua, o arquiteto preocupa-se em criar um espaço saudável em todos os níveis, que funciona bem acusticamente, que protege contra as temperaturas exteriores, que regula a humidade do ar interior e que impede que as crianças sejam irradiadas por ondas eletromagnéticas, produto da sociedade industrial. Estas preocupações de Minke demonstram que a sua atitude perante a arquitetura em terra está baseada num ecologismo que se procura fundamentar pela ciência, pela investigação, e que pretende marcar uma posição política de revolta contra sistemas dominantes e únicos. Entende-se que as suas obras não seguem uma visão ecologista alternativa, por exemplo quando Minke (2013, p.53) destaca que *o sentimento hippie*



(141)

(141) *Curso de Teto Verde e Jardim Vertical* com Gernot Minke (19 a 22 de Janeiro, 2017) no TIBÁ RIO, Brasil

não era aquilo que me estava a cativar, todos os meus projetos de investigação de construção alternativa tiveram sempre objetivos realizáveis e racionais [...]. O arquiteto apresenta-se assim como um ecologista racional que procura um fundamento científico para as suas opções alternativas: alia-se a paixão pela sustentabilidade com a vontade de entender ao máximo o material que se propõe a usar.

Em suma, o *Waldorfkindergarten* demonstra como é que Minke utiliza o material terra como um meio de criar condições térmicas interiores saudáveis, que dispensam o recurso a climatizações artificias, consumidoras de energia, produzidas já de uma forma sustentável, e que se exprimem através de uma linguagem plástica livre de preconceitos e modelos impostos pela arquitetura contemporânea. É um modo de *ver e fazer* arquitetura em terra que se manifesta contra o sistema convencional e procura a liberdade através de um material. Segue, de certa forma, o pensamento de Dethier(1993, p. 7), que refere que para *além das vantagens da matéria, a ética do processo é a de ilustrar um princípio fundamental: tendência para a autonomia cultural, económica e tecnológica do acto de construir – quer seja à escala individual, comunitária ou nacional. Utilizando localmente a terra crua para construir, reduz-se (ou curto-circuita-se) a dependência económica e industrial.*

3.6.5. Outros casos

Este modo de ver e de fazer arquitetura em terra inclui todos os arquitetos que utilizam o material terra com uma convicção profunda nos seus benefícios. Arquitetos que procuram um mundo melhor através de um material construtivo, uns mais cientificamente, como o caso analisado de Gernot Minke, outros mais utopicamente, que engloba a maior parte dos grupos alternativos dentro da chamada bioarquitetura. Entre estes grupos, destaca-se o TIBÁ (Tecnologia Intuitiva e Bioarquitetura), fundado em 1987 por Rose e Johan Van Lengen[11] *com o intuito de integrar o ser humano – em*

11 O arquiteto Johan Van Lengen é autor do livro "Manual do Arquitecto Descalço" (2010), no qual procura ensinar técnicas construtivas alternativas, executáveis facilmente, sem grandes ferramentas técnicas. Nasceu na Holanda, mas atualmente vive no Brasil. Foi docente convidado na UNICAMP e realizou trabalhos antropológicos sobre as habitações indígenas. Depois de 8 anos no México para, a convite da ONU, realizar um trabalho de capacitação, cria o TIBÁ, através do qual ministra cursos e *workshops* relacionados com a construção ecológica.



(142)

(142) Preparo da terra. Curso de Bioarquitetura (13 a 16 de Outubro, 2016), TIBÁ RIO, Brasil

termos de dimensões individuais e coletivas, objetivas e subjetivas – na natureza, na sociedade e inclusivamente em si mesmo (Lengen, 2010, contra-capa). Atualmente, existem três centros do TIBÁ: um no México e dois no Rio de Janeiro, sendo um no Bom Jardim e outro em Arraial do Cabo. Nestes centros, são oferecidos *workshops* e cursos que pretendem ensinar técnicas de construção alternativas, ecológicas, *corretas* (*figs. 142 - 143*). Para além desta cariz prática, apresenta uma preocupação didática, que concretiza através de palestras ou pela produção de materiais informativos como cartazes, manuais, livros, etc. O grupo desenvolve paralelamente um trabalho de assessoria, atendendo comunidades ou organizações. Na verdade, o grupo do TIBÁ ensina temas retratados no livro de Lengen, no "Manual do Arquiteto Descalço", no qual o arquiteto apela a uma construção simples, com materiais sustentáveis, locais, de fácil manuseio, tal como Minke. No entanto, Lengen inclui também o betão "aramado" nas técnicas construtivas explicadas no manual. Na realidade prática do TIBÁ, Lengen opta por passar uma imagem profundamente ecológica e saudável, quer a nível do indivíduo, quer a nível construtivo: as técnicas utilizadas são maioritariamente de terra ou de bambu. Para além do fato do TIBÁ procurar materiais construtivos ecológicos e de baixo impacto ambiental, parece ambicionar que os projetos atinjam, ao máximo possível, a autossustentabilidade, uma independência total do exterior, desde a energia, à água, ao saneamento, etc.

É ainda de salientar que os projetos são construídos quase exclusivamente por "voluntários" (que pagam mensalidade) ou por alunos inscritos em cursos oferecidos pelo TIBÁ, de custos elevados[12]. Para além do objetivo de introduzir os alunos em técnicas construtivas ecológicas existe, certamente, um interesse económico por trás do TIBÁ, assim como se acredita existir atrás da maior parte das organizações de bioarquitetura. Não obstante, existe uma passagem de conhecimento, visionada sobretudo para situações de autoconstrução – não se trata de falar de meios de adaptar, por exemplo, a construção em terra ao panorama atual. São repetidos os processos

12 Como exemplo, destaca-se o recente curso de Bioarquitetura (18 - 23 de Julho de 2017) no Estado de São Paulo por um custo de 1500 reais (aprox. 400 euros) que, embora inclua um alojamento simples e refeições, é um valor alto para os padrões brasileiros.



(143)

(143) Aplicação da massa de terra na parede (tabique). Curso de Bioarquitetura (13 a 16 de Outubro, 2016), TIBÁ RIO, Brasil

construtivos ancestrais, assim como os ensaios de campo básicos. Ou seja, Lengen não procura inovar através do TIBÁ. Pelo contrário, procura difundir a ideia de que existem técnicas construtivas que não dependem da indústria de construção e que podem ser executadas por qualquer pessoa, técnicas que são precisamente ensinadas pelo seu livro e através dos cursos e *workshops* ministrados pelo TIBÁ. Uma pequena utopia, se adaptada a um contexto urbano regulado por legislações. Não obstante, entende-se claramente que Lengen utiliza as técnicas construtivas em terra crua por uma questão ideológica, motivada ou não por questões financeiras com o decorrer do tempo.

Também os arquitetos ativos no CRAterre apresentam, ao meu ver, uma atitude ideológica perante o material terra. Os diversos projetos executados pelo grupo utilizam quase exclusivamente técnicas de construção em terra crua, geralmente em contextos onde é necessário um melhoramento das condições de vida dos habitantes, ou seja, em panoramas de países em desenvolvimento ou com escassez de recursos. Como exemplo, refere-se o caso do arquiteto Miguel Mendes[13], membro do CRAterre e pós-graduado pelo mesmo. Entende-se que é um arquiteto que, tal como Minke, utiliza a terra por razões ideológicas, pela crença que é realmente bom utilizar a terra na arquitetura. No entanto, enquanto que Minke parece usar a terra sobretudo por razões que se prendem com o alcance de uma autonomia construtiva, sinónimo de uma independência da indústria de uma maior sustentabilidade, o arquiteto Mendes parece focar sobretudo na dimensão social e participativa que este material possibilita atingir. Ou seja, usa a terra como um meio de conseguir um objetivo maior. Com este caso, introduz-se assim um novo modo, que valoriza a terra na arquitetura pelas consequências sociais que a sua construção é capaz de provocar. Inclui casos onde a terra é utilizada pela crença de ser um meio de atingir um propósito maior, que é o melhoramento das condições de vida de certas comunidades através da arquitetura, neste caso, em terra.

13 Miguel Mendes nasceu em Lisboa em 1971 e estudou Arquitetura na Universidade Lusíada de Lisboa e no Politécnico de Milão, Itália (1989-95). Obteve o grau de Mestre em Ecological Architecture pelo Instituto de Arquitetura de São Francisco, EUA (1995) e possui uma pós-graduação em Arquitetura da Terra pela CRAterre (2000-2002). O arquiteto tem desenvolvido trabalho como projetista e formador, sendo responsável pelo acompanhamento de obras em terra em Portugal e em vários locais da Europa, África, Ásia e América Latina (FAUP, 2016). É também membro fundador da Associação Centro da Terra.



(144)



(145)

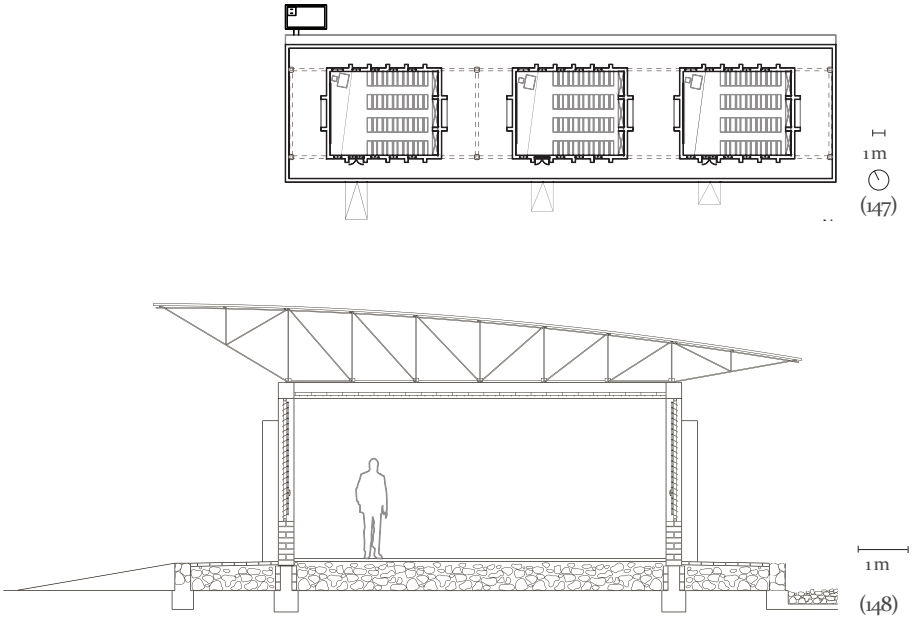
(144) Vista frontal da Escola Primária de Gando, Burkina Faso, 2011, Francis Kéré Arquitetos

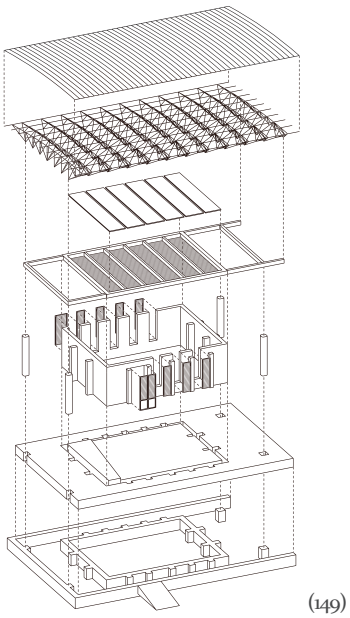
(145) Interior da Escola Primária de Gando, Burkina Faso, 2011, Francis Kéré Arquitetos

(146) Vista lateral da Escola Primária de Gando, Burkina Faso, 2011, Francis Kéré Arquitetos



(146)




(149)

3.7. Consequências sociais

(147) Planta piso térreo da Escola Primária de Gando

(148) Corte transversal da Escola Primária de Gando

(149) Explosão axonométrica da Escola Primária de Gando

3.7.1. Sobre a obra

nome da obra ***Escola Primária de Gando***

data de conclusão ***2001***

técnica construtiva em terra ***Adobe (estabilizado com 8% de cimento)***

estrutura ***Adobes estabilizados; cinta de amarração em betão armado; cobertura em chapa de metal corrugado sustentada por estrutura metálica***

pisos ***1***

arquiteto ***Francis Kéré Architecture***

localização ***Gando, Burkina Faso***

envolvente ***Rural (aldeia)***

programa ***Equipamento público (escola)***

área de construção ***520 m²***

cliente ***Comunidade da Aldeia de Gando***

prémios ***Aga Khan Award for Architecture 2004; Global Award for Sustainable Architecture 2009***



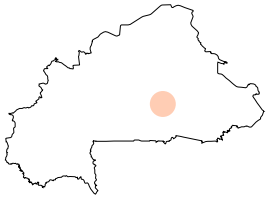
(150)



(151)



(152)



(153)

(150) Arquitetura tradicional de Gando, Burkina Faso

(151) Vista aérea da aldeia de Gando, Burkina Faso

(152) Localização da Escola Primária de Gando no Mundo

(153) Localização da Escola Primária de Gando em Burkina Faso

3.7.2. Sobre o Lugar

O clima

O clima em Gando é tropical, de savana, o que significa que apresenta temperaturas altas durante todo o ano[1], uma estação chuvosa e outra bastante seca[2] (Kéré, 2011).

Paisagem física e cultural

Nas fotografias aéreas da aldeia de Gando observa-se, acima de tudo, uma paisagem de terra seca, uma savana de vegetação rasteira e árvores esporádicas (*fig.151*). A aldeia propriamente dita é constituída por pequenos núcleos dispersos constituídos por edifícios em terra. Não existe uma infraestrutura de estradas ou ruas, a terra batida é o pavimento geral. A nível económico, é uma aldeia profundamente pobre.

Técnicas construtivas tradicionais

Burkina Faso é um país no qual a arquitetura em terra possui uma grande tradição e onde, ainda hoje, se constrói em terra crua. As técnicas construtivas utilizadas variam de zona para zona e vão desde a terra modelada / empilhada, à construção em alvenaria, executada através do adobe, torrões de pedra ou laterite. Na construção tradicional do país, as únicas técnicas que pouco ou não se utilizam, são aquelas onde é necessária a madeira, como o tabique ou a taipa, pois esta é escassa em praticamente todas as regiões do país. Relativamente a Gando, observa-se a existência de essencialmente dois tipos de edifícios, ambos com paredes de adobe rebocadas: um de planta circular com cobertura de colmo; e outro de planta retangular que, em grande parte dos casos, é coberto por uma chapa metálica (*fig. 150*).

1 A temperatura média anual é de 26.8ºC, sendo o mês mais frio Agosto com uma temperatura média de 25.4 ºC e o mês mais quente Março, com uma temperatura média de 29.5ºC, ou seja, existe uma variação de apenas 4.1 ºC entre o mês mais frio e o mais quente.

2 A pluviosidade média anual é de 1348mm, existindo uma diferença de precipitação de 250mm entre o mês mais seco (Dezembro, 2mm) e o mês mais chuvoso (Setembro, 252mm).



(154)



(155)

(154) Escola Secundária de Dano, Burkina Faso, 2007, Francis Kéré Arquitetos

(155) Pavilhão Serpentine, Kensington Gardens, Londres, Inglaterra, 2017 Francis Kéré Arquitetos

3.7.3. Sobre o arquiteto

Obras anteriores/posteriores

A obra do escritório de Francis Kéré[3] pode ser dividida em duas categorias: uma que se carateriza pela simplicidade, economia de custos e técnicas construtivas com materiais locais como a terra crua, executada em países em desenvolvimento[4] e outra que faz uso de materiais industrializados, concebida para clientes com capacidade financeira[5] (*figs. 154 - 155*). No entanto, a obra construída de Francis Kéré consiste, essencialmente, em projetos executados no contexto de desenvolvimento de comunidades pobres através de técnicas que tal possibilitam. Técnicas que, na sua maioria, recorrem à terra crua como material de construção, prevalecendo, entre elas, especialmente a laterite e o BTC, apesar de também existirem experiências em adobe e em terra líquida cofrada (Escola Secundária de Gando). Neste sentido, as obras realizadas em contexto de desenvolvimento caraterizam-se sobretudo pela sua simplicidade, propositada para ser barata e executável pela população local. Com a aquisição de um reconhecimento internacional, as suas obras começaram a expandir-se em diversos cantos do mundo, entre outros, na Índia, na China, no Sudão e nalgumas cidades europeias.

3 Francis Kéré (n. 1965) nasceu na aldeia de Gando em Burkina Faso (África) e, em 2004, formou-se na Universidade Técnica de Berlim graças a uma bolsa de estudo. Atualmente, tem o seu escritório sediado em Berlim, no qual projeta obras para diversas regiões do mundo, sendo o seu grande foco a África. Ainda durante os seus estudos, cria o projeto *Schulbausteine für Gando* (blocos de construção da escola para Gando), cujo objetivo consiste na angariação de fundos para a construção de escolas em Burkina Faso. Kéré, com os fundos obtidos, projeta e dirige a sua primeira obra, a escola primária de Gando. Esta obra marca o início da sua carreira arquitetónica, das quais muitas se localizam no seu país de origem, Burkina Faso, e cujo programa consiste, quase exclusivamente, em equipamentos públicos. Entre estes, as escolas desempenham um papel especialmente importante para o arquiteto por ser um instrumento de dar oportunidades ao seu povo.

4 Exemplos de projetos que se inserem dentro da categoria de procura de desenvolvimento local são a Escola Primária de Gando, Burkina Faso, 2009 (adobe); a Extensão da Escola Primária de Gando, Burkina Faso, 2008 (BTC); o Parque Nacional de Mali, 2010 (pedra local); a Escola Secundária de Gando, Burkina Faso, projeto em construção (betão de terra (terra líquida cofrada)); a Biblioteca da Escola de Gando, Burkina Faso, projeto em construção (BTC); o Centre de Santé et de Promotion Sociale, Burkina Faso, 2014 (pedra de argila e laterite); o Lycée Schorge Escola Secundária, Burkina Faso, 2016 (laterite); o Orfanato Noomdo, Burkina Faso, 2016 (BTC); as Habitações para professores, Burkina Faso, 2004 (BTC); a Aldeia de Village, Burkina Faso, projeto em construção (laterite) e o Centre de l'Architecture en Terre, Mali, 2010 (BTC).

5 Exemplos de projetos que recorrem a materiais industrializados e que se afastam da ideia de beneficiar as comunidades locais com a própria construção das obras são a Assembleia Nacional de Burkina Faso e Parque Memorial (em desenvolvimento); Volksbühne Satellite Theather, Aeroporto de Tempelhof, Berlim, (projeto em desenvolvimento); o Plano de re-desenvolvimento para Oxford-Kaserne, Münster, Alemanha, (projeto em desenvolvimento); Taylor Barracks Plano de re-desenvolvimento em Mannheim, Alemanha, (projeto em desenvolvimento); Pavilhão Serpentine 2017, em Londres, Inglaterra, executado em 2017.



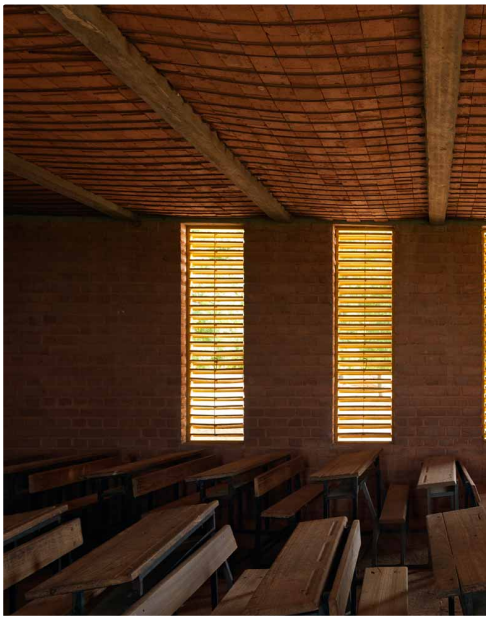
(155)

(156) Apropriação da Escola Primária de Gando pelos alunos

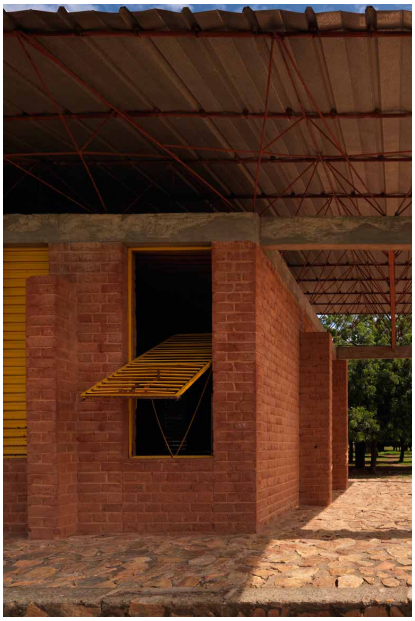
3.7.4. Modo de *ver* e de *fazer* arquitetura em terra

A Escola Primária em Gando constitui a primeira obra realizada por Francis Kéré. A meu ver, esta obra marca fortemente a intenção da sua arquitetura, visto que foi realizada por vontade própria, sem interesses financeiros por trás, chegando até a angariar fundos para a sua construção. O objetivo do arquiteto foi dar uma escola à sua comunidade em Gando, no Burkina Faso. Uma escola que permitisse melhores condições para estudar do que aquelas que o próprio vivenciou, descritas como espaços excessivamente quentes e mal iluminados. Segundo a memória descritiva do projeto ("Diébédo Francis Kéré", 2014) *a experiência de tentar aprender num ambiente tão fatigante afetou-o tanto que, quando começou a estudar arquitetura na Europa, decidiu reinvestir o seu conhecimento para construir uma nova escola na sua aldeia de origem.* No entanto, faltava o dinheiro para executá-la, pelo que fundou a associação *Schulbausteine für Gando* para angariar fundos. Com o dinheiro recolhido, Francis Kéré iniciou a construção da Escola Primária, que procurou responder a parâmetros como o custo, o clima, a disponibilidade de recursos e a viabilidade construtiva.

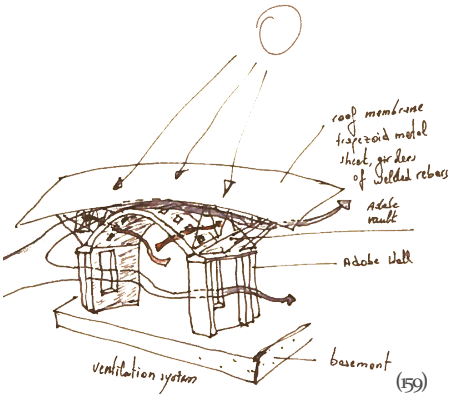
A terra crua é precisamente um material que consegue satisfazer os objetivos destacados por Kéré. Esta ideia fundamenta-se, em primeiro lugar, pelo fato da terra, para além de ser abundantemente disponível na região, ser já tradicionalmente utilizada para a construção de casas no Burkina Faso, ou seja, não é uma invasão à cultura e tradição construtiva local. Em segundo lugar, Gando apresenta uma grande escassez no que respeita a disponibilidade de recursos naturais. Pode-se afirmar que a terra constitui praticamente o único material abundantemente disponível na natureza de Burkina Faso. Em terceiro lugar, os tijolos de terra crua [...] *têm a vantagem acrescida de serem baratos, fáceis de produzir, e, ainda, de providenciarem uma proteção térmica contra o clima quente* ("Diébédo Francis Kéré," 2014). Desse modo, não terá sido por acaso que o arquiteto optou por utilizar a terra primeiramente neste projeto e em muitos outros posteriores, apesar de estar consciente da vontade da sua comunidade em ter um edifício "francês" em betão armado (Kéré, 2011) e onde, certamente, a arquitetura em terra é associada à pobreza. Mas Kéré não desiste por



(157)



(158)



(159)

(157) - (158) Mecanismos utilizados para refrescar a temperatura interior da Escola Primária de Gando

(159) Esquema de ventilação. Esquisso do Arquiteto Francis Kéré para a Extensão da Escola Primária de Gando

isso da sua crença de que as técnicas em terra crua constituem uma solução ideal para o contexto presente no Burkina Faso, mesmo com os problemas associados a este tipo de construções. De modo a evitar tais problemas nas suas obras, que pretendem servir como exemplo positivo, o arquiteto procura trabalhar as dificuldades do material através do próprio desenho do projeto e através da técnicas construtivas *modificadas e modernizadas para criar uma construção estruturalmente mais robusta* [...] ("Diébédo Francis Kéré," 2014). Entende-se claramente que o clima e a opção pelos materiais, condicionados pela economia, geraram os princípios de desenho da escola. A cobertura não é resultado de uma vontade estética, mas de adaptação ao contexto, influenciado principalmente pelo clima tropical e pela necessidade de economia de custos[6].

Kéré não é um ecologista nem fundamentalista, pois estabiliza os adobes com cimento e utiliza outros materiais industrializados, como o betão ou o ferro. Na obra de extensão desta mesma Escola Primária de Gando, o arquiteto chega a salientar precisamente que utilizaram *técnicas e materiais tradicionais, como o pavimento em terra compactada, por exemplo, porque não havia dinheiro suficiente para o Betão* (Kéré, 2013, p. 104). Existe uma clara visão racional do material terra – é ele que melhor responde aos objetivos de economia de custo, adaptação ao clima, disponibilidade de recurso e viabilidade construtiva. Assim, como se observa na obra do Parque Nacional de Mali (2010), o arquiteto passa para a utilização da pedra como material construtivo quando esta existe localmente.

Em relação ainda à atitude de Kéré ao utilizar técnicas construtivas em terra crua, destaca-se sobretudo a vontade em tornar o projeto de simples execução, de modo a que seja executável pela população local, dos quais a maioria não é especializada[7].

6 . O desenho da cobertura tem em conta a vulnerabilidade das paredes em terra às águas das chuvas (abundantes na região durante o Verão) através da criação de um generoso beiral, neste caso de chapa metálica corrugada, material relativamente barato e durável, apesar de péssimo a nível térmico. Kéré considera este fato e adapta o desenho da escola a esta caraterística do material ao criar uma cobertura dupla – uma primeira perfurada em adobe e uma segunda em chapa metálica, distanciada da primeira através duma estrutura metálica. Este sistema, além de impedir o aquecimento excessivo provocado pelo metal da chapa metálica da cobertura, tem a vantagem acrescida de maximizar a ventilação, puxando ar fresco das janelas interiores e expulsando o ar quente através do teto perfurado, reduzindo naturalmente a pegada ecológica da escola por eliminar a necessidade de ar-condicionado (*fig. 159*).

7 Como o arquiteto relata, *todas as pessoas da aldeia participam: mulheres, homens, e, por vezes, também crianças. Também são participantes do processo. Os edifícios crescem com a força das pessoas* (Kéré, 2013, p. 100).



(160)



(161)

(160) - (161) A EscolaPrimária de Gando em funcionamento

Assim, aos objetivos de projetar e construir uma escola para a comunidade, acrescenta-se a vontade de passar conhecimento à população local. Esta preocupação em (re) instruir a população local na produção e aplicação das técnicas construtivas em terra crua está especialmente presente nas obras em África, nas quais o arquiteto projeta sobretudo com BTC ou laterite (a Escola Primária de Gando constitui o único projeto de Kéré em adobe). Ou seja, existe uma ética profunda no projeto, que pretende não apenas fornecer um produto final, mas aproveitar o próprio ato de construir para passar ferramentas de conhecimento úteis à população.

Em suma, o uso da terra crua por Francis Kéré parece dever-se sobretudo à sua consciência social do projeto, que procura não apenas um produto final, mas igualmente oportunidades que se criam com a sua construção. Existe claramente uma ética nos seus projetos. Assim, quando Kéré utiliza a terra, parece pretender sobretudo consequências sociais – boas condições de estudo para as crianças através da eficiência térmica da terra em climas como o de Burkina Faso, oportunidades de desenvolvimento da comunidade através da aplicação de técnicas construtivas que podem ser re-aplicadas facilmente de modo autónomo em projetos futuros[8]. Deste modo, torna-se evidente que a atitude de Kéré em usar a terra é sobretudo ética.

A obra construída de Francis Kéré é, até ao momento, quase exclusivamente em terra crua e localizada em países em vias de desenvolvimento, apesar de existirem já projetos para contextos Europeus e/ou de bem-estar económico que recorrem a materiais convencionais. Este simples fato de não utilizar a terra em todos os seus projetos, reforça a ideia de que Francis Kéré utiliza a terra quando esta faz sentido a nível sociocultural. E faz sentido em países em vias de desenvolvimento, pois *o recurso à terra crua é um meio de autonomia tecnológica face aos sistemas de construção limitativos e dispendiosos, impostos pelos países ricos, que tendem a normalizar o mundo inteiro sobre a base dos seus conceitos. Para os países pobres, a terra é uma das vias para reconquistar a liberdade cultural na criação arquitetónica; isto é à margem*

8 Para possibilitar que as técnicas possam ser realisticamente reaplicadas no futuro pela população por força própria, podendo constituir até uma fonte de rendimento, é importante a questão da disponibilidade abundante e gratuita do material terra.



(162)



(163)

(162) Escola METI, Bangladesh, 2007, Arquitetas Anna Heringer & Eike Roswag

(163) Construção da Escola METI, Bangladesh, 2007, Arquitetas Anna Heringer & Eike Roswag

do estilo internacional, e a reduzi-lo a estereótipos aflitivos, que negam todo e qualquer particularismo (Dethier, 1993, p. 7).

3.7.5. Outros casos

Nesta categoria, parecem integrar-se igualmente arquitetos como Anna Heringer ou os BC Architects. Ambos os escritórios possuem obras em países em desenvolvimento e recusam o uso de materiais industrializados, sendo quase exclusivamente construídos em terra crua.

A arquiteta Anna Heringer define claramente a sua posição: *a arquitetura é uma ferramenta para melhorar vidas. A visão e a motivação por trás do meu trabalho é explorar e usar a arquitetura como um meio de fortalecer a confiança cultural e individual, de modo a apoiar economias locais e promover o equilíbrio ecológico. [...] Para mim, a sustentabilidade é um sinónimo de beleza: um edifício que está em equilíbrio com o seu desenho, a sua estrutura, técnica e o uso de materiais, assim como com a sua localização, a sua envolvente, o usuário, o contexto sociocultural. Isso, para mim, é o que define um valor sustentável e estética* (Heringer, s.d.). Uma sustentabilidade que, pela observação das suas obras, é atingida através de técnicas construtivas em terra crua. Entre estas, destaca-se o projeto da Escola METI, no Bangladesh, que elaborou no âmbito do seu trabalho de obtenção de diploma (*figs. 162-163*). Este projeto, tal como a Escola Primária de Gando, recebeu o Aga Khan Award (2007), para além do Araward para Arquitetura Emergente, e foi executada em adobe por mão-de-obra local e por estudantes da Universidade de Arte de Linz no âmbito da organização BASEhabitat[9]. É de referir ainda que Martin Rauch e Christof Ziegert constituíram a assessoria para a técnica em terra crua utilizada neste projeto.

9 BASEhabitat é um estúdio do Departamento de Arquitetura da University of Art and Design em Linz, associada à cadeira de Arquitetura de Terra da UNESCO, que procura oferecer uma oportunidade de educação aos estudantes a nível de experiência de obra, competências socioculturais, projeção e execução, domínio de técnicas construtivas, entre outras, em terra crua. O modo como atuam baseia-se, simplificadamente, na projeção e/ou execução de projetos em lugares onde são necessários, que se resumem sobretudo a países em vias de desenvolvimento. Para além destes projetos, oferecem oportunidades de formação em técnicas construtivas sustentáveis, como a terra crua ou o bambu, em Escolas de Verão ou *Workshops*. É de referir a proximidade profissional/colaboração com Anna Heringer e Martin Rauch.



(164)



(165)

(164) - (165) Pré-escola de Aknaibich, Marrocos, 2014, BC Architects

Os BC Architects, por sua vez, constituem um escritório sediado em Bruxelas, destacável pela investigação realizada em termos materiais, nomeadamente no que diz respeito a técnicas em terra crua. Este conhecimento representa uma base importante para a aplicação prática nos seus projetos, entre os quais se encontram obras em países em vias de desenvolvimento que fazem uso de técnicas construtivas em terra crua, como a taipa ou o adobe. A Pré-escola de Aknaibich, em Marrocos, é uma obra de referência no que diz respeito à construção sustentável, tanto a nível ecológico como cultural (*figs. 164-165*). O projeto, financiado pela Fundação *Goodplanet*, é dirigido para uma comunidade em Marrocos, que se divide por uma parte onde se encontram edificações tradicionais em terra crua, e outra parte que procura copiar o moderno ocidental através da construção de edifícios em betão armado, edificados por emigrantes rurais-urbanos. Deste modo, é possível que esta ambiguidade presente em Marrocos tenha motivado os BC Architects a quererem dar, através da construção da Pré-escola, um exemplo aos habitantes de como é possível aliar a tradição à contemporaneidade. Assim, as paredes da escola são em adobe, a cobertura plana em estrutura de madeira e coberta de terra, e as paredes delimitadoras do espaço da escola são em taipa. Segundo a memória descritiva do projeto dos BC architects, a escola segue o estilo do new vernacular, que se inspira em tipologias, materiais e técnicas locais, empregando, simultaneamente, uma linguagem contemporânea, com um bom desempenho bioclimático[10] e um desenho sismo-resistente (BC Architects, 2014).

Em conclusão, o que procuram tanto Anna Heringer, como os BC Architects, como Francis Kéré, parecem ser as consequências socioculturais provocadas pelas técnicas construtivas em terra crua. São visões que parecem partilhar a ideia de Houben (1993, [1986], p. 30) quando afirma que *a vantagem da terra é mais política do que simplesmente técnica*. Neste sentido, as obras destes arquitetos visam dar ferramentas técnicas à população local, que poderão utilizar autonomamente no futuro, objetivo que é perfeitamente concretizável pelo uso de técnicas construtivas que fazem uso de

10 Os arquitetos, na memória descritiva, destacam os efeitos *respiratórios* do reboco de terra, juntamente com o desenho bioclimático do projeto, ou seja, uma orientação solar e disposição de vãos pensada em função do clima (BC architects, 2014).



(166)

um material disponível localmente a custo zero, como é o caso da terra. Neste ponto, é de ressaltar ainda que as técnicas construtivas em terra crua são tradicionais na grande maioria dos países em questão, que apenas são inovadas em alguns aspetos pelos arquitetos. O que os arquitetos aparentam ambicionar não é a apresentação de uma novidade, mas sim uma reeducação da população, que pretende ilustrar que a arquitetura em terra pode ser também moderna e de qualidade construtiva com os devidos cuidados necessários para obras em terra crua. Provavelmente, esta questão justifica o fato de todas estas obras se caraterizarem por uma linguagem contemporânea e, sobretudo, por um grande cuidado construtivo. Esta arquitetura transcende certamente o objetivo de fornecer meramente um edifício funcional e barato aos países em vias de desenvolvimento. São obras que pretendem responder a questões éticas, mas que, de partida talvez, ambicionam também ser premiadas e reconhecidas pela comunidade arquitetónica Ocidental.

(166) Construção da Escola Secundária de Gando, Burkina Faso, Francis Kéré Architects. Processo de enchimento da cofragem (técnica da terra plástica)

Considerações finais

Com esta dissertação pretendeu-se analisar os diferentes modos de *ver* e de *fazer* arquitetura em terra na época presente. Estudou-se uma realidade focada em questões que se prendem com as diferentes atitudes e perceções que os arquitetos contemporâneos apresentam perante este material construtivo ancestral.

De modo a possuir ferramentas para esta análise, o presente trabalho incluiu uma parte introdutória que procurou compreender o que realmente é a arquitetura em terra. Assim, em primeiro lugar, investigou-se a aplicação da terra na arquitetura. Abordaram-se as diferentes técnicas construtivas, consideradas como o léxico necessário para compreender todo o seguimento da dissertação. Sem saber, por exemplo, o que é a taipa, o adobe, o tabique ou o cob, o estudo permaneceria a um nível vago e superficial. E, de modo a conhecê-los, considerou-se necessário entender em que consistem, a sua história e, igualmente, as inovações realizadas à sua forma tradicional. Com este fundamento, partiu-se para uma breve análise histórica da arquitetura em terra, essencial para entender as crenças e posições contemporâneas. Em segundo lugar, estudaram-se as propriedades do material terra, ou seja, a sua aplicação na construção. Este conhecimento considerou-se fundamental para desmistificar alguns preconceitos relativos ao seu comportamento e entender alguns problemas atuais, como por exemplo a difícil normalização do material. Serviu ainda para conhecer possíveis vantagens associadas ao uso da terra na arquitetura que, certamente, poderão constituir um motivo para que os arquitetos a utilizem nos seus projetos. Com esta base, avançou-se então para uma análise de sete modos, que se identificaram, de *ver* e *fazer* a arquitetura contemporânea em terra.

Como primeira conclusão, constatou-se que, cada vez mais, a arquitetura contemporânea em terra está a encontrar um caminho fora do estereotipado meio do 'sustentável' ou de autoconstrução. Esta arquitetura está a entrar no leque de materiais de um grupo de arquitetos heterogéneo, que vai desde as estrelas internacionais como os Arquitetos Herzog & de Meuron até os mais ecológica e politicamente fundamentalistas como o Arquiteto Gernot Minke. Observou-se que já se está num momento diferente dos arquitetos do movimento moderno como Lucio Costa, Lina

Bardi, Le Corbusier ou Adolf Loos, que experimentaram projetar com a terra sobretudo devido ao seu caráter económico. Neste sentido, constata-se que chegou o momento de caraterizar a presente situação e desfazer uma visão de uma certa homogeneização - um tipo de arquitetura artificialmente criado pelo material que utiliza.

A identificação das diferentes motivações para a escolha da terra pelos arquitetos contemporâneos decorreu de uma análise e caracterização da situação presente. Distinguiram-se sete motivações distintas, expressas através de diferentes modos de *ver* e de *fazer* a arquitetura em terra. De uma forma geral, constata-se que a opção pela terra é sempre concretizada de um modo muito consciente por parte do arquiteto – não é apenas resultado de uma repetição de uma solução construtiva convencionalizada. Se antigamente *sempre construiu-se com os materiais que estavam por baixo dos nossos pés: quando se tinha barro, construía-se em barro; quando se tinha madeira, construía-se em madeira e, quando se tinha pedra, construía-se em pedra* (Dias, 2017), atualmente, esta realidade alterou-se. Como consequência da industrialização e da globalização, a escolha pelo material construtivo tornou-se praticamente livre. As condicionantes geralmente limitam-se à necessidade de responder às normas em vigor e de respeitar o orçamento proposto. Esta grande facilidade corresponde, no entanto, aos materiais industrializados. A terra, por sua vez, ainda não atingiu verdadeiramente este nível de 'facilidade', ainda constitui uma exceção – aproveitada conscientemente por arquitetos como Patricio Arias para se destacar no mercado saturado da arquitetura contemporânea. Ainda, como se viu em Marcelo Cortés, precisamente por ainda estar pouco explorado pela indústria, o material constitui uma grande oportunidade de inovação. Uma inovação que se prende com o aperfeiçoamento das suas técnicas construtivas e a pré-fabricação experimentada ao longo da história, entre outros por Cointeraux no século XIX, Acácio Gil Borsói no Brasil modernista ou por Rauch na contemporaneidade.

No entanto, esta falta de exploração implica, ao mesmo tempo, diversos obstáculos à tal 'facilidade' de usar a terra na arquitetura contemporânea. Estas dificuldades prendem-se essencialmente com receios decorrentes do ainda fraco conhecimento

científico da terra enquanto material construtivo ou com a ausência de normas específicas, até agora, em muitos países, o que torna difícil qualquer tentativa de cumprimento de legislações gerais. Consequente a esta dificuldade, encontram-se ainda poucas construtoras que, hoje em dia, saibam trabalhar com as técnicas construtivas em terra crua.

Acrescenta-se ainda o custo elevado desta arquitetura, decorrente do grande número de horas necessário para executá-la, apesar das tentativas de adaptação das técnicas construtivas da terra à lógica do mercado de construção, dominado pela pré-fabricação e economia de tempo. Os elementos de taipa pré-fabricados de Rauch não são ainda económicos, apesar de existir a possibilidade de descida de preço no momento em que a sua produção for otimizada. Neste sentido, acredita-se que os arquitetos que se sujeitam a estes obstáculos têm, certamente, um motivo maior para a escolha, diferente do que se passa, por exemplo, com o tijolo vazado: este muitas vezes é adotado por ser barato, fácil de usar e constitui uma solução construtiva que todos os arquitetos sabem resolver sem grandes problemas.

Não obstante, observa-se que existem alguns lugares no mundo onde a terra já pode ser utilizada sem uma grande complexidade envolvida. Nestes lugares, encontrados sobretudo na Austrália e nos EUA, existem construtoras especializadas na execução das técnicas construtivas em terra e normas que regulam e permitem o seu uso. Desse modo, nestes países, a terra já conseguiu entrar no 'catálogo' de materiais dos arquitetos. Tal como foi estudado na obra dos JOH Architects, esta 'facilidade' permite que a escolha pelo material terra possa dever-se a um simples gosto pela sua materialidade, sem segundas intenções. Ou seja, do mesmo modo que hoje em dia alguns arquitetos escolheriam a madeira ou a pedra para conseguir determinada sensação ou atmosfera, estes arquitetos elegem a terra.

Por vezes, os obstáculos de construir com terra levam a que os arquitetos abdiquem do material e iludam a sua aparência através de outros materiais, nomeadamente o betão armado, como observamos no Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros dos Arquitetos Gonçalo Byrne e José Laranjeira e, ainda, no Projeto da Porta Nova

para a Alhambra dos Arquitetos Álvaro Siza Vieira e Juan Domingo Santos. Estes casos parecem ainda mais claros na sua intenção de utilizar a terra por questões concetuais: caso as propriedades do material ou fatores socioculturais ligados ao processo construtivo fossem importantes para os arquitetos, dificilmente utilizariam o betão. Neste sentido, deduz-se que no Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros, Byrne e Laranjeira procuraram sobretudo a terra pela sua conotação, pelo simbolismo que a esta se associa e que de alguma forma é desejada no projeto. Assim, acredita-se que estes arquitetos tiveram o desejo de utilizar a terra essencialmente pela sua aparência, pela sua textura e cor vermelha, que simboliza o sangue decorrido na batalha e o tom das paisagens alentejanas, onde a obra se encontra inserida. A dificuldade de construir o projeto verdadeiramente em terra fê-los abandonar o material, mas não a ideia projetual: procuraram imitar a terra com o betão armado, pigmentado e cofrado de um modo que parecesse efetivamente a taipa tradicional. O *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte* dos Arquitetos :mlzd retoma esta atitude de Byrne e Laranjeira de utilizar a terra pela simbolização subjacente à sua materialidade: optam pela terra por combinar perfeitamente com o *Leitbild* ecológico de uma Instituição Ornitológica. Neste sentido, procuraram um material que remetesse para a natureza, não apenas para se adequar ao tipo de programa previsto para o projeto, mas também para se integrar visualmente na paisagem onde a obra se encontra inserida, as margens do rio Sempach. A nível da integração na envolvente edificada no território, a intenção já foi contrária - pretenderam destacar o edifício das restantes construções através do uso de um material construtivo excecional. A diferença entre os arquitetos :mlzd e a dupla Byrne e Laranjeira está, a meu ver, meramente no fato dos primeiros terem realmente conseguido construir o seu projeto em terra, não necessitando mimetizá-lo através do betão. Já no projeto da Porta Nova da Alhambra, não acredito que o intuito de iludir a materialidade da terra esteja associado a ideias projetuais que procurem as conotações simbólicas da terra, mas sim a uma vontade de adaptar o projeto ao contexto e à envolvente, definida pela própria obra da Alhambra construída em taipa.

De algum modo, encontra-se uma postura semelhante na única obra em terra de

Bartolomeu Costa Cabral, a Casa em Taipa no Alentejo. Neste caso, interpreta-se que a utilização da terra está claramente ligada ao objetivo de adaptar o projeto ao lugar, caraterizado pela tradição construtiva em taipa e um clima que pede espessas paredes de terra. No entanto, acredita-se que esta obra não se pretende definir pela terra, facilmente poderia ser em betão sem alterar muito a sua conceção ou desenho. Ou seja, tal como Álvaro Siza Vieira e Juan Domingo Santos na Porta Nova para a Alhambra, a opção de Bartolomeu Costa Cabral não parece ter surgido de uma vontade em adaptar o material à sua ideia projetual, mas sim à envolvente, ao contexto.

Através destes casos de estudo, consegue-se entender que a terra está a ser utilizada por motivos que ultrapassam o desejo de sustentabilidade ou a liberdade perante uma indústria de construção dominante. Neste sentido, verifica-se uma certa analogia com o modo de projetar com outros materiais construtivos, que olham o material sem ideologias subentendidas. Não obstante, encontram-se ainda casos em que a terra continua a ser um forte meio de expressão dos arquitetos que dela fazem uso, um fragmento da arquitetura em terra contemporânea que não se pretende excluir apenas por seguir a linha estereotipada que esta dissertação se propõe a desfazer.

Entre os casos que procuram a terra por uma ideologia definida pela sustentabilidade e independência face a um sistema regido pelo dinheiro inerente ao seu uso, considerou-se o arquiteto Gernot Minke como o seu maior representante na arquitetura contemporânea. Através das obras deste arquiteto, entre outras a obra analisada nesta dissertação, o *Waldorfkindergarten* em Sorsum, identifica-se um desejo de ir contra soluções construtivas (e arquitetónicas) pré-definidas, implementadas por uma palete de materiais industrializados, pouco sustentáveis. O arquiteto atua sobretudo em países sul-americanos, onde a sua arquitetura ideológica, tanto material como teórica, é procurada e requerida por grupos alternativos, que acreditam numa melhoria do mundo através da (auto) sustentabilidade. De acrescentar ainda que, contrariamente ao contexto europeu, nestes países a construção alternativa é facilitada por uma menor regulamentação construtiva. Já na Europa, Minke parece procurar um outro tipo de liberdade: a linguagem conseguida através do uso da terra afasta-se dos padrões

estéticos pré-estabelecidos e as propriedades deste material ajudam a bloquear ondas eletromagnéticas, a equilibrar naturalmente a temperatura e humidade do ar, etc., fatores que foram estudados minuciosamente em contexto académico sobre a orientação deste arquiteto. Assim como outros arquitetos que optam pela terra devido às consequências benéficas que esta traz aos envolvidos, Minke acredita profundamente nas capacidades da terra, a todos os níveis, desde o técnico até ao humanístico.

Um maior foco a nível das 'capacidades humanísticas' da terra, encontra-se na arquitetura desenvolvida no Ocidente para países em desenvolvimento. Nestes casos, que se ilustra nesta dissertação através do Arquiteto Francis Kéré com a sua Escola Secundária de Gando, encontra-se uma intenção de utilizar o material a favor da comunidade local, ligado sobretudo às dinâmicas associadas à arquitetura em terra. Pretendem-se os efeitos paralelos que a construção das obras provoca, como a formação da população local em técnicas construtivas que facilmente poderão continuar executando de modo autónomo, e que significam uma menor dependência dos mercados de construção industrializados e não locais. Ou seja, são procuradas as vantagens socioculturais associadas ao uso da terra, não especificamente as suas vantagens técnicas.

Através dos casos de estudo analisados, que representam apenas um pequeno fragmento do mundo da arquitetura em terra contemporânea, reparou-se que ainda se encontraram poucos arquitetos motivados pelas caraterísticas intrínsecas ao material, analisadas ao longo do segundo capítulo deste trabalho. À exceção de Minke, os arquitetos das obras estudadas referem algumas propriedades que consideraram importantes para o projeto, no entanto entende-se que estes fatores não constituem a principal motivação que os levou a optar pela terra. Questiona-se assim qual poderá ser a razão pela qual não existe ainda um forte uso da terra na arquitetura devido às suas propriedades benéficas para a saúde do habitante. Acredita-se que, de modo a alterar esta situação, seja necessário estudar e divulgar mais sobre os efeitos positivos das propriedades da terra, sobretudo no que diz respeito à possibilidade de ela ionizar

o ar, bloquear ondas eletromagnéticas e de regular os níveis de humidade do ar. Igualmente, observa-se que ainda existe uma grande incompreensão das qualidades térmicas da terra, que deve ser revista de modo a que se consiga aproveitá-las da melhor maneira possível. Espera-se assim que o intuito da dissertação em entender a situação presente da arquitetura em terra não sirva apenas para efeitos historicistas, mas igualmente para constituir um ponto de partida e fundamento para futuras investigações e futuros projetos.

Termina-se então com a ideia de que a terra, para além de material construtivo, constitui sobretudo um meio de expressão utilizado pelos arquitetos. E é precisamente neste ponto que esta dissertação pretende intervir ao sugerir que não se trata de um meio de expressão único: existem vários modos de ver e de fazer arquitetura contemporânea em terra.

Como interpretação final, apresenta-se a ideia de que a grande vontade de construir com terra constitui, em certa medida, uma reacção à realidade da arquitetura contemporânea, na qual a passiva escolha de materiais provenientes de catálogos afastou o arquiteto de uma consciente escolha pelo material. Parece que, com a terra, estaremos perante uma redefinição da atitude relativa à função do material construtivo na arquitetura contemporânea, que atualmente procura responder mais a uma lógica formada pela indústria de construção do que aos objetivos dos arquitetos.
Conclui-se assim a análise dos diferentes modos de ver e de fazer a arquitetura contemporânea em terra, um estudo que nos fez compreender melhor o momento presente dentro desta área. Por último, termino com as palavras de Alberto Caeiro que, de algum modo, pretendem regressar à ideia que, independentemente da intenção com que a terra é utilizada pelos arquitetos, o que realmente importa no fim, é a obra arquitetónica que dela resultou:

Sim, eis o que os meus sentidos aprenderam sozinhos:
As cousas não têm significação: têm existência.
As cousas são o único sentido oculto das cousas.

(Caeiro, 1946)

Bibliografia

AAP. (1980) [1961] . *Arquitectura Popular em Portugal* (2ª ed.). Lisboa.

AAP. (1988) [1961]. *Arquitectura Popular em Portugal* (2ª ed. Vol. 3º). Lisboa.

Alentejo, T. d. (s.d.). Visit Alentejo. Acedido a 13 de Junho, 2017. Disponível em *http://www.visitalentejo.pt/pt/informacoes-uteis/*.

Araújo, G. (2005). Terra sobre engradado em Portugal. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1ª ed., pp. 57-61). Lisboa: Argumentum.

Arias, P. (2017, 25 de Fevereiro) [Comunicação pessoal, Anexo 5].

Bardi, L. B. (1967). Na América do Sul: após Le Corbusier, o que está acontecendo? *Lina por escrito. Textos escolhidos de Lina Bo Bardi* (pp. 118-122). São Paulo: Cosac Naify.

Bardi, L. B. (1979). Arquitetura e tecnologia *Lina por escrito. Textos escolhidos de Lina Bo Bardi* (pp. 142-147). São Paulo: Cosac Naify.

Barros, F. d. S. (2016). *Arquitectura contemporânea em Taipa, uma relação simbiótica entre Portugal e Alemanha.* (Dissertação de Mestrado), Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, Porto.

Bastos, A. (1993, 2 de Dezembro). Construção em Taipa. *Notícias de Odemira,* pp. 5-6.

BC Architects. (2014). PRESCHOOL OF AKNAIBICH. Acedido a 5 de Julho, 2017. Disponível em *http://architects.bc-as.org/filter/-%C2%A0100/Preschool-of-Aknaibich*.

Bierrenbach, A. (2008). Conexão Borsói–Bardi: sobre os limites das casas populares. *RISCO* (7), pp. 49-61.

Boltshauser. (2017). Pisé – Tradition und Potential | EPFL Lausanne Ausstellung | Exhibition. Acedido a 12 de Julho, 2017. Disponível em *http://www.boltshauser.info/works/work-detail.php?y=2017&aID=224*.

Brenna, G. (1984). Para arquitetos e não. In J. Dethier (Ed.), *Arquitetura de Terra ou o Futuro de uma Tradição milenar* (pp. 196-197). Rio de Janeiro: Avenir Editora Limitada.

Brown, K., & Lemon, J. (s.d.). Cations and Cation Exchange Capacity. In U. o. W. Australia & W. A. Department of Agriculture and Food (Eds.). Acedido a 5 de Janeiro, 2017. Disponível em *http://www.soilquality.org.au/factsheets/cation-exchange-capacity*.

Bruno, P. (2005). Taipa militar. Fortificações do período de domínio muçulmano. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1ª ed., pp. 39-44). Lisboa: Argumentum.

Burnette, W. (s.d.). *Memória descritiva Wendell Burnette Architects*. Material cedido pelos Wendell Burnette Architects.

Byrne, G., & Laranjeira, J. (2007). *Memória Descritiva CIBA*. Material cedido por José Laranjeira.

Cabral, B. C. (2017, 8 de Fevereiro). [Comunicação pessoal, Anexo 1].

Caeiro, A. (1946). XXXIX - *O mistério das coisas, onde está ele? O Guardador de Rebanhos* (10 ª ed. 1993 ed.) Acedido a 14 de Agosto, 2017. Disponível em *http://arquivopessoa.net/textos/3452*.

Climate-data.org (s.d.). Acedido a 10 de Julho, 2017. Disponível em *https://en.climate-data.org*

Coissi, J. (2016, 20-03-2016). Escavações revelam hábitos de índios que viveram há mil anos no Sul do país. *Folha de S.Paulo*.

Costa, L. (1936). *Memória descritiva do Anteprojeto para a Vila de Monlevade, Sabará, Minas Gerais* Acedido a 10 de Maio, 2017. Disponível em h*ttp://www.jobim.org/lucio/handle/2010.3/2972.*

Correia, M. (2005). Taipa na arquitectura tradicional. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1ª ed., pp. 27-34). Lisboa: Argumentum.
Correia, M. (2006). Universalidade e diversidade da Arquitectura de Terra. In F. Jorge (Ed.), *TERRA: Forma de Construir* (pp. 13-20). Lisboa: Argumentum.

Correia, M. (2007). *A Taipa no Alentejo, Portugal* (M. Ataíde, Trans. H. Guillaud Ed.). Lisboa: Argumentum.

Couto, M. d. O. (2016). Bartolomeu Costa Cabral, Arquitecto *Bartolomeu Costa Cabral: 18 obras* (pp. 151-169). Porto: Circo de Ideias.

Couvreur, L. (2012). Sujet du stage: béton d'argile environnemental. In M. Moevus, L. Fontaine, R. Anger, & P. Doat (Eds.), *Béton d'Argile Environnemental (B.A.E.) - Rapport Final* (pp. 737-804). Acedido a 25 de Novembro, 2016. Disponível em *http://craterre.org/data/download/c2d2_beton_argile_environnemental_final.pdf*

Culturas De Tierra. (s.d.). Revocar con Tierra. Acedido a 30 de Junho, 2017. Disponível em *http://www.culturasdetierra.cl/site/revocar_con_tierra-57-64.html*.

Dethier, J. (1982). *Arquiteturas de Terra ou o Futuro de uma Tradição Milena*r. Rio de Janeiro: Avenir Editora Limitada.

Dethier, J. (1993). *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (H. Cardoso, Trans.). Lisboa: Litografia Tejo.

Dias, A. (2017, 12 de Julho). [Comentário enquanto júri da dissertação "Arquitectura e pré-fabricação. A expressividade dos sistemas construtivos em madeira maciça" de M. Moreira, Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto].

Doat, P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S., & Vitoux, F. (1991). *Building with Earth* (A. Puri, Trans.). New Delhi, Índia: The Mud Village Society.

Eckermann, W., & Ziegert, C. (2007). Auswirkungen von Lehmbaustoffen auf das Raumklima. In H.Venzmer (Ed.), *Europäischer Sanierungskalender 2008*. Berlim: Beuth Verlag.

Eckert, D. J., Amstutz, S., Külpmann, P. D.-I. R. d., Hildebrand, P. K., & Schwehr, P. D. P. (2013). Ionisierte Luft im Innenraum. Acedido a 3 de Janeiro, 2017. Disponível em *https://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/search/ - ?q=ion*

Faria, O. B. (2002). Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande (Americana - SP). (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Carlos. Acedido a 3 de Dezembro, 2016. Disponível em *http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-10022003-103821/pt-br.php teses.usp.br database.*

Faria, O. (2005). Caracterização de solos para uso na arquitectura e construção com terra. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1 ed., pp. 179-184). Lisboa: Argumentum.

Fathy, H. (1980). *Construindo com o Povo. Arquitetura para os pobres*. São Paulo: Salamandra.

FAUP. (2016, 20 de Julho). Conferência por Miguel Mendes: Culturas Construtivas Locais no desenvolvimento sustentável.

Fernandes, M. (2005). O Adobe moldado. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1ª ed., pp. 45-49). Lisboa: Argumentum.

Fernandes, M. (2006). Técnicas de Construção em Terra. In F. Jorge (Ed.), *TERRA: Forma de Construir* (pp. 26-32). Lisboa: Argumentum.

Fernandez, R. F. (2005). A construção em taipa de pilão no Brasil: as Casas Bandeiristas de São Paulo. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1 ed., pp. 92-95). Lisboa: Argumentum.

Fonseca, I. (2007). *Arquitectura de terra em Avis*. Lisboa: Argumentum.

Frank, A. (2017, 19 de Junho). [Comunicação pessoal, Anexo 3].

Gauzin-Müller, D. (2015). Architecture en terre d'aujourd'hui. Les techniques de la terre crue. Acedido a 12 de Abril, 2017. Disponível em *http://terra-award.org/livre/*.

Glenhope House / JOH Architects. (2012). Acedido a 26 de Junho, 2017. Disponível em *http://www.archdaily.com/194393/glenhope-house-joh-architects*.

Gomes, M. V. (2005). Arqueologia da arquitectura de terra em Portugal. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1 ed., pp. 124-131). Lisboa: Argumentum.

Guillaud, H. (1993). Construir em Terra Crua: Técnicas Antigas e modernas (H. Cardoso, Trans.). In J. d. A. Perdigão, F. C. Gulbelkian, & C. d. A. Moderna (Eds.), *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (pp. 32-41). Lisboa: Litografia Tejo.

Hanenkamp, E. (s.d.). Sorsum. Acedido a 11 de Julho, 2017. Disponível em *http://www.hildesheim.de/staticsite/staticsite.php?menuid=421&topmenu=3*.

Heringer, A. (s.d.). Anna Heringer Architecture. Acedido a 4 de Julho, 2017. Disponível em *http://www.anna-heringer.com/*.

Herzog, & Meuron, d. (2014). 369 Ricola Kräuterzentrum. Acedido a 19 de Junho, 2017. Disponível em *https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/351-375/369-ricola-kraeuterzentrum.html?location=5f56f6fa-4528-4a90-a700-5308a43cc8a7*.

Hoffman, M. (1984). Experiment in adobe. Frank Lloyd Wright's 42-year-old design comes to life. Acedido a 12 de Maio, 2017. Disponível em *http://www.csmonitor.com/1984/0127/012708.html*.

Houben, H. (1993 [1986]). Mobilizar a Terra para enfrentar o Desafio da Habitação no Terceiro Mundo (H. Cardoso, Trans.). In J. d. A. Perdigão, F. C. Gulbelkian, & C. d. A. Moderna (Eds.), *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (pp. 28-31). Lisboa: Litografia Tejo.

Houben, H., & Guillaud, H. (2006 [1989]). *Traité de construction en Terre*. Marselha: Editions Parenthèses.

IPMA. (s.d.). Acedido a 12 de Junho, 2017. Disponível em h*ttps://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml.*

Kéré, F. (2010) *Interview with Diébédo Francis Kéré/Entrevistador: F. Picchi*. Acedido a 2 de Julho, 2017. Disponível em *http://www.domusweb.it/en/architecture/2010/11/08/interview-with-diebedo-francis-kere.html*.

Kéré, F. (2011). Francis Kere at Design Indaba 2011. Acedido a 4 de Julho, 2017. Disponível em *https://www.youtube.com/watch?v=jAHeoh4TuCM*.

Kéré, F. (2013). ARCH + features: über Architektur der Notwendigkeit. *ARCH +, 211/212, Think Global, Build Social!,* 146-148.

Kiefer, F. H. (2004). *Schinkel und die Industrialisierung Preußens.* (Doutoramento), Philipps-Universität Marburg, Kassel.

Klinge, A., Roswag-Klinge, E., Ziegert, C., Fontana, P., Richter, M. J., & Hoppe, J. (2016). *Naturally Ventilated Earth Timber Constructions*. Artigo apresentado em Sustainable Built Environment (SBE) Regional Conference, Zurique. Acedido a 2 de Janeiro, 2017. Disponível em *http://www.h-house-project.eu/images/04_Documents/02_Publications/DOI-10-3218-3774-6_109-Expanding-Boundaries-Conference-Papers.pdf*

Lafuente, L. P. B., Villalobos, L. Á., & Castelblanco, F. I. (2014). *Terra. Desde la tradición a la innovación tecnológica en sistemas constructivos a base de tierra cruda*. Valparaíso, Chile: Editorial USM.

Laranjeira, J. (2017, 16 de Junho). [Comunicação pessoal, Anexo 4].

Lengen, J. V. (2010). *Manual do Arquitecto Descalço*. Lisboa: Dinalivro.

Lima, P. A. e., Marques, J., & Vale, C. P. d. (2016). *Rammed Earth Construction Nowadays - Comparing Methodologies and Design Between Portugal and USA*. Artigo apresentado em Terra 2016: XIIe congrès mondial sur les architectures de terre, Lyon. Acedido a 21 de Agosto, 2017. Disponível em *https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/85243*.

Macleod, M. (2015). Le Corbusier's Response to World War II: Les Maisons Murondins. Acedido a 24 de Julho, 2017. Disponível em *http://www.grahamfoundation.org/grantees/5291-le-corbusier-s-response-to-world-war-ii-les-maisons-murondins*.

Marques, J., Lima, P. A. e., & Vale, C. P. d. (2014). *Contemporary use of rammes earth in Portugal. The case of Alentejo Coast*. Artigo apresentado em 40th IAHS World Congress on Housing. Sustainable Housing Construction, Funchal. Acedido a 21 de Agosto, 2017. Disponível em *http://hdl.handle.net/10216/77484*.

Mazza, M. (1984). Terra à vista! In J. Dethier (Ed.), *Arquitetura de Terra ou o Futuro de uma Tradição milenar*. Rio de Janeiro: Avenir Editora Limitada.

Mendonça, M. (2005). O uso da terra na construção da antiga capital da América Portuguesa: uma memória. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1ª ed., pp. 86-91). Lisboa: Argumentum.

Mermi, C. (s.d.). Frischluftgefühl durch Lehmputz. Acedido a 1 de Dezembro, 2016. Disponível em *http://www.holzbau-mermi.de/lehmbau/*.

Meteovista. (s.d.). Acedido a 16 de Junho, 2017. Disponível em *http://www.meteovista.de/Europa/Schweiz/Sempach-Station/4902151*.

Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed.). Basileia: Birkhäuser Verlag.

Minke, G. (2013a) *Ein Handy habe ich nicht./Entrevistador: E. Kultur*. Acedido a 27 de Junho, 2017. Disponível em *http://www.earthkultur.com/gernot-minke-architect-kassel_en/*.

Minke, G. (2013b) *VOM LEICHTBAU ZUM LEHMBAU Gernot Minke im Gespräch mit Nikolaus Kuhnert und Anh-Linh Ngo/Entrevistador: N. Kuhnert & A. L. Ngo*. ARCH +,50-57.

Minke, G. (2017, 27 de Junho). [Comunicação pessoal, Anexo 6].

Minke, G. (s.d.). Waldorfkindergarten Sorsum. Acedido a 29 de Junho, 2017. Disponível em *http://www.moderner-lehmbau.com/deutsch/editorial/lr_d25.htm*.

Moevus, M., Fontaine, L., & Anger, R. (2012). Caractéristiques mécaniques, thermiques et hygrométriques du matériau terre crue : bilan de la littérature *Béton d'Argile Environnemental (B.A.E.)*: CRAterre-ENSAG. Acedido 28/11/2016, em *http://craterre.org/data/download/c2d2_beton_argile_environnemental_final.pdf*

Moevus, M., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2013). *Béton d'Argile Environnemental (B.A.E.) - Rapport Final*. Acedido a 25 de Novembro, 2016. Disponível em *http://craterre.org/data/download/c2d2_beton_argile_environnemental_final.pdf*

Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. Meyrié: CRAterre éditions.

Mullender, J. (1982). Elogio da Terra. In C. G. Pompidou (Ed.), *Arquiteturas de Terra ou o Futuro de uma Tradição Milenar* (pp. 5-6). Rio de Janeiro: Avenir Editora Limitada.

München, G.-I. (1985). *Karl Friedrich Schinkel. 1781-1841. Painting and Architecture between Romanticism and Classicim*. Berlim.

Neves, C. (2005). O desempenho térmico da edificação de terra. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1ª ed., pp. 185-188). Lisboa: Argumentum.

Neves, C., Faria, O., Rotondaro, R., Salas, P. C., & Hoffmann, M. (2009). *Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra: práticas de campo.* PROTERRA (Ed.) Acedido a 4 de Julho, 2017. Disponível em *http://www.redproterra.org.*

Neves, C., & Milan, A. P. (2011). Bloco de terra comprimida - BTC. In O. B. Faria (Ed.), *Técnicas de construção com terra* (pp. 35-45). Bauru: FEB-UNESP.

Observatorio: Peñalolén. (s.d.). Acedido a 14 de Junho, 2017. Disponível em *observatorio.penalolen.cl.*

Papst, A. L. (1999). *Uso de inércia térmica no clima subtropical: estudo de caso em Florianópolis - SC.* (Pós-graduação), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Acedido a 20 de Dezembro, 2016. Disponível em*http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Ana_Ligia_Papst.pdf*

Providência, P. (2016). Superar a Contingência: três obras de Bartolomeu Costa Cabral *Bartolomeu Costa Cabral: 18 obras* (pp. 107-117). Porto: Circo de Ideias.

Quintino, G. (2005). Blocos de terra compactada (BTC). In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1ª ed., pp. 53-56). Lisboa: Argumentum.

Rael, R. (2009). *Earth Architecture*. New York: Princeton Architectural Press.

RCCTE. (2006). (Vol. Decreto-Lei nº 80/2006, pp. 45): Diário da República nº 67.

Reddi, L. N., Jain, A. K., & Yun, H.-B. (2012). Soil materials for earth construction: properties, classification and suitability testing. In M. Krayenhoff, R. Lindsay, & M. Hall (Eds.), *Modern Earth Buildings : Materials, Engineering, Constructions and Applications* (pp. 155-172). Oxford: Woodhead Publishing.

Rocha, M. (2006). A Terra na Arquitectura. In F. Jorge (Ed.), *TERRA: Forma de Construir* (pp. 26-32). Lisboa: Argumentum.

Rotondaro, R. (2011). Adobe. In O. B. Faria (Ed.), *Técnicas de construção com terra* (pp. 16-25). Bauru: FEB-UNESP.

Royal Academy of Arts. (2014). *Diébédo Francis Kéré*. Acedido a 4 de Julho, 2017. Disponível em *https://www.youtube.com/watch?v=iOdIdyPV8Dw*

Rüger, B. (s.d.). Kurze Geschichte des Lehmbaues in Deutschland. Acedido a 13 de Maio, 2017. Disponível em *http://www.moderner-lehmbau.com/deutsch/editorial/lr_d18.htm.*

Sauer, M. (2015). *Martin Rauch, refined earth : construction & design with rammed earth* (L. B. Howe, Trans. M. S. Otto Kapfinger Ed.). Munique: Edition Detail.

Schreck, H. (2005). Da planta livre à liberdade da planta. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1 ed., pp. 162-165). Lisboa: Argumentum.

Sempach, S. (s.d.). Willkommen in Sempach. Acedido a 11 de Julho, 2017. Disponível em *http://www.sempach.ch/de/portrait/uebersichtportrait/*.

Silva, C. (2000). *Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua.* (Mestrado), Escola Nacional de Saúde Pública/ Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

Silveira, Â. d. C. (2005). A laterite como material de construção na Índia. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1 ed., pp. 80-85). Lisboa: Argumentum.

Silveira, C. d., & Gama, A. (s.d.). Arquitetura de Taipa. *Módulo, 70,* 74-77. Acedido a 20 de Maio, 2017. Disponível em *https://issuu.com/csaarquitetura/docs/arquitetura_de_taipa_pdf*

Solà-Morales, I. d. (1998). L'architettura di Gonçalo Byrne *Gonçalo Byrne: Opere e progetti* (pp. 19-27). Milano: Electa.

Távora, F. (1947). O Problema da Casa Portuguesa. In L. Trigueiros (Ed.), *Fernando Távora* (pp. 11-13). Lisboa: Blau.

Torgal, F., Eires, R., & Jalali, S. (2009). *Construção em terra.* TecMinho. Acedido a 18 de Janeiro, 2017. Disponível em *http://hdl.handle.net/1822/28940.*

Torres, C. (2005). A Memória da Terra. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1ª ed., pp. 12-13). Lisboa: Argumentum.

Vale, C. (2013/2014). Física das construções: Higrotérmica. *Construção 3, Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto*. [PowerPoint]

Vidal, A. R. (2013). *El Adobe: manual audiovisual de reforzamiento* (Educacional ed.). Santiago de Chile: Ediciones Culturas de Tierras.

Vitrúvio. (2006). *Tratado de Arquitectura* (M. J. Maciel, Trans.). Lisboa: IST Press.

Volhard, F. (2016). *Light Earth Building. A Handbook for Building with Wood an Earth*. Basileia: Birkhäuser Verlag.

Algumas legendas das imagens referenciadas no corpo de texto foram abreviadas de modo a facilitar a sua consulta no índice.

Índice de imagens

0. Nota prévia

(1) *Obra Baixo Impacto Arquitetura: Guilherme e Marina, Paulo Lopes, SC - Brasil, Janeiro de 2016.*
Arquivo da autora.

(2) *Interior obra Baixo Impacto Arquitetura: Guilherme e Marina, Paulo Lopes, SC Brasil, Janeiro de 2016.*
Arquivo da autora.

(3) *Pormenor de parede de adobe, obra Baixo Impacto Arquitetura: Guilherme e Marina, Paulo Lopes, SC Brasil, Janeiro de 2016.*
Arquivo da autora.

(4) *Obra Surtierra, Casa Bioclimática, Peñalolén, Santiago de Chile, Maio de 2016.*
Arquivo da autora.

(5) *Obra Surtierra: Casa própria do Arquiteto Patricio Arias, Peñalolén, Santiago de Chile, Maio de 2016.*
Arquivo da autora.

(6) *Produção de adobes, Florianópolis - Brasil, Outubro de 2016.*
Arquivo da autora.

(7) *Local de venda de terra, Florianópolis - Brasil, Outubro de 2016.*
Arquivo da autora.

(8) *Extração de terra em garagem de prédio, Florianópolis - Brasil, Outubro de 2016.*
Arquivo da autora.

(9-16) *Produção de adobes, Florianópolis - Brasil, 2016.*
Arquivo da autora.

(17) *Paredes em pau-a-pique: estrutura de suporte, Workshop Costa da Lagoa, Florianópolis - Brasil, 2016.*
Arquivo da autora.

(18) *Extração da terra no terreno da Casa, Workshop Costa da Lagoa, Florianópolis - Brasil, 2016.*
Arquivo da autora.

(19) *Teste de sedimentação da terra, Workshop Costa da Lagoa, Florianópolis - Brasil, 2016.*
Arquivo da autora.

(20) *Aplicação da mistura de terra e palha na estrutura de suporte, Workshop Costa da Lagoa, Florianópolis - Brasil, 2016.*
Arquivo da autora.

(21) *Parede de pau-a-pique com garrafas incorporadas na estrutura de suporte, Workshop Costa da Lagoa, Florianópolis - Brasil, 2016.*
Arquivo da autora.

(22) *Casa de pau-a-pique, fotografia de Elio Moreno Lima de um frame do filme Barravento de Glauber Rocha, Lauro de Freitas - Bahia, 1961.*
Acedido a 29 de Agosto, 2017. Disponível em *http://static.bcc.org.br/fotos/FB_1533_031.jpg.*

(23) *Construção de tijolo vazado na aldeia de Santo António, Bahia- Brasil, 2017.*
Arquivo da autora.

(24) *Pormenor de parede de terra na obra de Surtierra Arquitectura, Maio 2016.*
Arquivo da autora.

(25) *Construção de pau-a-pique em Itamaracá, Brasil.*
Acedido a 29 de Agosto, 2017. Disponível em *http://csaarquitetura.com.br/wp-content/uploads/2015/11/Itamaraca_048_2.jpg.*

1º Capítulo

(1) *Diagrama estabelecido pelo grupo CRAterre das diferentes famílias de técnicas construtivas em terra crua.*
Disponível em Dethier, J. (1993). *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (p. 48). Lisboa: Litografia Tejo.

(2) *Igreja de Bom Jesus, Goa.*
Fotografia cedida por Clara Pimenta do Vale.

(3) *Talhe de blocos de laterite, Salcete – Goa.*
Disponível em Silveira, Â. d. C. (2005). A laterite como material de construção na Índia. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1 ed., p. 80). Lisboa: Argumentum.

(4) *Habitat dos Índios locais dos Estados do Missouri e do Nebraska (EUA) construído com torrões de terra.*
Disponível em Houben, H., & Guillaud, H. (2006). *Traité de construction en Terre*. (p. 170). Marselha: Editions Parenthèses.

(5) *Adobes produzidos manualmente, não paralelepipédicos. Esquema da provável evolução de forma segundo o arqueólogo José Imbelloni.*
Disponível em Doat, P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S., & Vitoux, F. (1991). *Building with Earth* (p. 107). New Delhi, Índia: The Mud Village Society.

(6) *Ilustração das etapas durante a produção dos adobes e sua posterior aplicação.*
Desenhos de Pauline Sémon in Gauzin-Müller, D. (2015). Architecture en terre d'aujourd'hui. Les techniques de la terre crue. Acedido a 10 de Agosto, 2017. Disponível em *http://terra-award.org/livre/*.

(7) *Processo de fabrico de adobes com molde duplo.*
Arquivo da autora.

(8) *Molde duplo em madeira, revestido por chapas de aço inox para facilitar a desmoldagem.*
Arquivo da autora.

(9) *Abóbada "núbia" no Egipto do arquiteto Hassan Fathy.*
Disponível em Dethier, J. (1993). *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (p. 42). Lisboa: Litografia Tejo.

(10) *Friso egípcio com a ilustração das diversas fases de preparação e aparelhagem dos adobes.*
Disponível em Disponível em Dethier, J. (1982). *Arquiteturas de Terra ou o Futuro de uma Tradição Milenar*. (p. 64). Rio de Janeiro: Avenir Editora Limitada.

(11) *Método tradicional chileno para misturar a massa de terra, água e palha.*
Fotografia do atelier Surtierra, projeto de restauração da capela "La Vicuña", Quinta Região do Chile, 2016. Acedido a 2 de Setembro, 2017. Disponível em *https://www.facebook.com/surtierra.arquitectura/photos/pcb.648212935343779/648211868677219/?type=3&theater.*

(12) *Utilização de maquinaria para a mistura da massa de terra, água e esterco de cavalo.*
Arquivo da autora.

(13) *Fabrico industrializado de adobes, Novo México (E.U.A), 1980.*
Disponível em Dethier, J. (1993). *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (p. 46). Lisboa: Litografia Tejo.

(14) *Parede constituída por painéis preenchidos com adobes, projeto "Atelier (D)", Arquitetos Schauer + Volhard, Darmstadt - Alemanha, 1996.*
Disponível em Volhard, F. (2016). *Light Earth Building. A Handbook for Building with Wood an Earth*. (p. 254). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(15) *Ilustração das etapas durante a produção dos BTC e sua posterior aplicação.*
Desenhos de Pauline Sémon in Gauzin-Müller, D. (2015). Architecture en terre d'aujourd'hui. Les techniques de la terre crue. Acedido a 10 de Agosto, 2017. Disponível em *http://terra-award.org/livre/*.

(16) *Fábrica e produção de BTC, Carrapateira, Aljezur.*
Disponível em Quintino, G. (2005). Blocos de terra compactada (BTC). In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1ª ed., p. 55). Lisboa: Argumentum.

(17) *Ilustração da técnica de tabique.*
Disponível em Houben, H., & Guillaud, H. (2006). *Traité de construction en Terre*. (p. 187). Marselha: Editions Parenthèses.

(18) *Detalhe de parede em tabique do Open Air Museum em Szentendre, Hungria. Fotografia de Camilla Mileto.*
Disponível em *Terra Europae: Earthen architecture in the European Union*. (2011). (M. Correia, L. Dipasquale, & S. Mecca Eds., p.65). Pisa: Edizioni ETS.

(19) *Fachwerkhaus em tabique, Marburg, Alemanha.*
Disponível em Volhard, F. (2016). *Light Earth Building. A Handbook for Building with Wood an Earth*. (p. 14). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(20) *Tabique em paredes exteriores, Salzedas, Tarouca.*
Disponível em Araújo, G. (2005). Terra sobre engradado em Portugal. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1 ed., p. 61). Lisboa: Argumentum.

(21) *Construção da casa de Dona Maria, Maceió - AL - Brasil.*
Fotografia de Elio Grossman. Disponível em Baldessarini, S. (s.d.). Fazendo a Casa. In J. Dethier (Ed.), *Arquitetura de Terra ou o Futuro de uma Tradição milenar* (p. 202). Rio de Janeiro: Avenir Editora Limitada.

(22) *Casa rural em Cáceres, MT - Brasil. Fotografia de Del Brenna, 1983*
Ibidem.

(23) *Painéis metálicos produzidos propositadamente para receber a massa de terra e palha. Casa Bioclimática, Surtierra Arquitectura, Peñalolén, visitada em obra em Maio de 2016.*
Arquivo da autora.

(24) *Detalhe da soldagem dos painéis de malha metálica com a estrutura metálica. Casa Bioclimática, Surtierra Arquitectura, Peñalolén, visitada em obra em Maio de 2016.*
Arquivo da autora.

(25) *Ilustração do processo construtivo da Casa Munita Gonzalez, Arias Arquitectos + Surtierra Arquitectura, 2011.*
Desenhos de Pauline Sémon in Gauzin-Müller, D. (2015). Architecture en terre d'aujourd'hui. Les techniques de la terre crue. Acedido a 10 de Agosto, 2017. Disponível em *http://terra-award.org/livre/*.

(26) *Detalhe do painel metálico colocado no sistema construtivo da parede. Casa do Arquiteto Patricio Arias, Surtierra Arquitectura, Peñalolén, visitada em obra em Maio de 2016.*
Arquivo da autora.

(27) *Projeto "Cajueiro Seco" de Acácio Gil Borsói, Pernambuco – Brasil, 1963/64.*
Disponível em Souza, D. (2008). *RECONSTRUINDO CAJUEIRO SECO: Arquitetura, política social e cultura popular em Pernambuco (1960-64).* (Mestre em arquitetura e urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo. Acedido a 2 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16133/tde-02082010-115837/pt-br.php*.

(28) *Casa privada em Darmstadt (D), arquitetos Schauer + Volhard, 2012.*
Disponível em Volhard, F. (2016). *Light Earth Building. A Handbook for Building with Wood an Earth*. (p. 293). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(29) *Detalhe do sistema de tabique da casa privada em Darmstadt (D), arquitetos Schauer + Volhard, 2012.*
Ibidem.

(30) *Compressão manual da terra palha.*
Idem, p. 97.

(31) *Construção em fusée, Alemanha, aprox. 1922.*
Idem, p. 102.

(32) *Esquema construtivo da técnica de fusée.*
Idem, p. 103.

(33) *Diferentes modos de enrolar a palha na vara de madeira na técnica de fusée.*
Ibidem.

(34) *Ilustração do CRAterre para a técnica de bouteille de paille.*
Disponível em Houben, H., & Guillaud, H. (2006). *Traité de construction en Terre*. (p. 186) Marselha: Editions Parenthèses.

(35) *Casa subterrâneas em Matmata, Tunísia.*
Acedido a 7 de Setembro, 2017. Disponível em *https://d3n5tkprdfxpgx.cloudfront.net/wp-content/uploads/2017/01/18043514/Matmata-Underground-Home-with-Mountain-View-From-Above-1200x800.jpg, Acedido a 01-09-2017*.

(36) *The Great Wall of WA, Arquiteto Luigi Rosselli, Austrália.*
Acedido a 7 de Setembro, 2017. Disponível em *http://luigirosselli.com/wp-content/uploads/2015/06/Luigi-Rosselli-Architects-The-Great-Wall-of-WA-0021-800x622.jpg.*

(37) *A sensualidade do ato de construir com terra.*
Fotografia de Christian Montry, 1976. Disponível em Dethier, J. (1982). *Arquiteturas de Terra ou o Futuro de uma Tradição Milenar*. (p. 107) Rio de Janeiro: Avenir Editora Limitada.

(38) *Elementos de terra na base das paredes da mesquita de San, no Mali.*
Disponível em Dethier, J. (1993). *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (p. 127). Lisboa: Litografia Tejo.

(39) *Habitação rural da etnia Mousgoum, nos Camarões, edificada por modelagem direta da terra crua.*
Disponível em Guillaud, H. (1993). Construir em Terra Crua: Técnicas Antigas e modernas (H. Cardoso, Trans.). In J. d. A. Perdigão, F. C. Gulbelkian, & C. d. A. Moderna (Eds.), *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (p. 40). Lisboa: Litografia Tejo.

(40) *Casa nobre edificada através da técnica da terra empilhada, Iémene do Norte.*
Disponível em Dethier, J. (1993). *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (p. 82). Lisboa: Litografia Tejo.

(41) *Ilustração das etapas necessárias para executar a técnica da terra empilhada.*
Desenhos de Pauline Sémon in Gauzin-Müller, D. (2015). Architecture en terre d'aujourd'hui. Les techniques de la terre crue. Acedido a 10 de Agosto, 2017. Disponível *em http://terra-award.org/livre/*.

(42) *Cofragem metálica executada pela empresa brasileira "Taipal".*
Acedido a 2 de Setembro, 2017. Disponível em *http://taipal.com.br*.

(43) *Construção em taipa tradicional alentejana.*
Disponível em AAP. (1988). *Arquitectura Popular em Portugal* (2ª ed. Vol. 3º, p. 35). Lisboa.

(44) *Ilustração do princípio construtivo da taipa.*
Desenhos de Pauline Sémon in Gauzin-Müller, D. (2015). Architecture en terre d'aujourd'hui. Les techniques de la terre crue. Acedido a 10 de Agosto, 2017. Disponível em *http://terra-award.org/livre/*.

(45) *Casas rurais em taipa construídas durante os anos 70 no vale do Dades, nos Ait Oudinar, Marrocos.*
Disponível em Dethier, J. (1993). *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (p. 97). Lisboa: Litografia Tejo.

(46) *Bairro operário edificado em taipa segundo os princípios de François Cointeraux, centro de Saint-Siméon-de-Bressieux, Isère, França.*
Idem, p. 166.

(47) *Paredes em taipa para uma casa na Califórnia com o arquiteto, engenheiro e construtor David Easton* (...).
Idem, p. 47.

(48) *Compactação com pilão pneumático em cofragem metálica, executada pela empresa brasileira "Taipal".*
Acedido a 2 de Setembro, 2017. Disponível em *http://taipal.com.br.*

(49)*Dispersores antissísmicos na Casa Entre Muros, Arquitectos al bordE, David Barragán e Pascual Gangotena, Ecuador, 2008.*
Disponível em Lafuente, L. P. B., Villalobos, L. Á., & Castelblanco, F. I. (2014). *Terra. Desde la tradición a la innovación tecnológica en sistemas constructivos a base de tierra cruda*. (p. 89) Valparaíso, Chile: Editorial USM.

(50) *Processo de eliminação das juntas entre os blocos de taipa pré-fabricados através da aplicação de argamassa de terra. Parede do Ricola Kräuterzentrum, Herzog & De Meuron, 2012.*
Disponível em Sauer, M. (2015). *Martin Rauch, refined earth : construction & design with rammed earth* (L. B. Howe, Trans. M. S. Otto Kapfinger Ed., p. 79). Munique: Edition Detail.

(51) *Processo de montagem em obra dos painéis de taipa pré-fabricados. Ricola Kräuterzentrum, Herzog & De Meuron, 2012.*
Acedido a 2 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=87*.

(52) *Máquina desenvolvida pela empresa "Lehm Ton Erde"* (...).
Disponível em Sauer, M. (2015). *Martin Rauch, refined earth : construction & design with rammed earth* (L. B. Howe, Trans. M. S. Otto Kapfinger Ed., p. 119). Munique: Edition Detail.

(53) *Elementos de taipa pré-fabricados com camada de isolamento incorporada, destinados para o Edifício Alnatura na Alemanha (em construção).*
Acedido a 2 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=97*.

(54) Ricola Kräuterzentrum, Herzog & De Meuron, 2012
Acedido a 4 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=87*.

(55) *Parede executada pelos Caracol Architectures através da cofragem de terra plástica.*
Acedido a 1 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.caracol-architectures.com/materiaux/*.

(56) *Enchimento de uma cofragem com terra plástica.*
Fotografia de Mathieu Neuville. Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (p. 59). Meyrié: CRAterre éditions.

(57) *Migrações das técnicas construtivas em terra crua. Mapa estabelecido pelo CRAterre.*
Disponível em Houben, H., & Guillaud, H. (2006). *Traité de construction en Terre*. (p. 18; 24). Marselha: Editions Parenthèses.

(58) *Ninho de térmitas, África.*
Acedido a 5 de Setembro, 2017. Disponível em *https://chrisndale.files.wordpress.com/2014/12/141216_termitemound.jpg*.

(59) *Ninho do João-de-barro, Brasil.*
Arquivo da autora.

(60) *Arco de Ctesifonte, Iraque. Fotografia de 1932.*
Acedido a 3 de Setembro, 2017. Disponível em *https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2281009*.

(61) *Mastaba em Sacará*.
Acedido a 4 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.saqqara.nl/img/_500/Djoser_pyramide.jpg*.

(62) *Tulou na província de Fujian (Sudoeste da China).*
Acedido a 1 de Setembro, 2017. Disponível em *http://whc.unesco.org/uploads/thumbs/site_0322_0013-750-0-20131008145904.jpg*.

(63) *Ruínas do Vihara Budista em Paharpur, Bangladesh.*
Acedido a 1 de Setembro, 2017. Disponível em *http://news.nationalgeographic.com/content/dam/news/photos/000/874/87412.adapt.1190.1.jpg.*

(64) *Edifícios de adobe de 5 andares, Sanaa, Iémen do Norte.*
Disponível em Dethier, J. (1993). *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (p. 45). Lisboa: Litografia Tejo.

(65) *A cidade antiga de Shibam.*
Idem, p. 81.

(66) *Parte central da mesquita de Djenée, no Mali (reconstruída por volta de 1905). Fotografia de 1979.*
Idem, p. 118.

(67) *Vista aérea do centro de um Ksar (aldeia fortificada), Vale do Draa, Marrocos. Fotografia de 1969.*
Idem, p. 104.

(68) Átrio de cerimónias no palácio de *Dansa, Nigéria.*
Idem, p. 113.

(69) *Porta de acesso à cidade nova de Timimoun, edificada por volta de 1930, Saara, Argélia.*
Idem, p. 101.

(70) *Mapa do património em terra na União Europeia.*
Disponível em *Terra Europae: Earthen architecture in the European Union*. (2011). (M. Correia, L. Dipasquale, & S. Mecca Eds., p.203). Pisa: Edizioni ETS.

(71) *Casa rural construída no princípio do século XX, Isère, França.*
Disponível em Dethier, J. (1993). *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (pp. 152-153). Lisboa: Litografia Tejo.

(72) *Edifício urbano, Lyon, França. Fotografia de 1981.*
Fotografia de Anne-Sophie Clémençon. Acedido a 6 de Setembro, 2017. Disponível em *https://phototheque.bibliotheque-diderot.fr/app/photopro.sk/ens/?#sessionhistory-d5N5gUQD.*

(73) *Alhambra, Granada, Espanha.*
Fotografia cedida por Ana Pinheiro, 2016.

(74) *Projeto de casa burguesa e de casa operária em taipa, estruturalmente idênticas.*
Acedido a 6 de Setembro, 2017. Disponível em Bibliothèque nationale de France: *http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k484700.*

(75) Página do manual de David *Gilly* (...).
http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/gilly1820bd1_2/0002

(76) *Esquissos de Le Corbusier dos projetos publicados em "Le Murondins", 1941.*
Disponível em Dethier, J. (1993). *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (p. 162). Lisboa: Litografia Tejo.

(77) *Heubergsiedlung, Adolf Loos + Hugo Mayer, 1921-24.*
Acedido a 5 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.zeininger.at/inhalt/vortrag/nachhalt.html.*

(78) *Urbanização de auto-construção em taipa, edificada sob direção de Otto Bartning, Neckarsteinbach, Alemanha, 1946.*
Disponível em Volhard, F. (2016). *Light Earth Building. A Handbook for Building with Wood an Earth*. (p. 25). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(79) *Uma geração com novos valores. Festival de Woodstock, Bethel, Estados Unidos, 1969.*
Acedido a 5 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.woodstock.com.*

(80) *Taos, Novo México, Estados Unidos.*
Acedido a 5 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.nationalgeographic.com/content/dam/adventure/photos/000/252/25206.ngsversion.1476997469766.adapt.1900.1.jpg*.

(81) *Huaca del Sol, Peru.*
Fotografia de Martin St-Amant. Acedido a 6 de Setembro, 2017. Disponível em *https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2881461.*

(82) *Ruínas da Igreja de Santo António - adobe (século XIII), antiga Vila Bela, MT, Brasil.*
Fotografia de Com. Rondon. Disponível em Brenna, G. R. D. (1984). Para arquitetos e não. In J. Dethier (Ed.), *Arquitetura de Terra ou o Futuro de uma Tradição milenar* (p. 197). Rio de Janeiro: Avenir Editora Limitada.

(83) *Igreja de N.S. de Abadia - taipa (século XIII), Góias Velho, GO, Brasil.*
Fotografia de Francesco del Brenna, 1981. *Idem.*

(84) *Sistema construtivo previsto para o projeto de Camurupim, Sergipe- Brasil, esquisso de Lina Bo Bardi, 1975.*
Acedido a 5 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.institutobardi.com.br/ficha_desenho.asp?Desenho_Codigo=1306*.

(85) *Alçado frontal de uma casa do projeto de Camurupim, Sergipe - Brasil, esquisso de Lina Bo Bardi, 1975.*
Acedido a 5 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.institutobardi.com.br/ficha_desenho.asp?Desenho_Codigo=1304*.

(86) *Detalhe dos módulos de painéis pré-fabricados de pau-a-pique previstos para o projeto de Camurupim, Sergipe- Brasil, esquisso de Lina Bo Bardi, 1975.*
Acedido a 5 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.institutobardi.com.br/ficha_desenho.asp?Desenho_Codigo=1306*.

(87) *Modulação prevista para as casas de Cajueiro Seco. Alçados frontais e laterais.*
Disponível em Souza, D. (2008). *RECONSTRUINDO CAJUEIRO SECO: Arquitetura, política social e cultura popular em Pernambuco (1960-64).* (Mestre em arquitetura e urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo. Acedido a 2 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16133/tde-02082010-115837/pt-br.php*.

(88 - 90) *Montagem em obra dos painéis de madeira pré-fabricados, destinados a serem preenchidos com barro.*
Ibidem.

(92) *Esquema de montagem da casa do projeto de Cajueiro Seco.*
Ibidem.

(93) *Detalhe construtivo de uma casa em barro armado do ante- projeto de Lucio Costa para a Vila de Monlevade, Sabará, MG, 1936.*
Disponível em Dethier, J. (1982). *Arquiteturas de Terra ou o Futuro de uma Tradição Milenar*. (p.205) Rio de Janeiro: Avenir Editora Limitada.

(94) *Vila operária de Monlevade, Sabará, MG, 1936. Esquisso de Lucio Costa.*
Disponível em Herbert, J.-L., & Lapouge-Pettorelli, M. (2001). *Lucio Costa : XXe siècle brésilien : Témoin et acteur*. (p. 76). Saint-Étienne: PU Saint-Etienne.

(95) *Pottery House, Texas, Estados Unidos. Esquisso de Frank Lyod Wrigh, 1942.*
Disponível em Dethier, J. (1993). *Arquitecturas de Terra ou o futuro de uma tradição milenar. Terceiro Mundo. Estados Unidos.* (p. 208). Lisboa: Litografia Tejo.

(96) *Tucson Mountain House, Arizona, Estados Unidos, Rick Joy Architects, 2001.*
Acedido a 7 de Setembro, 2017. Disponível em *http://s3.amazonaws.com/architectslist-photos/images/16555/medium/6836_hs200105062.jpg?1357238083*.

(97) *Sun Valley House, Arizona- Estados Unidos, Rick Joy Architects, 2014.*
Acedido a 7 de Setembro, 2017. Disponível em *http://ideasgn.com/architecture/sun-valley-house-rick-joy-architects/attachment/sun-valley-house-by-rick-joy-architects-3/*.

(98) *Periwinkle House, Arquiteto Alistair Knox, Eltham – Austália, 1948.*
Acedido a 7 de Setembro, 2017. Disponível em *http://alistairknox.org/images/early_houses/periwinkle/above.jpg*.

(99) *O Arquiteto Alistair Knox e carpinteiros na construção da primeira casa de adobe, 1947.* Acedido a 7 de Setembro, 2017. Disponível em *http://alistairknox.org/images/early_houses/english/english_house001.jpg*.

(100) *Farm House, Fergus Scott Architects executado pela construtora Join Constructions, New South Wales - Austrália.*
Acedido a 7 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.fergusscottarchitects.com.au/the-farm.html*.

(101) *Detalhe da parede da Farm House, Fergus Scott Architects*.
Acedido a 7 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.fergusscottarchitects.com.au/the-farm.html.*

(102) *Cartaz publicitário para um Workshop de construção de abóbadas de adobe realizado pelo Tibá do Rio de Janeiro, Brasil.*
Acedido a 7 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.tibario.com/cursos/*.

(103) *Cartaz publicitário para o Programa de Aprendiz (4 semanas) oferecido pelo Tibá do Rio de Janeiro, Brasil.*
Acedido a 7 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.tibario.com/programa-de-aprendiz/*.

(104) *Houben, H., & Guillaud, H. (2006). Traité de construction en Terre. (Tratado de Construção em Terra).*
Arquivo da autora.

2º Capítulo

(1) *Diversidades de terra.*
Acedido a 8 de Setembro, 2017. Disponível em *http://terra-award.org.*

(2) *Os horizontes do solo*.
Disponível em Doat, P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S., & Vitoux, F. (1991). *Building with Earth* (A. Puri, Trans.). (p. 165). New Delhi, Índia: The Mud Village Society.

(3) *Curva granulométrica de uma terra de Brézins (França) com fotografias dos componentes separados, CRAterre-ENSAG.*
Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (p. 23). Meyrié: CRAterre éditions.

(4) *Comparação entre as dimensões dos grãos constituintes da terra (segundo Piltinsgrud).*
Disponível em Volhard, F. (2016). *Light Earth Building. A Handbook for Building with Wood an Earth*. (p. 42). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(5) *Três tipos de terra distintos e sua composição. Origens (de cima para baixo): Brézins, Royans, Carrières du Bollounais (França).*
(Composição da autora). Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (pp. 21, 23, 25, 27). Meyrié: CRAterre éditions.

(6) *Ponte argilosa que liga dois grãos de areia.*
Idem, p. 39.

(7) *Três modos de associação diferentes das plaquetas de argila em função do pH.*
Arquivo da autora (desenho adaptado de Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2013). *Béton d'Argile Environnemental (B.A.E.) - Rapport Final.* (p. 174) Acedido a 25 de Novembro, 2016 em *http://craterre.org/data/download/c2d2_beton_argile_environnemental_final.pdf).*

(8) *Argilas agregadas em "castelos de cartas" formam agregados que captam a água.*
Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (p. 62). Meyrié: CRAterre éditions.

(9) *Argilas dispersas: a água contida na terra fica disponível, o que traz um efeito fluidificador.*
Ibidem.

(10) *Diferenças apresentadas entre uma argila caulinia e uma esmectita no que respeita a retração.*
Disponível em Anger, R. (2011). *Approche granulaire et colloïdale du matériau terre pour la construction.* (p.121). INSA Lyon.
(11) *Diferenças apresentadas entre uma argila caulinita (à direita) e uma argila esmectita* (à esquerda) no que respeita a *viscocidade com o mesmo rácio sólido-líquido.*
Ibidem.

(12) *Diferenças apresentadas entre uma argila caulinita (à direita) e uma argila esmectita* (à esquerda) no que respeita a expansão dentro de água.
Ibidem.

(13) *Resultados de retração em blocos de solo argiloso* (...).
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3 ed., 25). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(14) *Cordão.*
Arquivo da autora. (Desenho baseado em Neves, C., Faria, O., Rotondaro, R., Salas, P. C., & Hoffmann, M. (2009). *Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra: práticas de campo* PROTERRA (Ed.) Acedido a 5 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.redproterra.org/*)

(15) *Exsudação.*
Ibidem.

(16) *Resistência seca.*
Ibidem.

(17) *Cinta.*
Disponível em Ruivo, A. (2015). *Construção com Terra Crua. A terra como material de construção.* (p.43).

(18) *Golpe.*
Arquivo da autora. (Desenho baseado em Neves, C., Faria, O., Rotondaro, R., Salas, P. C., & Hoffmann, M. (2009). *Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra: práticas de campo* PROTERRA (Ed.) Acedido a 5 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.redproterra.org/*)

(19) *Retração linear.*
Disponível em Ruivo, A. (2015). *Construção com Terra Crua. A terra como material de construção.* (p.45).

(20) *Queda da bola.*
Disponível em Ruivo, A. (2015). *Construção com Terra Crua. A terra como material de construção.* (p.44).

(21) *Contraposição da durabilidade prevista e a durabilidade real dos materiais.*
Disponível em Houben, H., & Guillaud, H. (2006). *Traité de construction en Terre*. (p. 147) Marselha: Editions Parenthèses. Editado graficamente pela autora.

(22) *Comparação entre a densidade aparente característica de cada técnica de construção com terra e outros materiais construtivos.*
Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (p. 14). Meyrié: CRAterre éditions. Editado graficamente pela autora.

(23) *Comparação da resistência à compressão apresentada por paredes de materiais construtivos convencionais e paredes de terra realizadas com taipa, adobe e terra palha.*
Idem, p. 15. Editado graficamente pela autora.

(24) *A importância da água na coesão dos grãos de areia: à esquerda, misturou-se água com areia para formar o castelo; à direita apenas se utilizaram os grãos de areia secos.*
Arquivo da autora.

(25) *Evolução da resistência à compressão de uma parede de taipa ao longo do seu processo de secagem.*
Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (p. 36). Meyrié: CRAterre éditions. Editado graficamente pela autora.

(26) *Exemplares de rebocos de 5cm de terra arenosa (em cima) e de terra argilosa (em baixo) antes e depois da exposição às intempéries durante 3 anos.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3 ed., p. 28). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(27) *Esquema de águas capturadas numa parede de taipa por efeitos de capilaridade.* oArquivo da autora.

(28) *A influência do conteúdo de água na terra em respeito à sua resistência à compressão.*
Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (p. 39). Meyrié: CRAterre éditions. Editado graficamente pela autora.
(29) Estados de plasticidade do solo. Representação esquemática, a escala microscópica, do arranjo dos constituintes da terra em cada um dos seus estados.
Disponível em Houben, H., & Guillaud, H. (2006). *Traité de construction en Terre*. (p. 32). Marselha: Editions Parenthèses.

(30) *Variação dos limites de consistência em função de diferentes tipos de terra. Transições de estados determinados através dos ensaios de Atterberg.*
Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (p. 31). Meyrié: CRAterre éditions. Editado graficamente pela autora.

(31) *Aparelho "Casagrande", utilizado nos ensaios de Atterberg.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3 ed., p. 25). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(32) *Efeito de um dispersante orgânico: o mesmo tipo de terra, com o mesmo conteúdo de água, sem e com dispersante respetivamente.*
Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (p. 63). Meyrié: CRAterre éditions.

(33) *Efeito de um dispersante na resposta à compressão e densidade da terra. A adição do dispersante aumentou a resistência à compressão e a densidade das duas terras.*
Idem, p. 66. Editado graficamente pela autora.

(34) *Efeito do dispersante numa gota de argila (caulinita) a uma escala microscópica.*
Idem, p. 67.

(35) *Resistência mecânica de amostras de terra do Alentejo aos 21 dias para diferentes processos de estabilização.*
Disponível em Torgal, F. P., Eires, R. M. G., & Jalali, S. (2009). *Construção em terra.* (p. 82). TecMinho. Acedido em 18 de Janeiro, 2017. Disponível em *http://hdl.handle.net/1822/28940.*
Editado graficamente pela autora.

(36) *Alterações da resistência à compresão de terra com a adição de cimento.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3 ed., p. 46). Basileia: Birkhäuser Verlag. Editado graficamente pela autora.
(37) *Altercações à resistência à compressão de terra com a adição de cal.*
Idem, p. 47. Editado graficamente pela autora.

(38) *Espessura necessária dos materiais de construção para atingirem um valor de amortecimento térmico equivalente* (...).
Disponível em Volhard, F. (2016). *Light Earth Building. A Handbook for Building with Wood an Earth*. (p. 207). Basileia: Birkhäuser Verlag.
Editado graficamente pela autora.

(39) *Valores da condutividade térmica para a terra em função da sua densidade.*
Idem, p. 200. Editado graficamente pela autora.

(40) *Variação da condutividade térmica de 2 tipos de terra em função do seu conteúdo de água.*
Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (p. 16). Meyrié: CRAterre éditions. Editado graficamente pela autora.

(41) *Condutividade térmica de diferentes materiais construtivos.*
Idem, p. 43. Editado graficamente pela autora.

(42) *Condutividade e resistência térmica da terra em função da sua densidade volúmica.*
Disponível em Volhard, F. (2016). *Light Earth Building. A Handbook for Building with Wood an Earth*. (p. 202). Basileia: Birkhäuser Verlag. Editado graficamente pela autora.

(43) *Uma edificação com uma elevada inércia térmica permite amortecer as variações de temperatura no interior e desfazer os picos de calor e de frio.*
Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (p. 40). Meyrié: CRAterre éditions.
Editado graficamente pela autora.

(44) *Ilustração esquemática do fenómeno de inércia térmica.*
Arquivo da autora.

(45) *Efeito bloqueador do isolamento térmico e ilustração da anulação das vantagens da inércia térmica.*
Arquivo da autora.

(46) *Capacidade térmica da terra comparada a outros materiais construtivos*.
Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2016). *Béton d´Argile Environnemental: Résultats d´un programme de recherche tourné vers l'application*. (p. 17). Meyrié: CRAterre éditions. Editado graficamente pela autora.

(47) *Transferência de calor dentro da terra crua.*
Idem, p. 42. Editado graficamente pela autora.

(48) *Representação esquemática da rede porosa de um material higroscópico.*
Idem, p. 34.

(49) *Gráfico de conforto interior relacionado com a humidade relativa e a temperatura do ar.*
Adaptado de Leudsen/Freymark – 1951. Disponível em Eckermann, W., & Ziegert, C. (2007). Auswirkungen von Lehmbaustoffen auf das Raumklima. In H.Venzmer (Ed.), *Europäischer Sanierungskalender 2008*. (p. 1). Berlim: Beuth Verlag. Editado graficamente pela autora.

(50) *Diagrama ilustratório da influência da espessura do reboco de terra na absorção de vapor de água após um aumento da humidade relativa do ar dos 50 para os 80%.*
Disponível em Eckermann, W., & Ziegert, C. (2007). Auswirkungen von Lehmbaustoffen auf das Raumklima. In H.Venzmer (Ed.), *Europäischer Sanierungskalender 2008*. (p. 8). Berlim: Beuth Verlag. Editado graficamente pela autora.

(51) *Representação gráfica da absorção de humidade de rebocos de terra (em cima) e convencionais (em baixo).*
Idem, p. 3. Editado graficamente pela autora.

(52) *Absorção de humidade medido 1 hora após um aumento súbito de humidade (dos 50 para os 80%).*
Disponível em Volhard, F. (2016). *Light Earth Building. A Handbook for Building with Wood an Earth*. (p. 213). Basileia: Birkhäuser Verlag. Editado graficamente pela autora.

(53) *Diagrama ilustrativo das reações distintas de diferentes tipos de reboco na capacidade de absorção numa situação de subida súbita da humidade relativa do ar dos 50 para os 80% (a uma temperatura constant*e).
Disponível em Eckermann, W., & Ziegert, C. (2007). Auswirkungen von Lehmbaustoffen auf das Raumklima. In H.Venzmer (Ed.), *Europäischer Sanierungskalender 2008*. (p. 6). Berlim: Beuth Verlag. Editado graficamente pela autora.

(54) *Comparação da absorção de humidade média de uma sele*ção de rebocos de terra com a de rebocos convencionais (gesso, cal-gesso, cal-cimento).
Idem, p. 5.
Editado graficamente pela autora.

(55) *Curvas de absorção de humidade medidas em ambos os lados de paredes de 11,5 cm não rebocadas após uma subida súbita da humidade relativa do ar (50 para os 80%).*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3 ed., p. 17). Basileia: Birkhäuser Verlag.
Editado graficamente pela autora.

(56) *Comparação entre a percentagem de redução de radiação electromagnética oferecida pelos materiais construtivos.*
Idem, p. 35. Editado graficamente pela autora.

(57) *Estudos realizados de 1752 até 2008 sobre o efeito dos iões presentes no ar.*
Disponível em Eckert, D. J., Amstutz, S., Külpmann, P. D.-I. R. d., Hildebrand, P. K., & Schwehr, P. D. P. (2013). Ionisierte Luft im Innenraum. (pp. 24-25). Acedido a 5 de Setembro, 2017. Disponível em *https://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/search/ - ?q=ion.*

(58) *Relação da densidade volúmica do material terra com o valor de R´w* (Índice de redução sonora).
Disponível em Volhard, F. (2016). *Light Earth Building. A Handbook for Building with Wood an Earth*. (p. 228). Basileia: Birkhäuser Verlag. Editado graficamente pela autora.

(59) *Síntese das propriedades principais da terra enquanto material de construção.*
Disponível em Moevus-Dorvaux, M., Couvreur, L., Cloquet, B., Fontaine, L., Anger, R., & Doat, P. (2013). *Béton d'Argile Environnemental (B.A.E.) - Rapport Final*. (p. 863). Acedido a 5 de Setembro, 2017. Disponível em *http://craterre.org/data/download/c2d2_beton_argile_environnemental_final.pdf.*
Editado graficamente pela autora.

3º Capítulo

(1) *Casa em Taipa, Alentejo, 2006, Portugal, Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.betaoetaipa.pt/en/obras_detail.php?obra=habitacao_em_beja.*

(2) *Casa em Taipa, Alentejo, Portugal, 2006, Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://lernpunktlehm.de/wp3/wp-content/uploads/2009/04/Catarina-Pereira_lehmbautag-2015.pdf.*

(3) *Casa em Taipa, Alentejo, Portugal, 2006, Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.betaoetaipa.pt/en/obras_detail.php?obra=habitacao_em_beja.*

(4) *Casa em Taipa, Alentejo, Portugal, 2006, Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://lernpunktlehm.de/wp3/wp-content/uploads/2009/04/Catarina-Pereira_lehmbautag-2015.pdf.*

(5) *Casa em Taipa, Alentejo, Portugal, 2006, Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://c7.quickcachr.fotos.sapo.pt/i/b9105a647/7309827_s7IDI.jpeg*.

(6) *Casa em Taipa, Alentejo, Portugal, 2006, Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral.*
Disponível em *Terra Europae: Earthen architecture in the European Union*. (2011). (M. Correia, L. Dipasquale, & S. Mecca Eds.). Pisa: Edizioni ETS.

(7) *Planta do piso térreo Casa em Taipa.*
Disponível em *Bartolomeu Costa Cabral: 18 obras*. (2016). (P. Providência & P. Baía Eds.). (p. 43). Porto: Circo de Ideias.
Editado graficamente pela autora.

(8) *A paisagem do lugar, Alentejo.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://8.fotos.web.sapo.io/i/03105b80c/7309789_F8hKz.jpeg.*

(9) *Vista a partir da Casa em Taipa.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.betaoetaipa.pt/en/obras_detail.php?obra=habitacao_em_beja.*

(10) *Localização da Casa em Taipa no Mundo.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=world&i=746546.* Editado graficamente pela autora.

(11) *Localização da Casa em Taipa em Portugal.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=portugal&i=1084971.* Editado graficamente pela autora.

(12) *Bloco das Água Livres, Lisboa, 1953-1956, Arquitetos Bartolomeu Costa Cabral & Nuno Teotónio Pereira.*
Fotografia in "Arquitectura", nº 65, Junho 1959. Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.patrimoniocultural.gov.pt/pt/patrimonio/patrimonio-imovel/pesquisa-do-patrimonio/classificado-ou-em-vias-de-classificacao/geral/view/328059.*

(13) *Prédio unifamiliar na Travessa da Oliveira à Estrela, Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral, Lisboa, 2003/2005.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://fotos.sapo.pt/SHRyQtJ6e3qmsYAdkPhQ/500x500.*

(14) *O rigor geométrico da Casa em Taipa.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://c2.quickcachr.fotos.sapo.pt/i/b6905f1b9/7309795_57sGH.jpeg.*

(15) *A obra na paisagem.*
Disponível em *Bartolomeu Costa Cabral: 18 obras*. (2016). (P. Providência & P. Baía Eds.).(p. 38). Porto: Circo de Ideias.

(16) *Vista exterior do projeto para o Museu de Fotografia e Artes Visuais do Marraquexe, David Chipperfield Arquitetos.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *https://static.dezeen.com/uploads/2013/09/dezeen_Marrakech-Museum-for-Photography-and-Visual-Art-by-David-Chipperfield-Architects_6sq1.jpg.*

(17) *Vista interior do projeto para o Museu de Fotografia e Artes Visuais do Marraquexe, David Chipperfield Arquitetos.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *https://static.dezeen.com/uploads/2013/09/dezeen_Marrakech-Museum-for-Photography-and-Visual-Art-by-David-Chipperfield-Architects_4.jpg.*

(18) *Habitação de Pedro Morais, Alentejo, Portugal, 2002, Arquiteta Teresa Beirão.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://lernpunktlehm.de/wp3/wp-content/uploads/2009/04/Catarina-Pereira_lehmbautag-2015.pdf.*

(19) *Habitação Caeiro Velho, Alentejo, Portugal, 2011, Arquiteto Alexandre Bastos.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://lernpunktlehm.de/wp3/wp-content/uploads/2009/04/Catarina-Pereira_lehmbautag-2015.pdf.*
(20) *Habitação em Choça, Alentejo, Portugal, Arquiteto Henrique Schreck.*
Disponível em Schreck, H. (2005). Da planta livre à liberdade da planta. In M. Fernandes & M. Coreia (Eds.), *Arquitectura de terra em Portugal* (1ª ed., p. 165). Lisboa: Argumentum.

(21) *Casa em Mértola, Alentejo. Fotografia do Inquérito à Arquitetura Popular em Portugal (1961).*
Disponível em AAP. (1988 [1961]). *Arquitectura Popular em Portugal* (2ª ed. Vol. 3º, p. 173). Lisboa.

(22) *Casa em Pero Guarda, Alentejo. Fotografia do Inquérito à Arquitetura Popular em Portugal (1961).*
Disponível em AAP. (1988 [1961]). *Arquitectura Popular em Portugal* (2ª ed. Vol. 3º, p. 33). Lisboa.

(23) *Protótipo do betão pigmentado para a Porta da Alhambra (Seciltek Alhambra, elaborado pela Secil).*
Fotografia da autora da Exposição "Álvaro Siza Vieira: Visões da Alhambra, comissariada pelo arquiteto António Choupina e presente no Museu da Fundação de Serralves de 8 de Março, 2017 a 28 de Maio, 2017.

(24) *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte, Sempach, Suíça, 2015, Arquitetos :mlzd.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.mlzd.ch/media/filer/2015/mlzd_vos_besuchszentrum_schweizer_vogelwarte_aussen5.jpg.*

(25) *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte, Sempach, Suíça, 2015, Arquitetos :mlzd.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.mlzd.ch/media/filer/2015/mlzd_vos_besuchszentrum_schweizer_vogelwarte_detail.jpg.*

(26) *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte, Sempach, Suíça, 2015, Arquitetos :mlzd.*
Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.mlzd.ch/media/filer/2015/mlzd_vos_besuchszentrum_schweizer_vogelwarte_aussen2.jpg.*

(27) *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte, Sempach, Suíça, 2015, Arquitetos :mlzd.* Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.mlzd.ch/media/filer/2015/mlzd_vos_besuchszentrum_schweizer_vogelwarte_innen1.jpg.*

(28) *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte, Sempach, Suíça, 2015, Arquitetos :mlzd.* Acedido a 10 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.mlzd.ch/media/filer/2015/mlzd_vos_besuchszentrum_schweizer_vogelwarte_aussen6.jpg.*

(29) *Planta de implantação do Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte. Material cedido pelo Arquiteto Andreas Frank (:mlzd).*

(30) *Corte longitudinal do Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte.* Disponível em *Besucherzentrum Schweizerische Vogelwarte in Sempach*. (2015). (p. 1256) *DETAIL, 12*. Material cedido pelo Arquiteto Andreas Frank (:mlzd).

(31) *Planta piso térreo.* Disponível em *Besucherzentrum Schweizerische Vogelwarte in Sempach*. (2015). (p. 1256) *DETAIL, 12*. Material cedido pelo Arquiteto Andreas Frank (:mlzd).

(32) *Montagem em obra dos elementos pré-fabricados de taipa.* Disponível em *Besucherzentrum Schweizerische Vogelwarte in Sempach*. (2015). (p. 1260) *DETAIL, 12*. Material cedido pelo Arquiteto Andreas Frank (:mlzd).

(33) *Vista aérea de Sempach.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.korporation-sempach.ch/assets/AnyThingSlide/_resampled/CroppedImage980480-sempach-uebersicht-nah.jpg.*

(34) *A cidade histórica de Sempach.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *https://www.lukb.ch/documents/10620/908024/LUKB-Geschaeftsstelle-Sempach-Gebaeude-gross.png/00ad36be-9d31-4d0a-b995-d44ededdb89d?t=1429100178258.*

(35) *Localização do Besucherzentrum Schweizerische Vogelwarte no Mundo.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=world&i=746546.* Editado graficamente pela autora.

(36) *Localização do Besucherzentrum Schweizerische Vogelwarte na Suíça.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=switzerland&i=15772.* Editado graficamente pela autora.

(37) *Escola Profissional de Economia de Bienna, Suíça, 2007, Arquitetos :mlzd.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.mlzd.ch/media/filer/2015/mlzd_kbsb_kaufmaennische_berufsschule_biel_aussen.jpg.*

(38) *Expansão do Museu Histórico de Berna, Suíça, 2009, Arquitetos :mlzd.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.mlzd.ch/media/filer/2015/mlzd_titan_erweiterung_historisches_museum_bern_aussen.jpg*.

(39) *A erosão fluvial do lago de Sempach.* Material cedido pelo Arquiteto Andreas Frank (:mlzd).

(40) *Vista exterior do Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.mlzd.ch/media/filer/2015/mlzd_vos_besuchszentrum_schweizer_vogelwarte_aussen4.jpg.*

(41) *A procura de integração do Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte na envolvente.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?pID=95.*

(42) *Detalhe da fachada do Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.mlzd.ch/media/filer/2015/mlzd_vos_besuchszentrum_schweizer_vogelwarte_fassade.jpg.*

(43) *Ricola Kräuterzentrum, Laufen, Suíça, 2014, Arquitetos Herzog & de Meuron.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/351-375/369-ricola-kraeuterzentrum/image.html.*

(44) *Desert Courtyard House, Arizona, Estados Unidos, 2012, Wendell Burnette Architects.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *https://images.adsttc.com/media/images/53d4/4d5d/c07a/80d9/7100/0075/large_jpg/Desert_Courtyard_26.jpg?1406422351.*

(45) *The Great Wall of WA, Austrália, Arquiteto Luigi Rosselli.* Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://luigirosselli.com/wp-content/uploads/2015/06/Luigi-Rosselli-Architects-The-Great-Wall-of-WA-0011-800x504.jpg.*

(46) *Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros, Fronteira, Alentejo, 2012, Arquitetos Gonçalo Byrne e José Laranjeira.*
Fotografia de Fernando Guerra, cedida pelo Arquiteto José Laranjeira.

(47) *Construção das paredes do Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros.*
Material cedido pelo Arquiteto José Laranjeira.

(48) *Detalhe da textura das paredes do Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros.*
Material cedido pelo Arquiteto José Laranjeira.

(49) – **(50)** *Detalhes de texturas de paredes em taipa em construções tradicionais alentejanas como referência para os arquitetos Byrne e Laranjeira.*
Material cedido pelo Arquiteto José Laranjeira.

(51) *Glenhope House, Victoria, Austrália, 2009, Joh Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/2-glenhope.jpg.*

(52) *Glenhope House, Victoria, Austrália, 2009, Joh Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/1-glenhope.jpg.*

(53) *Glenhope House, Victoria, Austrália, 2009, Joh Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/5-glenhope.jpg.*

(54) *Glenhope House, Victoria, Austrália, 2009, Joh Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/7-glenhope.jpg.*

(55) *Glenhope House, Victoria, Austrália, 2009, Joh Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/6-glenhope.jpg.*

(56) *Planta piso térreo, Glenhope House.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/PRESENTATION_Glenhope-A4-1200x876.jpg*.

(57) *Vista para a paisagem envolvente da Casa de Glenhope.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/ARTICLE-April-2011.pdf.*

(58) *Localização da Casa de Glenhope no Mundo.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=world&i=746546.* Editado graficamente pela autora.

(59) *Localização da Casa de Glenhope na Austrália.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=australia&i=1064133.* Editado graficamente pela autora.

(60) *Aireys Inlet House, Victoria, Austrália, Joh Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/12/Aireys_inlet_house_exterior2_web-800x1200.jpg.*

(61) *Sherbrooke House, Victoria, Austrália, Joh Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/2-IMG_2322_edit-800x1200.jpg.*

(62) *Middle Park House, Victoria, Austrália, Joh Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/courtyard-2.jpg.*

(63) *Mt Evelyn House, Victoria, Austrália, Joh Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/2-IMG_2322_edit-800x1200.jpg.*

(64) *A parede de taipa como separadora de espaços na Casa de Glenhope, Victoria, Austrália, Joh Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/ARTICLE-April-2011.pdf.*

(65) *A parede de taipa como separadora de espaços na Casa de Merrijig, Victoria, Austrália, Joh Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.joharchitects.com.au/wp-content/uploads/2015/02/DSC_3846.1.jpg.*

(66) *Windhover Contemplative Center, Stanford, Estados Unidos, 2014, Arquitetos Aidlin Darling Design.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *https://images.adsttc.com/media/images/54ff/d83f/e58e/ce79/2b00/00ab/slideshow/A._1105-MM-0517.jpg?1426053154,*

(67) *Nk'Mip Desert Cultural Centre, Osoyoos, Canadá, 2006, HBBH Architects.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *https://images.adsttc.com/media/images/5010/2cd7/28ba/0d42/2200/0fb1/large_jpg/stringio.jpg?1414086526.*

(68) *Pavilhão de Barcelona, 1929, Arquiteto Mies van der Rohe.*
Acedido a 11 de Setembro, 2017. Disponível em *http://miesbcn.com/the-pavilion/.*

(69) *Fachada Norte do Centro de Ecologia Aplicada.*
Acedido a 12 de Setembro, 2017. Disponível em *https://images.adsttc.com/media/images/574c/ef02/e58e/ce0c/aa00/0088/slideshow/Fachada_Norte_CEA_©Andrés_Cruz.jpg?1464659696.*

(70) Construção do Centro de Ecologia Aplicada. *Enchimento da cobertura com massa de terra e palha.*
Frame do vídeo *CEA. Arquitectura contemporánea em tierra,* realizado por Rivera + Muõz, 2015.
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *https://vimeo.com/122056244.*

(71) *Construção do Centro de Ecologia Aplicada. Tecnobarro.*
Frame do vídeo *CEA. Arquitectura contemporánea em tierra,* realizado por Rivera + Muõz, 2015.
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *https://vimeo.com/122056244.*

(72) *Fachadas Norte e Poente do Centro de Ecologia Aplicada.*
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível *http://www.marcelocortes.cl/proyectos/portada/index.php.*

(73) *Construção do Centro de Ecologia Aplicada. Parede de terra leve.*
Frame do vídeo *CEA. Arquitectura contemporánea em tierra,* realizado por Rivera + Muõz, 2015.
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *https://vimeo.com/122056244.*
(74) *Construção do Centro de Ecologia Aplicada. Aparelhagem dos adobes.*
Frame do vídeo *CEA. Arquitectura contemporánea em tierra,* realizado por Rivera + Muõz, 2015.
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *https://vimeo.com/122056244.*

(75) *Vista interior do Centro de Ecologia Aplicada.*
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.marcelocortes.cl/proyectos/portada/index.php.*

(76) *Construção do Centro de Ecologia Aplicada. Laje de betão entre blocos de taipa.*
Frame do vídeo *CEA. Arquitectura contemporánea em tierra,* realizado por Rivera + Muõz, 2015.
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *https://vimeo.com/122056244.*

(77) *Construção do Centro de Ecologia Aplicada. Compactação da terra.*
Frame do vídeo *CEA. Arquitectura contemporánea em tierra,* realizado por Rivera + Muõz, 2015.
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *https://vimeo.com/122056244.*

(78) *Planta piso térreo do Centro de Ecologia Aplicada.*
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *http://sergiobriceno.cl/portfolio/cea/.*
Editado graficamente pela autora.

(79) *Desenho tridimensional do Centro de Ecologia Aplicada.*
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *http://sergiobriceno.cl/portfolio/cea/.*

(80) *Santiago, Chile.Vista do Cerro San Cristobal.*
Arquivo da autora.

(81) *Planta da localização do Centro de Ecologia aplicada na Comuna La Reina, Santiago, Chile.*
Imagem extraída do *Google Earth* (endereço: Príncipe de Gales 6465, La Reina, Santiago, Chile) a 16 de Setembro, 2017. Editado graficamente pela autora.

(82) *Localização do Centro de Ecologia Aplicada no Mundo.*
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=world&i=746546.* Editado graficamente pela autora.

(83) *Localização do Centro de Ecologia Aplicada no Chile.*
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=chile&i=902051.* Editado graficamente pela autora.

(84) *Casa Peñalolén (quincha metálica), Santiago, Chile, Arquiteto Marcelo Cortés.*
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.marcelocortes.cl/proyectos/portada/images/pena_02.jpg.*

(85) *Casa de adobe (reforçado), Chile, Arquiteto Marcelo Cortés.*
Fotografia de Amanda Rivera. Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *https://images.adsttc.com/media/images/574c/ef18/e58e/ce83/bb00/01b0/slideshow/Casa_adobe_©_Amanda_Rivera.jpg?1464659719.*

(86) *Piedras de tierra (taipa), Chile, Arquiteto Marcelo Cortés.*
Fotografia de Amanda Rivera. Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *https://images.adsttc.com/media/images/574c/ef2e/e58e/ceoc/aa00/0089/slideshow/Piedras_de_tierra_©Amanda_Rivera.jpg?1464659741.*

(87) *Construção do Centro de Ecologia Aplicada, Chile, Arquiteto Marcelo Cortés.*
Fotografia de Cristian Muñoz. Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *http://amandarivera.cl/wp-content/uploads/2016/04/Construcción-de-tapiales-©Cristian-Muñoz-1080x675.jpg.*

(88) *Construção do Alnatura Campus, Alemanha, 2017, Studio 2050 Arquitetos.*
Acedido a 16 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?pID=97.*

(89) - (91) *Casa Alvarez em construção. Fase final.*
Material cedido pelo arquiteto Patricio Arias.

(92) – (93) *Casa Alvarez em construção. Fase intermédia.*
Material cedido pelo arquiteto Patricio Arias.

(94) *Casa Alvarez em construção. Fase intermédia.*
Arquivo pessoal.

(95) – (97) *Casa Alvarez em construção. Fase intermédia.*
Material cedido pelo arquiteto Patricio Arias.

(98) *Detalhe da ligação da malha metálica com a base da parede (betão armado).*
Arquivo pessoal.

(99) *Corte transversal AA' da Casa Alvarez.*
Material cedido pelo Arquiteto Patricio Arias. Editado graficamente pela autora.

(100) *Corte transversal BB' da Casa Alvarez.*
Material cedido pelo Arquiteto Patricio Arias. Editado graficamente pela autora.
(101) *Planta piso térreo da Casa Alvarez.*
Material cedido pelo Arquiteto Patricio Arias. Editado graficamente pela autora.

(102) *Planta 1º piso da Casa Alvarez.*
Material cedido pelo Arquiteto Patricio Arias. Editado graficamente pela autora.

(103) *Esquema tridimensional da Casa Alvarez.*
Material cedido pelo Arquiteto Patricio Arias. Editado graficamente pela autora.

(104) *Santiago, Chile.Vista a partir da Casa Alvarez, Peñalolén.*
Arquivo da autora.

(105) *A pré-cordilheira dos Andes. Vista a partir da Casa Alvarez.*
Material cedido pelo Arquiteto Patricio Arias.

(106) *Localização da Casa Alvarez no Mundo.*
Acedido a 17 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=world&i=746546.* Editado graficamente pela autora.

(107) *Localização da Casa Alvarez no Chile.*
Acedido a 17 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=chile&i=902051.* Editado graficamente pela autora.

(108) *Casa Munita Gonzalez, Batuco, Chile, 2011, Surtierra Arquitectura.*
Acedido a 17 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.surtierraarquitectura.cl/wp-content/uploads/2013/10/img_07_Arias_Arquitectos_Casa_Munita_ult-675x300.jpg.*

(109) *Casa Pirque, Chile, 2007 Surtierra Arquitectura.*
Acedido a 17 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.surtierraarquitectura.cl/wp-content/uploads/2013/11/P1010143-675x300.jpg.*

(110) *Casa Alvarez em construção. Fachada Norte.*
Arquivo pessoal.

(111) *Casa Alvarez em construção. Fachada sul.*
Material cedido pelo Arquiteto Patricio Arias.

(112) *Detalhe de vão no Ricola Kräuterzentrum, Suíça, 2014, Arquitetos Herzog & de Meuron.*
Sauer, M. (2015). *Martin Rauch, refined earth : construction & design with rammed earth* (L. B. Howe, Trans. M. S. Otto Kapfinger Ed., p. 87). Munique: Edition Detail.

(113) *Waldorfkindergarten Sorsum, Alemanha, 1996, Arquiteto Gernot Minke.*
Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 180). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(114)- (116) *Waldorfkindergarten Sorsum, Alemanha, 1996, Arquiteto Gernot Minke.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 181). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(117) *Planta Waldorfkindergarten Sorsum.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 180). Basileia: Birkhäuser Verlag. Editado graficamente pela autora.

(118) *Rua principal de Sorsum, Alemanha.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/SorsumHauptstr2.jpg?1505729087246.*

(119) *Localização do Waldorfkindergarten no Mundo.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=world&i=746546.*
Editado graficamente pela autora.

(120) *Localização do Waldorfkindergarten na Alemanha.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=germany&i=759600.*
Editado graficamente pela autora.

(121) *Edifício de Escritórios em Nova Deli, Índia, 1991, Arquiteto Gernot Minke.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 177). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(122) *Instituto Goethe, La Paz, Bolívia, 2000, Arquiteto Gernot Minke.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 182). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(123) *Casa do Arquiteto, Kassel, Alemanha, 1993, Arquiteto Gernot Minke.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p.153). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(124) *Extrusão dos elementos de terra para a técnica do Stranglehm.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p.76). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(125) *Paredes construídas através da técnica do Stranglehm. Casa experimental, Universidade de Kassel, Alemanha, 1982.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p.76). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(126) *Planta do Edifício de Escritórios, Nova Deli, Índia, 1991, Arquiteto Gernot Minke.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 176). Basileia: Birkhäuser Verlag. Editado graficamente pela autora.

(127) *Corte e planta da Casa do Arquiteto, Kassel, Alemanha, 1993, Arquiteto Gernot Minke.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 153). Basileia: Birkhäuser Verlag. Editado graficamente pela autora.

(128) *Planta de duas Casas anexas, Kassel, Alemanha, 1985, Arquiteto Gernot Minke.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 150). Basileia: Birkhäuser Verlag. Editado graficamente pela autora.

(129) *Corte e planta da Mesquita de Wabern, Alemanha, 2005, Arquiteto Gernot Minke.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 183). Basileia: Birkhäuser Verlag. Editado graficamente pela autora.

(130) *Construção de Mike Reynolds. Casa de latas em abóbada, Taos, Novo México.*
Fotografia de Oliver Hodge. Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.garbagewarrior.com/downloads.*

(131) *Construção experimental com pneus velhos, Arquiteto Gernot Minke.*
Disponível em Minke, G. (2013) *VOM LEICHTBAU ZUM LEHMBAU Gernot Minke im Gespräch mit Nikolaus Kuhnert und Anh-Linh Ngo/Interviewer: N. Kuhnert & A. L. Ngo*. (p. 53) ARCH+ Verlag GmbH, ARCH +.

(132) *Abóbadas portantes em palha, cobertas por terra, Tamera, Portugal, 2007, Arquiteto Gernot Minke.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.gernotminke.de/bilderseiten2/128.html.*

(133) *Construção experimental sacos enchidos de terra e cobertura verde, Alemanha, 1975, Arquiteto Gernot Minke.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.gernotminke.de/minke/bilderseiten/109.html.*

(134) *Casa antissísmica em taipa, Guatemala, 1978, Arquiteto Gernot Minke.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.gernotminke.de/minke/bilderseiten/110.html.*

(135) *Construção da casa antissísmica em taipa, Guatemala, 1978, Arquiteto Gernot Minke.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.gernotminke.de/minke/bilderseiten/111.html.*

(136) *Centro de Seminários, Picada, Brasil, 2005, Arquiteto Gernot Minke.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.gernotminke.de/minke/bilderseiten/minke.*

(137) *Interior do Centro de Seminários, Picada, Brasil, 2005, Arquiteto Gernot Minke.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.gernotminke.de/minke/bilderseiten/minke.*

(138) *Detalhe da cúpula do Waldorfkindergarten.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 180). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(139) *Aparelho para testar a resistência à abrasão de rebocos de terra utilizado no Laboratório de Construção Experimental, Universidade de Kassel, Alemanha, sob orientação de Gernot Minke.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 34). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(140) *Ensaio simples de pulverização, realizado sob orientação de Gernot Minke no Laboratório de Construção Experimental, Universidade de Kassel, Alemanha.*
Disponível em Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of Sustainable Architecture* (3ª ed., p. 101). Basileia: Birkhäuser Verlag.

(141) *Curso de Teto Verde e Jardim Vertical com Gernot Minke (19 a 22 de Janeiro, 2017) no TIBÁ RIO, Brasil.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://www.facebook.com/tibario/photos/a.937279766372250.1073741860.619277024839194/937281793038714/?type=3&theater.*

(142) *Preparo da terra. Curso de Bioarquitetura (13 a 16 de Outubro, 2016), TIBÁ RIO, Brasil.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://www.facebook.com/tibario/photos/a.861817427251818.1073741857.619277024839194/861818993918328/?type=3&theater.*

(143) *Aplicação da massa de terra na parede (tabique). Curso de Bioarquitetura (13 a 16 de Outubro, 2016), TIBÁ RIO, Brasil.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://www.facebook.com/tibario/photos/a.861817427251818.1073741857.619277024839194/861822343917993/?type=3&theater.*

(144) *Vista frontal da Escola Primária de Gando, Burkina Faso, 2011, Francis Kéré Architecture.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.kere-architecture.com/files/8614/0741/4776/Primary-School_Duchoudoo.jpg.*

(145) *Interior da Escola Primária de Gando, Burkina Faso, 2011, Francis Kéré Architecture.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.kere-architecture.com/files/7113/6260/3031/PrimarySchool5.jpg.*

(146) *Vista lateral da Escola Primária de Gando, Burkina Faso, 2011, Francis Kéré Architecture.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.kere-architecture.com/projects/primary-school-gando/.*

(147) *Planta piso térreo da Escola Primária de Gando, Burkina Faso, 2011, Francis Kéré Architecture.*
Disponível em Kéré, F. (2013). ARCH + features: über Architektur der Notwendigkeit. *ARCH +, 211/212, Think Global, Build Social!,* p.3. Editado graficamente pela autora.

(148) *Corte transversal da Escola Primária de Gando, Burkina Faso, 2011, Francis Kéré Architecture.*
Disponível em Kéré, F. (2013). ARCH + features: über Architektur der Notwendigkeit. *ARCH +, 211/212, Think Global, Build Social!,* p.3. Editado graficamente pela autora.

(149) *Explosão axonométrica da Escola Primária de Gando, Burkina Faso, 2011, Francis Kéré Architecture.*
Disponível em Kéré, F. (2013). ARCH + features: über Architektur der Notwendigkeit. *ARCH +, 211/212, Think Global, Build Social!,* p.2. Editado graficamente pela autora.

(150) *Arquitetura tradicional de Gando, Burkina Faso.*
Frame do vídeo *Francis Kere at Design Indaba 2011*. Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://www.youtube.com/watch?v=jAHeoh4TuCM*.

(151) *Vista aérea da aldeia de Gando, Burkina Faso.*
Frame do vídeo *Francis Kere at Design Indaba 2011*. Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://www.youtube.com/watch?v=jAHeoh4TuCM*.

(152) *Localização da Escola Primária de Gando no Mundo.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=world&i=746546.* Editado graficamente pela autora.

(153) *Localização da Escola Primária de Gando em Burkina Faso.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://thenounproject.com/search/?q=burkina%20faso&i=410493.* Editado graficamente pela autora.

(154) *Escola Secundária de Dano, Burkina Faso, 2007, Francis Kéré Arquitetos.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.kere-architecture.com/files/9514/0742/8257/2009-02-26_111399.jpg.*

(155) *Pavilhão Serpentine, Kensington Gardens, Londres, Inglaterra, 2017, Francis Kéré Arquitetos.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.kere-architecture.com/files/5814/9904/6464/full-exterior-3.jpg.*

(156) *Apropriação da Escola Primária de Gando pelos alunos.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.kere-architecture.com/files/2713/6206/4471/PrimarySchool3.jpg.*

(157) - (158) *Mecanismos utilizados para refrescar a temperatura interior da Escola Primária de Gando.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.kere-architecture.com/projects/primary-school-gando/.*

(159) *Esquema de ventilação. Esquisso do Arquito Francis Kéré para a Extensão da Escola Primária de Gando.*
Disponível em Kéré Architecture. Primary School and Extension. Gando, Burkina Faso, 2011, 2008.
Diébédo Francis Kéré. (2009). *Lotus International, 140 Sustainability?,* p.25

(160) *A Escola Primária de Gando em funcionamento.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://www.kere-architecture.com/files/6814/0741/5993/2009-02-24_10689.jpg.*

(161) *A Escola Prim*ária de Gando em funcionamento.
Disponível em Kéré, F. (2013). ARCH + features: über Architektur der Notwendigkeit. *ARCH +, 211/212, Think Global, Build Social!,* p.3

(162) *Escola METI, Bangladesh, 2007, Arquitetas Anna Heringer & Eike Roswag.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://images.adsttc.com/media/images/5008/9551/28ba/0d50/da00/116b/large_jpg/stringio.jpg?1414536272.*

(163) *Construção da Escola METI, Bangladesh, 2007, Arquitetas Anna Heringer & Eike Roswag.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *https://images.adsttc.com/media/images/5008/9554/28ba/0d50/da00/116c/large_jpg/stringio.jpg?1414536263.*

(164) *Pré-escola de Aknaibich, Marrocos, 2014, BC Architects.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://payload327.cargocollective.com/1/9/290680/8859879/29-AknibichArchitectureFrankStabel_1000.jpg.*

(165) *Pré-escola de Aknaibich, Marrocos, 2014, BC Architects.*
Acedido a 18 de Setembro, 2017. Disponível em *http://payload327.cargocollective.com/1/9/290680/8859879/18-AknibichArchitectureFrankStabel_1000.jpg.*

(166) *Construção da Escola Secundária de Gando, Burkina Faso, Francis Kéré Architects.*
Disponível em Kéré, F. (2013). ARCH + features: über Architektur der Notwendigkeit. *ARCH +, 211/212, Think Global, Build Social!,* p.1.

Anexos

Anexo I

Entrevista realizada a Bartolomeu Costa Cabral através do envio de um questionário por e-mail (respostas obtidas a 08-02-2017).

O *porquê* do uso da terra na *Casa de Taipa*, Alentejo, 2006.

O que foi que motivou o uso da terra neste projeto? Foi proposta sua ou pedido do cliente?
Foi ideia minha, por ser no Alentejo e uma moradia isolada e capaz de responder à condições climátericas de calor e tambem por ser um metodo de construção muito usado nesta região.

Se a utilização da terra no projeto foi proposta sua, como descreve a reação do cliente?
O cliente não se opôs, pois fez confiança.

Considera que a terra poderia ser substituída facilmente por outro material construtivo sem alterar a essência do seu projeto?
Os processos construtivos são muito importantes para a definição de um projecto nomeadamente neste caso, a espessura mínima de 50cm as paredes.

Que preocupações térmicas teve na concepção do projeto? Considera que as paredes de terra são suficientes para assegurar o conforto térmico dentro de casa?
Sim as paredes e terra são suficientes para assegurar o conforto, se bem que nao compre completamente o regulamento, foi uma experiência importante para mim.

Que meios utilizou para proteger a camada superficial da parede de terra da incidência direta da chuva? Usou algum impermeabilizante?
A casa é rebocada com o reboco de cal terra e arreia. A cal foi o impermeabilizante mas não tenho as quantidades de cada material.

Considera que uma parede de terra "à vista" no seu projeto poderia ser substituída por uma parede de betão à vista?
São coisas diferentes.

Partiu para o projeto já com a ideia de que iria utilizar a terra como material construtivo ou esta escolha surgiu depois?
Desde o inicio.

Que papel tiveram a envolvente e as técnicas de construção tradicionais do lugar na sua decisão de usar a terra no projeto?
Tive sorte em encontrar um empresa experiente de construção em terra.

Foi a sua primeira obra em terra ou já teve outras anteriores? Qual foi o material construtivo utilizado nos seus últimos 5 projetos?
Foi o primeiro projecto em terra e já nao fiz mais, de modo geral nos outros projectos tenho usado construções tradicionais com estrutura de betão armado e enchimentos em alvenaria de tijolo revestidas com isolamento térmico exterior de modo a responder as exigências regulamentares térmicas.

Se pudesse voltar atrás, voltaria a escolher a terra para este projeto?
Sim.

Anexo 2

Entrevista realizada a Alexandre Bastos através do envio de um questionário por e-mail (respostas obtidas a 06-01-2017).

O *porquê* do uso da terra na *Casa na Caldeirinha*, Alentejo, 2002.

O que foi que motivou o uso da terra neste projeto? Foi proposta sua ou pedido do cliente?
Esclareço desde já que a casa é minha. Desde 1992 que faço arquitectura em terra e a primeira (restauro e algumas paredes) foi em 1984. Se esta habitação é minha por força de razão que teria de ser em taipa.

Se a utilização da terra no projeto foi proposta sua, como descreve a reação do cliente?
Todos os clientes onde intervi em taipa têm satisfação plena e já são entre 45 e 50.

Considera que a terra poderia ser substituída facilmente por outro material construtivo sem alterar a essência do seu projeto?
Não. Se a casa é em taipa terá que ser cuidadosamente desenhada e diferente. Qualquer coisa pode ser substituída por outra, no entanto poderá ser absurdo. A pergunta deve ser ao contrário.

Como descreve a experiência de obra? Quais foram os principais desafios?
Começo pelo fim; os desafios foram muitos: A insolação/orientação, as fenestrações cautelosas e arejamentos. O pátio que pode aquecer mais ou menos, os aspersões no telhado, a enorme chaminé (3 metros) que permite que o ar quente suba e no inverno areje através do ar na "volta" do fluxo uma vez que tem nariz. Uma engenhosa solução que Hassan Fathy usou no Egipto.
A obra correu muito bem e foi rápida. As paredes são mais que suficientes para manter uma temperatura constante e agradável. Também tenho salamandra se for necessário.

Que meios utilizou para proteger a camada superficial da parede de terra da incidência direta da chuva? Usou algum impermeabilizante?
Haver há , mas não pus. Só a Sudoeste se terá que ter cuidado e provavelmente restaurar. Pode ser com erva cavalinho a 30% em água morna. Se adicionarmos uma camada de terra o melhor é juntar junta, aveia ou sorgo, uma vez que têm mais fibra. Misturada com a terra dão um óptimo revestimento.

Considera que uma parede de terra "à vista" no seu projeto poderia ser substituída por uma parede de betão à vista?
Para quê? Só iria piorar a térmica e a condutibilidade, pois como sabe o betão aquece facilmente.

Partiu para o projeto já com a ideia de que iria utilizar a terra como material construtivo ou esta escolha surgiu depois?
De início.

Que papel tiveram a envolvente e as técnicas de construção tradicionais do lugar na sua decisão de usar a terra no projeto?
Toda esta zona nas casas mais antigas são em taipa, donde é pacifico.

Foi a sua primeira obra em terra ou já teve outras anteriores? Qual foi o material construtivo utilizado nos seus últimos 5 projetos?
Já respondi. Taipa.

Se pudesse voltar atrás, voltaria a escolher a terra para este projeto?
Claro!

Posição perante a arquitetura em terra

Como se deu a sua descoberta pela terra crua como material de construção?
Sempre gostei de observar a arquitectura popular , o livro de arquitectura popular, leituras várias e sou filho de arquitecto.

Quais as principais vantagens e desvantagens desse sistema construtivo?
Vantagens: Absorção dos cheiros, péssimo sinal de rede de telemóvel e outros, protecção contra as mudanças de temperatura graças à sua inércia. Aquece rapidamente e mantém. Excepcional acústica sem reverberação. Mais barata a obra. Usa menos 60 a 70% de água, não tem pilares, não tem sapatas e vigas de fundação, mas enrocamento em betão ciclópico, tirantes de ferro (ou contra-fortes) , pode-se fazer com taipal contínuo ou por partes. o material é zero euros. Uma bela côr e textura que quisermos, revestimentos de uma infinidade de soluções. Desvantagens se não tivermos cuidado- A água pelo telhado. A sudoeste é preciso estar atento ao desgaste ou não, depende das terras. Poderá isolar-se com goma arábica a 20% em água e pulverizar. Tem outra vantagem- pode desaparecer retirando o telhado e fundir-se com a terra. É fácil alterar e graças à sua mobilidade poder-se-á acrescentar. Não arde nem torce ao calor. Quanto à sismologia comporta-se bem graças à sua plasticidade e mesmo com fissuras é fácil restaurar.

O senhor moraria em uma casa construída em terra crua?
Eu moro numa casa de taipa.

Qual o sistema construtivo de sua casa atual?
Em Taipa que eu restaurei e alterei em 1984.

Anexo 3

Entrevista realizada ao Arquiteto Andreas Frank (do atelier :mlzd) através do envio de um questionário por e-mail (respostas obtidas a 08-02-2017).

O *porquê* do uso da terra no *Besuchszentrum Schweizerische Vogelwarte*, Sempach, Suíça.

O que foi que motivou o uso da terra neste projeto? Foi proposta sua ou pedido do cliente?
Já no concurso sugerimos o tema da terra. O edifício encontra-se ao lado de uma zona de construções unifamiliares. Com o material terra, destacamo-nos em relação às restantes casas e marcamos que não se trata de um edifício residencial. Ao mesmo tempo, é reforçada a relação lago / margem e da natureza.

Se a utilização da terra no projeto foi proposta sua, como descreve a reação do cliente?
Os clientes ficaram encantados e, por isso, atribuíram-nos o 1º Prémio no Concurso. O tema da terra simplesmente combina perfeitamente com o "Leitbild" ecológico da Instituição Ornitológica.

Considera que a terra poderia ser substituída facilmente por outro material construtivo sem alterar a essência do seu projeto?
Não, o material reforça a relação com a natureza e o lago, que também faz parte da conceção espacial (diluição das transições entre o interior e o exterior / como por exemplo as gaiolas). Esta expressão não seria possível de ser atingida com um outro material.

Como descreve a experiência de obra? Quais foram os principais desafios?
O Edifício teve que satisfazer o mais alto standard energético suíço (Minergie P Eco). Deste modo, os procedimentos acrescidos tornaram-se enormes. Puras paredes de taipa não seriam possíveis com isto. O Clemens[1] seguramente poderá avaliar melhor se e em que condições paredes de taipa puras seriam suficientes em termos térmicos.

1 Administrador do escritório da empresa Lehm Ton Erde (construtora de Martin Rauch).

Que meios utilizou para proteger a camada superficial da parede de terra da incidência direta da chuva? Usou algum impermeabilizante?
Também aqui o Clemens seguramente poderá fornecer uma informação melhor.

Como descreve a experiência de obra? Quais foram os principais desafios?
Também aqui o Clemens seguramente poderá fornecer uma informação melhor. No nosso ponto de vista, a união entre uma construção em taipa inovadora e as normas de construção convencionais, constitui o maior desafio.

O que foi que motivou a utilização de painéis em taipa pré-fabricados no projeto?
Também aqui o Clemens seguramente poderá fornecer uma informação melhor.

Considera que uma parede de terra "à vista" no seu projeto poderia ser substituída por uma parede de betão à vista?
A terra e o betão distinguem-se na sua física construtiva. A terra interage mais fortemente com o espaço (por exemplo, através da temperatura da sua superfície ou a absorção de humidade), o que consecutivamente altera o seu tato. A terra "vive" mais. Pelo outro lado, a terra também é menos robusta, necessita de um tratamento mais especializado e tem que ser melhor protegida. Uma troca entre os dois materiais não nos parece ser possível neste caso.

Partiu para o projeto já com a ideia de que iria utilizar a terra como material construtivo ou esta escolha surgiu depois?
Como já abordado no ponto 1, a terra fez parte do concurso, ou seja, já surgiu na fase de conceção. No entanto, não surgiu antes da inserção urbanística, nem à conceção espacial. Ver a resposta à questão nº 10.

[10] **Foi a sua primeira obra em terra ou já teve outras anteriores? Qual foi o material construtivo utilizado nos seus últimos 5 projetos?**
Foi o nosso primeiro e, até agora, único projeto em terra. Os nossos projetos relacionam-se com o lugar e com o pedido – o material deve assim apoiar de melhor maneira possível a posição projetual. Uma seleção do material "a priori" consideramos errada. Neste projeto foi a terra que melhor cumpriu as exigências. Entre nossos últimos projetos, e dependendo do lugar e do pedido, encontram-se obras em madeira (http://www.mlzd.ch/projects/wohnen/ewi/), betão (http://www.mlzd.ch/projects/dienstleistung/hengert/) e aço (http://www.mlzd.ch/projects/ offentlich/gupa/).

Se pudesse voltar atrás, voltaria a escolher a terra para este projeto?
Sim, definitivamente.

Posição perante a arquitetura em terra

Como se deu a sua descoberta pela terra crua como material de construção?
Infelizmente já não me lembro. Eu acho que foi a grande publicidade da casa Rauch de Rauch e Boltshauser que contribuiu fortemente para a popularidade do material e do arquiteto.

Quais as principais vantagens e desvantagens desse sistema construtivo?
A elegância, o tato e a física construtiva (clima interior).

O senhor moraria em uma casa construída em terra crua?
Sim

Qual o sistema construtivo de sua casa atual?
Tijolo maciço.

O senhor moraria em uma casa construída em terra crua?
Sim.



(a)

Qual o sistema construtivo de sua casa atual?
Tijolo maciço.

As seguintes passagens resultam de uma resposta a um e-mail enviado posteriormente, a questionar se na região de Sempach o uso da taipa era tradicional e que influência este fato teve na opção pelo material (respostas obtidas a 19-06-2017).

Como já descrito, a nossa ideia projetual decorre da proximidade ao lago e da envolvente natural do lugar, sobre a qual nos focamos. Anexo uma imagem da erosão fluvial [fig. a]. *A terra junto à água, a margem – um observador atento provavelmente fará estas associações, entendendo o edifício como parte da zona ribeirinha e menos como um ato construtivo perturbador.. A construção em terra possui também uma longa tradição na Suíça e na Europa Central, neste momento está a decorrer uma exposição interessante sobre isso mesmo na EPFL em Lausanne (http://archizoom.epfl.ch/pise_en). Se esta técnica construtiva tradicional foi utilizada com abundância na região de Sempach, infelizmente não faz parte do meu conhecimento. Para a conceção do edifício, tão pouco me parece fundamental (quero dizer: se o material não se adequar à arquitetura, o edifício também não ficará melhor apenas porque o seu uso é tradicional na zona).*

Anexo 4

Excertos de correspondências por e-mail com o Arq.º José Laranjeira (respostas obtidas a 16-06-2017).

[...]
Venho contactá-lo porque interessa-me saber mais sobre o Centro de Interpretação da Batalha de Atoleiros, que parece iludir a terra. As questões que tenho para o Arquitecto prendem-se, sobretudo, com as razões que o impediram de construir verdadeiramente em taipa e, depois, porque razão escolheu fazer esta alusão (contexto? Motivo meramente estético?).
De facto, era uma textura como a da taipa o que procurámos quando elaborámos o projeto do CIBA em Fronteira. Enviamos no anexo algumas das imagens que tínhamos como referência de construções em taipa no Alentejo. No entanto, na altura (2007) não tínhamos experiência em construção em taipa e do ponto de vista da engenharia e também de uma empreitada de obra pública, seria um risco muito grande avançar com uma solução de taipa. Procurámos em projecto uma formulação para esta textura de betão que pretendíamos, mas foi na obra que, conjuntamente com o empreiteiro, conseguimos a textura e a cor do betão que foi utlizado, com os resultados que conhece.

[...] a vossa opção de dar a ilusão da textura da taipa surgiu por se tratar de uma técnica construtiva tradicional do lugar, ou seja, procuraram integrar a obra na sua envolvente ao remeter para as tradições construtivas locais? Ou esse fator foi secundário e o que interessou foi sobretudo a estética da textura da taipa?

Pelo que conheço de utilização de taipa em Portugal, é um sistema construtivo quase sempre para ser revestido com reboco de cal e areia e pintura com cal. Raramente encontramos taipa como acabamento final, a não ser em edifícios muito pouco qualificados. Não conhecemos em Fronteira nenhum edifício com a taipa visível, pelo que não se trata de um tema de integração no local, pois o lugar onde se construiu o CIBA é periférico e de expansão relativamente recente. Tínhamos no entanto a pretensão de obter uma textura irregular, muito próxima de uma carácter manual, evitando texturas lisas obtidas com moldes muito planos e rigorosos. Algo próximo das texturas de terra e da taipa, com um sentido táctil e manual.

A cor decorre da cor da paisagem de Fronteira, onde é muito presente a terra vermelha. O parque público que envolve o CIBA tem esse caracter simbólico da planície alentejana, da cor da terra e do tipo de flora endógena que aqui foi utilizada. Por fim a cor remete também para a "mitologia" do campo de batalha sagrado, do sangue da batalha, dos dois exércitos em combate numa luta desigual.

Anexo 5

Entrevista realizada a Patricio Arias através do envio de um questionário por e-mail (respostas recebidas a 25-02-2017).

O *porquê* do uso da terra no projeto da Casa Alvarez Peñalolén, Chile, 2017.

O que foi que motivou o uso da terra neste projeto? Foi proposta sua ou pedido do cliente?
Trabalho há mais de 15 anos quase exclusivamente em arquitetura e construção com terra. Por isso mesmo, o cliente já sabia e procurou alguém que trabalhasse com o material.

Se a utilização da terra no projeto foi proposta sua, como descreve a reação do cliente?
O cliente procurou-nos devido à nossa experiência prévia.

Considera que a terra poderia ser substituída facilmente por outro material construtivo sem alterar a essência do seu projeto?
Não acredito...

Que preocupações térmicas teve na conceção do projeto? Considera que as paredes de terra são suficientes para assegurar o conforto térmico dentro de casa?
A casa está concebida como um projeto altamente eficiente do ponto de vista térmico. Temos feito vários estudos para determinar a espessura das paredes e a densidade da terra nas mesmas e as diferentes capas de terra utilizadas, tanto em paredes como no teto e no piso.

Como descreve a experiência de obra? Quais foram os principais desafios?
O principal desafio neste caso é bem mais arquitetónico/estrutural do que o tema da terra em si mesma.

Que meios utilizou para proteger a camada superficial da parede de terra da incidência direta da chuva? Usou algum impermeabilizante?
Normalmente utilizamos diferentes impermeabilizantes, neste caso, um polimérico.

Considera que uma parede de terra "à vista" no seu projeto poderia ser substituída por uma parede de betão à vista?
O ponto é que o solo não é uma questão de aparências, mas acima de tudo de integralidade do material, que respira, acumula calor e ainda apresenta boa aparência. Se observas a arquitetura tradicional ou vernácula, muitas poucas vezes "vê-se" a terra, está com cal ou com algum outro revestimento.

Partiu para o projeto já com a ideia de que iria utilizar a terra como material construtivo ou esta escolha surgiu depois?
A ideia esteve sempre presente.

Que papel tiveram a envolvente e as técnicas de construção tradicionais do lugar na sua decisão de usar a terra no projeto?
Poucas. No lugar específico não existe uma grande tradição de técnicas construtivas em terra (tradicionais), com setores mais recentes de habitação.

Foi a sua primeira obra em terra ou já teve outras anteriores? Qual foi o material construtivo utilizado nos seus últimos 5 projetos?
Não é a primeira, os últimos 5 projetos têm sido de terra.

Se pudesse voltar atrás, voltaria a escolher a terra para este projeto? *Sim.*

Anexo 6

Respostas às questões enviadas ao Arquiteto Gernot Minke por e-mail (respostas recebidas a 14-06-2017).

Prefere alguma técnica de construção em terra? Se sim, porquê?
Depende do clima local; do projeto; dos conhecimentos dos pedreiros, do local e do tipo de terra.

Os seus projetos não iriam perder o sentido se optasse por utilizar outros materiais construtivos?
Não; nas minhas obras não faz sentido substituir a terra por outros materiais construtivos.

Respostas às questões enviadas ao Arquiteto Gernot Minke por e-mail respostas recebidas a 27-06-2017).
O uso da terra no *Waldorfkindergarten* Sorsum, Alemanha, 1996.

Qual é a estrutura do projeto do Jardim de Infância? Existe uma estrutura secundária em madeira (ou outros) ou as paredes de terra são portantes?
As abóbadas de terra são portantes; assim como as paredes interiores em adobe.

Os tijolos que suportam a cúpula são cozidos? Se sim, porquê?
Sim; por razões estáticas; devido à concentração de forças.

O que foi que motivou a utilização da técnica de Stranglehm?
Não é a técnica de Stranglehm, mas a de mangueiras de fibra de algodão, preenchidas com terra: por razões práticas e estéticas.

Pode descrever como é constituída a parede exterior do edifício, quais as camadas que a constituem?
Tijolos ocos e porosos.

Respostas às questões enviadas ao Arquiteto Gernot Minke por e-mail (respostas recebidas a 27-06-2017).

(...) os tijolos ocos e porosos foram cozidos, certo? Porque razão não optou pelo adobe tradicional?
Devido ao necessário isolamento térmico: este material está também apenas nos lugares onde se encontram os vãos: e muitas vezes a própria cobertura em terra vai até ao solo.

Não se trata evidentemente de promover um qualquer novo "Estilo Internacional" em Terra, nem de fazer crer que este material pode ser uma panaceia universal.

(Dethier, 1993, p. 155)