



# **A Arquitectura em terra, na Arquitectura Contemporânea**

Mestrado Integrado em Arquitectura

**CELSO FILIPE DOS SANTOS REIS**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura**

Sob orientação do professor Doutor Guilherme Manuel Torres Leotte Quintino

**ISMAT - INSTITUTO SUPERIOR MANUEL TEIXEIRA GOMES**

Portimão, Setembro de 2014

**CELSO FILIPE DOS SANTOS REIS**

**A ARQUITECTURA EM TERRA, NA ARQUITECTURA  
CONTEMPORÂNEA.**

Dissertação defendida em provas públicas no Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes, no dia 03/10/2014 perante o júri nomeado pelo Despacho de Nomeação nº. 12/2014, com a seguinte composição:

Presidente:

Prof. Doutor Luís Filipe Pires Conceição  
(Professor Catedrático, ISMAT)

Arguente:

Prof. Doutor Hugo Filipe H. da Nazareth  
Fernandes de Cerqueira (Professor Auxiliar,  
ISMAT)

Orientador:

Prof. Doutor Guilherme Manuel Torres Leotte  
Quintino (Professor Associado, ISMAT)

**Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes**

**Portimão**

**2014**

# Agradecimentos

---

A realização desta dissertação de metrado foi possível devido à colaboração e contributo de diversas pessoas que de forma directa e indirecta me acompanharam e incentivaram ao longo deste período, e que merecem um profundo reconhecimento e um especial agradecimento, em particular:

Ao Professor Doutor Quintino, pela disponibilidade manifestada para orientar-me neste trabalho, pela preocupação demonstrada, pela preciosa ajuda, pela revisão crítica do texto, pelos diversos comentários, esclarecimentos, sugestões, pela incansável orientação dada, que contribuíram de forma significativa para a qualidade deste trabalho;

Ao professor Doutor Miguel Santiago, que durante o meu percurso como estudante de arquitectura, quer nas aulas de Sala e ou na mesa do Restaurante, me ajudou e definir a identificação com a arquitectura;

Ao professor Doutor Jacinto Rodrigues, que nas suas palestras despertou em mim a sensibilidade e vontade para direccionar os meus em princípios arquitectónicos para ecologia na arquitectura, tendo sido decisiva a sua influência na escolha do tema;

À minha família, em especial aos meus pais, pelo amor e apoio incondicional, compreensão e incentivo ao longo da minha vida;

A minha filha, pelo carinho muito especial, sorrisos e gargalhadas mesmo nos momentos mais complicados;

A duas pessoas também muito importantes para mim, Sandra Silva e Eva Nunes, pela motivação, coragem, apoio, carinho, compreensão e dedicação demonstrada;

Aos meus primeiros mestres na arquitectura o desenhador Carlos Vidal e o Artista Plástico Pintor /escultor Jorge Vidal, que muito estimo e respeito, pelos conhecimentos transmitidos e partilha da paixão pelas artes;

Aos meus amigos e colegas, por me terem incentivado, compreendido e pelas constantes palavras de apoio;

A todos o meu profundo e sincero agradecimento.

### **“A Arquitectura de terra, na Arquitectura contemporânea”.**

Tal como uma planta que é semeada na terra, cresce e se integra na natureza, também a arquitectura deve seguir o mesmo princípio de desenvolvimento e integração, num propósito de relação e respeito pela Natureza.

Neste sentido, a arquitectura em terra crua é aqui estudada de forma a justificar o seu potencial e o quão contemporânea pode ser.

A terra crua é uma matéria-prima ou material natural sustentável, ligada ao meio ambiente e aos princípios ecológicos. É uma das soluções mais eficazes por ser reciclável, economizadora de energia e de fácil obtenção, existente em todo o planeta.

A arquitectura em terra crua pode ser uma solução construtiva para o presente e para o futuro, especialmente se tivermos em conta os problemas ambientais com que nos deparamos na actualidade.

A sustentabilidade dos recursos naturais reflecte-se na arquitectura, sendo uma questão cada vez mais importante e um dos temas mais debatidos actualmente.

A forma como gerimos e utilizamos os recursos naturais influencia significativamente os ecossistemas, pelo que é muito importante o recurso a materiais recicláveis e a energias renováveis, contribuindo para reduzir

degradação dos ecossistemas e conseqüentemente garantir a sua sustentabilidade.

A eficiência energético-ambiental das habitações e dos materiais com que são construídas tem um papel muitíssimo importante.

Na presente dissertação propõe-se uma reflexão sobre arquitectura contemporânea, a forma como poderá evoluir e o impacto que pode causar a nível dos recursos naturais.

O conceito de arquitectura contemporânea não pode focar-se unicamente em aspectos formais e na utilização de materiais e tecnologias cuja utilização se torna, a médio e longo prazo, insustentável.

A arquitectura é uma actividade em constante evolução, que assenta na concepção de espaços relacionados com a actividade humana, influenciando o meio ambiente envolvente, pelo que terá forçosamente de, humildemente, respeitar o Planeta e a Natureza de que depende, sob pena de contribuir para comprometer o futuro da humanidade.

PALAVRAS-CHAVE: Arquitectura em terra; Sustentabilidade; Conforto; Contemporaneidade; Construção.

"Earth architecture in contemporary architecture"

Just like a seed grows from the soil and integrates with nature, architecture should also follow the same principle of development and integration, with a purpose to relate with and respect nature.

Earth architecture is studied in this dissertation to justify its potential and how contemporary it can be.

Raw earth is a sustainable natural material, connected to the environment and ecological principles. It is one of the most efficient solutions due to the fact that it is recyclable, energy efficient and easily obtainable throughout the planet.

Raw earth architecture can be a building solution for the present as well as the future, especially if we consider the environmental problems we are faced with nowadays.

Sustainability of natural resources is reflected in architecture, it is a matter of growing importance and one of the most debated issues today.

The way we manage and use natural resources significantly influences the ecosystems, which is why it is important to resort to recyclable materials and energies, contributing to reduce the degradation of the ecosystems and consequently guarantee their sustainability.

Energy and environmental efficiency of habitation and the building materials play a very important role.

This dissertation proposes a reflection on contemporary architecture, the way it can evolve and the impact it can have on natural resources.

The concept of contemporary architecture cannot focus exclusively on formal aspects and the use of materials and technologies which, in the medium and long run, will be unsustainable.

Architecture is constantly evolving, and is set on the making of spaces related to human activities, influencing its surroundings, for which it will necessarily need to humbly respect the planet and the nature on which it depends, otherwise contributing to compromise the future of mankind.

Keywords: Earth Architecture; Sustainability; Comfort; Contemporary; Construction

---

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>PARTE I - A TERRA NA CONSTRUÇÃO</b> .....	15
<b>CAPÍTULO I</b> .....	16
<b>ENQUADRAMENTO SOCIAL E HISTÓRICO</b> .....	16
<b>CAPÍTULO II</b> .....	23
<b>O MATERIAL E OS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO TRADICIONAIS</b> .....	23
1 - O MATERIAL.....	23
2 - SISTEMAS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS EM TERRA CRUA.....	27
2.1 - O ADOBE.....	28
2.2 - TAIPA.....	30
2.3 - BLOCOS DE TERRA COMPACTADA.....	33
2.4 - TABIQUE.....	35
<b>CAPÍTULO III</b> .....	37
<b>CONSTRUÇÃO EM TERRA E A SISMICIDADE</b> .....	37
1 - DEFINIÇÃO SISMO.....	37
2 - RESISTÊNCIA SÍSMICA DOS EDIFÍCIOS EM TERRA.....	45
2.1 - PONTOS CRÍTICOS.....	45
2.2 - FORMAS DE ESTABILIZAÇÃO.....	45
2.2.1 - CONCEPÇÃO ESTRUTURAL.....	45
2.2.2 - ESTABILIZAÇÃO PELA MASSA.....	46
2.2.3 - ESTABILIZAÇÃO PELA FORMA.....	47
2.2.4 - ESTABILIZAÇÃO POR REFORÇO INTERNO.....	48
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	51
<b>MÉTODO DE CONSTRUÇÃO GLOBAL</b> .....	51
<b>PARTE II - A CONSTRUÇÃO EM TERRA CRUA E A ARQUITECTURA CONTEMPORÂNEA</b> .....	53
<b>CAPÍTULO V</b> .....	54
<b>NOVOS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO EM TERRA</b> .....	54
1 - MODERNIZAÇÃO DA TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO EM TAIPA.....	58
2 - MODERNIZAÇÃO DA TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO EM BTC.....	64

<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>68</b>
<b>INTEGRAÇÃO E IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>68</b>
<b>CAPITULO VII.....</b>	<b>77</b>
<b>A ARQUITETURA EM TERRA NA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA.....</b>	<b>77</b>
<b>CAPITULO VIII.....</b>	<b>85</b>
<b>A ARQUITETURA EM TERRA, A SUSTENTABILIDADE E BIOCLIMÁTICA.....</b>	<b>85</b>
1 - INTEGRAÇÃO DA ARQUITECTURA EM TERRA NO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE.....	85
2 - NOVAS SOLUÇÕES BIOCLIMÁTICAS.....	90
<b>PARTEIII - ARQUITECTURA CONTEMPORÂNEA EM TERRA, COM FUTURO...99</b>	
<b>CAPITULO IX.....</b>	<b>100</b>
<b>ARQUITECTURA CONTEMPORÂNEA EM TERRA.....</b>	<b>100</b>
1 - HABITAÇÃO EM BEJA.....	102
2 - RICOLO HERB CENTER.....	105
3 - BRITTLEBUSH.....	109
4 - HOUSE RAUCH.....	115
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>122</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>127</b>

Fig.1 - "Aşıklı Höyük" Çatal Huyuk, Turquia.....	Pag. 17
Fig. 2 e 3 - Castelo de Paderne no Algarve.....	Pag. 18
Fig.4 - Castelo de Silves, no Algarve.....	Pag. 19
Fig. 5 - Sechin Bajo, Peru América do Sul.....	Pag. 20
Fig. 6 - Muralha da China .....	Pag. 21
Fig. 7 - Palácio de Potala (Lhasa, Tibete).....	Pag. 21
Fig. 8 - Definição de camadas de solo .....	Pag. 25
Fig. 9 - Percentagem adequada de componentes da terra para construção.....	Pag. 25
Fig. 10 - Teste da sedimentação de três tipos de solos .....	Pag. 26
Fig. 11 - Distribuição Geográfica das técnicas de construção em terra em Portugal.....	Pag. 28
Fig. 12 - Disposição dos blocos de adobe para exposição solar.....	Pag. 29
Fig. 13 - Construção em Taipa.....	Pag. 31
Fig. 14 - Workshop de construção em taipa, em Aljezur.....	Pag. 32
Fig. 15 - Blocos de terra compactada, Fabrica Carrapateira.....	Pag. 33
Fig. 16 - Interior de moradia na Carrapateira.....	Pag. 34
Fig. 17 - Interior de moradia na Carrapateira.....	Pag. 35
Fig. 18 - Foto de pormenor da execução da parede.....	Pag. 35
Fig. 19 - Parede em Tabique, São Cosmado, Armamar.....	Pag. 36
Fig. 20 - Esquema simples de análise do sismo.....	Pag. 37
Fig. 21 - Cidadela de Bam 2002, antes do sismo.....	Pag. 39
Fig. 22 - Cidadela de Bam, depois do sismo de 2003.....	Pag. 40
Fig. 23 - Mapa de Zonas sísmicas.....	Pag. 41
Fig. 24 - Mapa distribuição da arquitectura em terra.....	Pag. 41
Fig. 25 - Mapa de zonamento sísmico para Portugal.....	Pag. 42
Fig. 26 - Paredes de espessura significativa sistema de construção tradicional em taipa.....	Pag. 47
Fig 27 - Ângulos devem ser evitados ou solucionados com elementos de ligação.....	Pag. 48
Fig. 28 - Colocação de perfis verticais, habitação em Espanha.....	Pag. 49
Fig. 29 - Mapa da distribuição geográfica da arquitectura em terra pelo Mundo.....	Pag. 51
Fig. 30 - Centro Cultural Nk' Mip Desert, em South Okanagan Valley, Osoyoos, British Columbia, Canada.....	Pag. 56
Fig. 31 - Utilização equipamento de apoio martelo de compactação.....	Pag. 57
Fig. 32 - Evolução do sistema de construção em taipa, com utilização fundação em betão.....	Pag. 58
Fig. 33 - Utilização de Taipais com estrutura metálica.....	Pag. 59
Fig. 34 - Utilização de martelo pneumático.....	Pag. 60
Fig. 35 - Esquema de construção em Taipa.....	Pag. 60
Fig. 36 - Ricola Herb Center.....	Pag. 62
Fig. 37 - Painéis de fachada em terra, organizados.....	Pag. 63
Fig. 38 - Execução das paredes.....	Pag. 63
Fig. 39 - Análise do solo.....	Pag. 63
Fig. 40 - Sistema de elevação dos painéis com auxílio de grua.....	Pag. 63
Fig. 41 - Linha de fabrico de BTC, direccionamento da terra seleccionada.....	Pag. 64
Fig. 42 - Linha de fabrico de BTC, processo de mistura.....	Pag. 65
Fig. 43 - Linha de fabrico de BTC, processo de compactação.....	Pag. 65
Fig. 44 - Tijolos de terra com fibra de lã.....	Pag. 66
Fig. 45 - Planeta terra está nas mãos da Humanidade.....	Pag. 68
Fig. 46 - Gráfico representativo do consume de energia em Portugal.....	Pag. 70
Fig. 47 - Curva de Keeling. Projecções de emissões de CO2.....	Pag. 71
Fig. 48 - Ciclo natural da Construção em terra.....	Pag. 75

Fig. 49 - Casa unifamiliar de Schlins, Arq. Martin Rauch.....	Pag. 78
Fig. 50 - Disney Concert Hall, Los Angeles, EUA.....	Pag. 79
Fig. 51 - Escola secundária em Gando, arquitecto Francis Kere.....	Pag. 80
Fig. 52 - Sistema de taipa utilizado na construção das paredes da Escola secundária em Gando.....	Pag. 81
Fig. 53 - New Gourna, Egito, Hassan Fathy.....	Pag. 82
Fig. 54 - Quadro das vantagens da utilização da construção em terra crua.....	Pag. 88
Fig. 55 - BedZed, um Eco-bairro.....	Pag. 89
Fig. 56 - Escola secundária em Gando.....	Pag. 93
Fig. 57 - Processo de construção em Taipa, Escola secundária em Gando.....	Pag. 94
Fig. 58 - Escola secundária em Gando, fase de construção.....	Pag. 94
Fig. 59 - Esquema de Ventilação subterrânea e através da cobertura, Escola secundária em Gando.....	Pag. 95
Fig. 60 - Escola secundária em Gando.....	Pag. 96
Fig. 61 - Diagrama funcional do arrefecimento passivo e sistema de rega, Escola Secundária em Gando.....	Pag. 97
Fig. 62 - Potencial decorativo da utilização da terra na construção.....	Pag. 101
Fig. 63 - Habitação em Beja.....	Pag. 102
Fig. 64 - Foto pormenor da cobertura em combinação com a parede em terra.....	Pag. 103
Fig. 65 - Foto pormenor do reforço do vão.....	Pag. 103
Fig. 66 - Habitação em Beja.....	Pag. 104
Fig. 67 - Ricola Herb Center.....	Pag. 105
Fig. 68 - Pierre De Meuron explicando o desenvolvimento das paredes de taipa, Ricola Herb Center.....	Pag. 106
Fig. 69 - Ricola Herb Center.....	Pag. 107
Fig. 70 - Pormenor dos reflexo dos painéis circulares/vãos de iluminação, Ricola Herb Center.....	Pag. 108
Fig. 71 - Habitação-experimental no deserto, BRITTLEBUSH.....	Pag. 109
Fig. 72 - Interior Habitação-experimental no deserto, BRITTLEBUSH.....	Pag. 110
Fig. 73 - Interior Habitação-experimental no deserto, BRITTLEBUSH.....	Pag. 111
Fig. 74 - A noite no Interior Habitação-experimental no deserto, BRITTLEBUSH .....	Pag. 112
Fig. 75 - Liga de Ferro define as paredes de taipa.....	Pag. 112
Fig. 76 - Paredes em taipa.....	Pag. 113
Fig. 77 - Cromática resultante da terra com adição de corante, BRITTLEBUSH.....	Pag. 114
Fig. 78 - House Rauch.....	Pag. 115
Fig. 79 - House Rauch, enquadramento paisagístico envolvente.....	Pag. 116
Fig. 80 - Marcação das uniões entre camadas de taipa, Moradia Rauch.....	Pag. 117
Fig. 81 e 82 - Interior Moradia Rauch.....	Pag. 118
Fig. 83 - Interior Moradia Rauch.....	Pag. 119
Fig. 84 - Interior/Cozinha, Moradia Rauch.....	Pag. 119
Fig. 85 - Interior/Escada, Moradia Rauch.....	Pag. 120
Fig. 86 - Interior, Moradia Rauch.....	Pag. 120
Fig. 87 - Interior, Moradia Rauch.....	Pag. 121
Fig. 88 - Cobertura Plana, Moradia Rauch.....	Pag. 121

Viver em sintonia com a Natureza e com as nossas raízes...

A Natureza merece a nossa atenção, respeito e um grau de protecção muito superior ao que lhe é actualmente atribuído. Compete-nos a todos preservá-la, o futuro depende de uma nova consciência: a **Eco consciência**.

A alteração climática que está a afectar o Planeta com consequências devastadoras é uma problemática que diz respeito a toda a humanidade.

O actual modelo de vida é em grande parte responsável por esta dramática realidade e deve ser urgentemente repensado, sob pena de comprometer as gerações futuras.

A subida da temperatura a nível global e a ameaça de catástrofes ecológicas, já não são um cenário possível, mas sim uma realidade. Todos os dias são publicados artigos relatando situações que reflectem este fenómeno, sendo ainda mais dramática a tendência para o agravamento desta situação, facto este extremamente preocupante e comprovado por diversos estudos. Pode citar-se o documentário “Uma verdade que incomoda”, apresentado pelo ex-vice presidente e ex-candidato à presidência dos E.U.A., Al Gore, referenciando possíveis catástrofes associadas a perturbações climáticas, caso esta situação não mude urgentemente.

As emissões mundiais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o principal gás causador do efeito de estufa, aumentaram 16 por cento entre 1990 e 2003, segundo

um relatório do Banco Mundial. O mesmo relatório que revela que Portugal quase duplicou este valor no mesmo período.

A Humanidade tem que adoptar um novo estilo de vida, orientado para um equilíbrio ecológico e sustentável, principalmente nos países mais desenvolvidos, uma vez que são os maiores responsáveis pelo aumento das emissões de dióxido de carbono.

Esta atitude é fundamental, de modo a evitar-se um futuro que pode ser catastrófico. A esta nova “consciência”, podemos chamar **evolução humana**.

Ao analisarmos os dados relativos a emissões de dióxido de carbono associadas à edificação, constatamos que estas representam cerca de 40% do seu total, sendo este um valor alarmante.

É com base nestes expressivos valores que podemos concluir que a arquitectura também tem um peso muito importante ao nível de impactos ambientais, nomeadamente no que diz respeito às matérias-primas utilizadas, no consumo excessivo de energia relacionado com a produção dos materiais construtivos, no transporte desses materiais e na energia gasta na construção dos próprios edifícios, acrescentando que são normalmente pouco eficientes no que respeita à economia de energia. Todos estes aspectos contribuem para um “presente insustentável” do actual método construtivo corrente.

É neste enquadramento que surge o tema desta dissertação: a Arquitectura de terra e a sua utilização nos tempos atuais.

A terra crua é um dos mais antigos materiais utilizados na construção arquitectónica e que ainda hoje tem uma posição de destaque; estima-se que

cerca de 50% da população mundial habita ou trabalha em edifícios construídos com terra.

A terra crua é um material natural, reciclável e ecológico, abundante em qualquer parte do globo terrestre, ou seja, é de fácil obtenção, maioritariamente no local da construção, não requerendo grande consumo de energia na sua obtenção nem no seu transporte. É um excelente regulador térmico, contribuindo significativamente para satisfazer as necessidades a nível de equilíbrio de climatização, com baixos custos nomeadamente a médio e longo prazo, contribuindo também, desta forma, para a sustentabilidade ambiental.

Igualmente a nível formal, e numa perspectiva contemporânea, a terra tem um grande potencial, tanto pela sua beleza pura e natural, como pela sua textura e cromatismo, permitindo obter soluções de arquitectura e design arquitectónico bastante interessantes e intemporais.

## METODOLOGIA

O processo de investigação e análise visa retratar, tal como o tema indica, a integração e afirmação da arquitectura em terra crua na arquitectura contemporânea, principalmente pelo seu potencial ecológico e particular carácter a nível de cor e textura. Esta análise permite observar o sistema de construção em terra crua e o seu enquadramento enquanto modelo a seguir, contemporâneo, na perspectiva de desenvolvimento sustentável do meio ambiente em que se insere.

Neste sentido, a pesquisa irá focar três pontos essenciais que definem a sua orientação:

- A primeira parte do trabalho pretende fazer uma introdução ao tema, iniciando com uma abordagem à utilização da terra crua na construção, o seu contexto histórico e os sistemas construtivos mais utilizados no passado.
- A segunda parte tem como objectivo integrar a arquitectura e construção em terra crua na actualidade, a evolução dos sistemas construtivos em terra, analisar o impacto ambiental relacionado com a arquitectura em geral e por fim relacionar a arquitectura em terra com a arquitectura contemporânea.
- Na terceira parte pretende-se enquadrar a utilização da construção em terra nos conceitos de sustentabilidade e bioclimática, e, finalmente, apresentar exemplos do Estado da Arte, o seu potencial e a sua evolução.

## **PARTE I**

### **A TERRA NA CONSTRUÇÃO**

### ENQUADRAMENTO SOCIAL E HISTÓRICO

No início da humanidade o homem habitava em cavernas, vivia da Natureza e do que ela lhe oferecia, em pleno e mútuo respeito e equilíbrio.

A origem do uso da terra como método construtivo está relacionada com o Homem a partir do momento que se tornou agricultor e sedentário.

Sendo a terra um recurso disponível em qualquer local, naturalmente o Homem, como elemento da Natureza e fazendo parte de um ecossistema, prontamente reconheceu a terra como sua aliada, pois dela recolhia o seu alimento e a partir dela construía o seu abrigo<sup>1</sup>.

A transição do Homem caçador recolector para agricultor obrigou-o a sair das cavernas, para procurar as terras férteis onde pudesse cultivar, o que o levou a desenvolver e experimentar novas formas de se proteger e habitar, ou seja, de construir o seu abrigo. É nesse momento que surge a utilização da terra como matéria-prima de construção, sendo o material mais acessível que podia encontrar em muitos dos locais em que se decidiu fixar.

As referências mais antigas da utilização da terra crua na construção encontram-se em África e no Médio Oriente. Presume-se que a construção em terra crua remonta a mais de 10 000 anos. As primeiras cidades foram desenvolvidas com base em técnicas de construção em terra crua, nomeadamente nos muros e muralhas para protecção.

---

<sup>1</sup>Torgal, F.Pacheco; EIRES, Rute : G.; JALILI, Said - A Construção em Terra



Fig.1- "AşıklıHöyük" Çatal Huyuk, Turquia

Fonte: <http://tokushinancienthistory.blogspot.pt/>

Um dos exemplos mais antigos identificados é o da cidade de Catal Huyuk, na Turquia estimando-se que a data da sua construção seja de aproximadamente 6.700 a. C..(Fig.1)

*"O modo como a cidade foi construída, sua arquitectura, demonstra que os povos daquela época já estavam num processo cultural avançado. As casas eram construídas sem separação entre uma e outra de tal forma que não havia espaços que as ligavam ao "quintal". Também não havia portas ou janelas e as paredes eram construídas com tijolo cru."<sup>2</sup>*

Supõe-se, no entanto, que foi também na Mesopotâmia e no Egipto que se iniciou a utilização da terra crua, tendo os Romanos, mais tarde, adoptado este método construtivo. Contudo, foram os Árabes que mais utilizaram a terra

---

<sup>2</sup>Fonte: <http://silvasud.wordpress.com/2012/04/05/a-individualidade-no-periodo-neolitico-em-catal-huyuk/>

nas suas construções e que introduziram esta tecnologia na Europa, África e Médio Oriente.

Esta tecnologia foi posteriormente levada por colonizadores para outras regiões.

Na Europa, foi durante o Império Romano que se deu uma enorme expansão da construção em terra. Na Península Ibérica, a maior divulgação na utilização da terra na construção data aproximadamente do século XI<sup>3</sup>, com a introdução da construção em terra, e a origem dos sistemas construtivos que utilizam a terra, apontada a Fenícios, Cartagineses, Romanos e Árabes.

Porém, embora todos eles tenham contribuído para a evolução destas técnicas, considera-se que os Árabes foram os que mais as utilizaram e a desenvolveram.

Por todo o continente podemos ainda encontrar exemplos de construções em terra (infelizmente a maioria a necessitarem de recuperação e manutenção) que remontam a vários séculos atrás.



Fig. 2 e 3 - Castelo de Paderne no Algarve

Fonte: [http://www.c2com.up.pt/blog/rosadosventos/2004/07/02/castelo\\_de\\_paderne.html](http://www.c2com.up.pt/blog/rosadosventos/2004/07/02/castelo_de_paderne.html)

---

<sup>3</sup> Cláudio Torres, artigo “A memória da terra” - em “Arquitectura de terra em Portugal”, editado pela CdT, pela “Argumentum”,

Apona-se o caso da ruina castelo de Paderne, actualmente com algumas obras de recuperação, constitui um exemplo de uma fortaleza árabe, uma construção militar muçulmana construída no topo de um promontório calcário (Fig.2 e 3).

Conquistado em 1248 ao Califa Almôada Al-Mansor pelos cavaleiros monges da ordem de Santiago. Este castelo de taipa destinava-se, em tempos medievais, a vigilância e protecção do caminho entre o litoral e o interior do Algarve.

A taipa é referenciada em textos árabes desde o século VIII, nomeadamente na descrição das construções militares e alcáçovas.

O Castelo de Silves é uma das mais notáveis obras de arquitectura militar construída pelos árabes, há mais de mil anos.



Fig. 4 - Castelo de Silves, no Algarve

Fonte: [www.cm-silves.pt/portal\\_autarquico](http://www.cm-silves.pt/portal_autarquico)

Forma um polígono irregular, rodeado por uma forte muralha em taipa, revestida a arenito vermelho (o grés de Silves), e ocupa uma área total de cerca de 12.000m<sup>2</sup> (Fig.4).

Pode referir-se também que por todo o continente americano a construção em terra também foi utilizada ao longo de milénios, tendo sido bastante utilizada pelas civilizações Maia e Inca (Fig.5).



Fig. 5 -Sechin Bajo, Peru América do Sul

Fonte: <http://amarros.wordpress.com/2013/06/17/nosso-decimo-sexto-dia-casma-a-trujillo>

A utilização da terra crua foi identificada não só na construção de habitações rurais, mas também em monumentos de cariz mais erudito, nomeadamente em pirâmides, mosteiros, igrejas e mesquitas, o que prova o grande potencial deste material.

Entre os edifícios executados em terra conhecidos mundialmente estão a Muralha da China (Fig.6), que inicialmente foi construída em terra e posteriormente revestida com pedra e o Templo de Ramsés II no Egípto, executado em adobe, há aproximadamente três mil e duzentos anos.



Fig. 6 - Muralha da China

Fonte: <http://www.tecmundo.com.br/imagens/2012/4/materias/337556510282426-o.jpg>

Na Ásia, ainda outro exemplo notório de construção em terra é o Palácio Potala, no Tibete (Fig. 7).

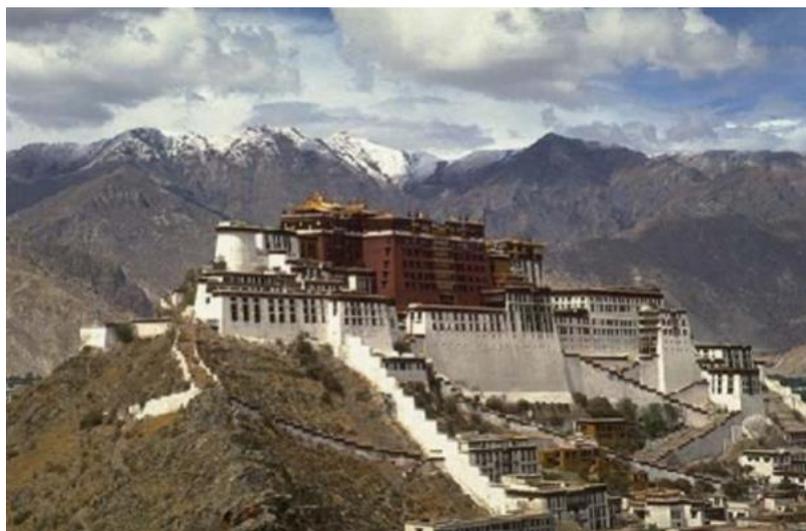


Fig. 7 - Palácio de Potala (Lhasa, Tibete)

Fonte: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/817/6/Parte%20II.pdf>.

Os hindus e monges budistas também utilizavam a terra crua na construção, não só nas suas habitações, como também nos seus templos.

As civilizações mais antigas atribuíam ainda à construção em terra uma conexão muito interessante como a sensualidade e a espiritualidade. A natureza do próprio material e a sua plasticidade permite uma multiplicidade de formas relacionando rituais e ligações espirituais com a “Terra Mãe”, muitas vezes expressos sob a forma de arte religiosa, através de formas escultóricas/arquitectónicas.

Expressavam abstracção, gestualidade, geometria, simbolismo e figuras humanas. As formas sensuais que o material permite, atingiram o seu auge através de várias construções, em África e no Médio Oriente, originando uma arquitectura escultórica em terra.

A terra era considerada o elemento mais fertilizante do planeta, tornando-se num símbolo de sexualidade.

---

### O MATERIAL E OS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO TRADICIONAIS

#### 1 - O MATERIAL

Os povos habitantes nas várias regiões do planeta tendem a executar as suas casas, com os materiais disponíveis nas zonas em que habitam.

Isto por questões óbvias como a fácil obtenção, adaptação e enquadramento natural ou, eventualmente, a falta de alternativa. Nos polos utilizavam apenas o gelo, como material de construção, nas florestas os arbustos e árvores, nas montanhas a pedra e nas planícies mais férteis utilizavam a terra.

Neste contexto a arquitectura de **terra crua** actual, inspirada em tecnologias tradicionais em que se utilizavam sistemas construtivos simples e intuitivos, e considerando que a terra continua a ser o material de mais fácil de obtenção, torna-se perfeitamente passível de ser adaptado aos dias de hoje. Naturalmente deve-se ter em consideração que o objectivo não é o homem moderno habitar em casas sem condições de habitabilidade, mas sim, que ao utilizar este sistema construtivo o adapte, complementando-o com soluções actuais, garantindo deste modo conforto, economia de energia e contribuindo assim para um ambiente sustentável.

Embora lentamente, já se vêm sinais de compreensão e respeito pela Natureza e consciência relativamente à sustentabilidade<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup>Princípios ecológicos, abordado, na Parte III, capítulo 8

Actualmente, não obstante a falta de credibilidade na utilização da terra crua e seus sistemas construtivos, a construção dos edifícios já revela uma preocupação principalmente ao nível de economia de energia e com reflexo a na legislação<sup>5</sup>, ainda que insuficiente é um importante passo.

Conceitos como a sustentabilidade e as soluções bioclimáticas<sup>6</sup> surgem como o despertar para a utilização de materiais biodegradáveis, eficientes económicos, contribuindo assim para um ambiente despoluído e mais sustentável.

Apesar das provas reais existentes, como os edifícios e cidades com vários séculos ou até mesmo milhares de anos já referenciados (e entre muitos outros), a terra crua ainda é considerado como um material frágil, com duração reduzida e que apenas permite a construção de edifício rudimentares de pouca qualidade do ponto de vista construtivo.

Como se pode pôr em questão a qualidade da terra ou a sua duração, quando ainda hoje se pode visitar edifícios construídos com este material, com técnicas e conhecimento, com milhares de anos...? Será que os edifícios de hoje poderão durar pelo menos o mesmo tempo...?

Na execução de edifícios em terra utiliza-se muitas vezes a própria terra que se obtém na modelação do terreno, na escavação das fundações ou da cave. No entanto as propriedades do solo<sup>7</sup> variam de local para local, o que pode influenciar a qualidade da terra, que se pretende utilizar.

---

<sup>5</sup>Legislação associada à eficiência energética dos edifícios

<sup>6</sup>Princípios ecológicos, abordado, na Parte III, capítulo 9

<sup>7</sup>É a camada superficial da crosta terrestre, constituída por partículas minerais, matéria orgânica, água, ar.

Normalmente a camada superior de solo não é a mais adequada para utilização na construção em terra (Fig.8), é sim mais adequada para a agricultura.



Fig. 8 - Definição de camadas de solo.

Fonte: [http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/search/label/TESTES%20E%20ENSAIOS\\_tests\\_pruebas\\_Laboruntersuchungen](http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/search/label/TESTES%20E%20ENSAIOS_tests_pruebas_Laboruntersuchungen)

A terra é composta essencialmente por Argila, Areia, Silte e Areão, no entanto a percentagem de cada composto deve ser controlada de forma a obter a terra mais adequada possível (Fig. 9).



Fig. 9 -Percentagem adequada de componentes da terra para construção.

Fonte: [http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/search/label/TESTES%20E%20ENSAIOS\\_tests\\_pruebas\\_Laboruntersuchungen](http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/search/label/TESTES%20E%20ENSAIOS_tests_pruebas_Laboruntersuchungen)

Assim sendo a terra é recolhida e analisada, avaliando-se as suas características e a partir da percentagem dos materiais que a constitui, poderá ser necessário, ou não, que se tenha de corrigir a sua composição.

A correcção é feita adicionando areia ou argila, conforme as características apresentadas, variando a percentagem ideal da sua composição entre 25% a 50% de argila, silte, 40% a 50% de areia e 10% a 20% de areão.



Fig. 10 - Teste da sedimentação de três tipos de solos.

Fonte: <http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2008/10/terra-certa-para-construovoli.html>

Alguns dos testes de avaliação da terra a utilizar, podem ser executados em laboratório, mas a experiência do senso comum, revela teste simples, suficientes e eficazes para uma adequada avaliação do material.

A forma mais utilizada para testar a terra e talvez a mais abrangente a nível de avaliação dos seus diferentes componentes é o teste de sedimentação (Fig.10), que consiste na colocação de uma percentagem de água adequada à percentagem de terra, agitar energicamente e verificar então a forma como os componentes se depositam em estratos uns sobre os outros.

A verificação da percentagem de humidade que a terra apresenta é feito através de um teste em que é moldada uma bola em terra (sendo que esta terra já se apresenta humedecida) e esta é deixada cair no chão. O resultado ideal deve ser a total desfragmentação da bola ao colidir com o solo.<sup>8</sup>

A forma simples de testar a quantidade de barro presente na terra é através da colocação de terra numa meia-cana posteriormente deixada a secar durante algum tempo. Caso esta apresente muitas fissuras significa que contem barro em excesso, o que naturalmente terá que ser corrigido dado que o mesmo se reflectirá nas paredes a construir.<sup>9</sup>

*“Por tudo isto, dizem os conhecedores, e com razão, que na construção em taipa estamos a fazer pedra num curto espaço de tempo, aquilo que a Natureza leva séculos a criar”.*<sup>10</sup>

## 2 - SISTEMAS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS EM TERRA CRUA

A arquitectura em terra crua tem como principio base, paralelamente à facilidade na sua obtenção, a fácil execução, essencialmente na sua forma tradicional de construção. As soluções construtivas utilizadas no passado são bastante simples e perfeitamente acessíveis mas, apesar disso, quase nunca são utilizadas nos países mais desenvolvidos, tendo essas técnicas sido substituídas por modelos construtivos muito mais complexos e mecanizados.

---

<sup>8</sup> Informação sobre teste resulta diálogos com antigos artesãos e visita a fábrica de BTC na carrapateira.

<sup>9</sup> Idem

<sup>10</sup> <http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt>

Entre as várias técnicas ou métodos construtivos em terra, são conhecidos mais de vinte métodos de construção em terra crua, os mais conhecidos e mais utilizados são o Adobe, a Taipa, os Blocos de terra compactada e Pau-a-Pique.

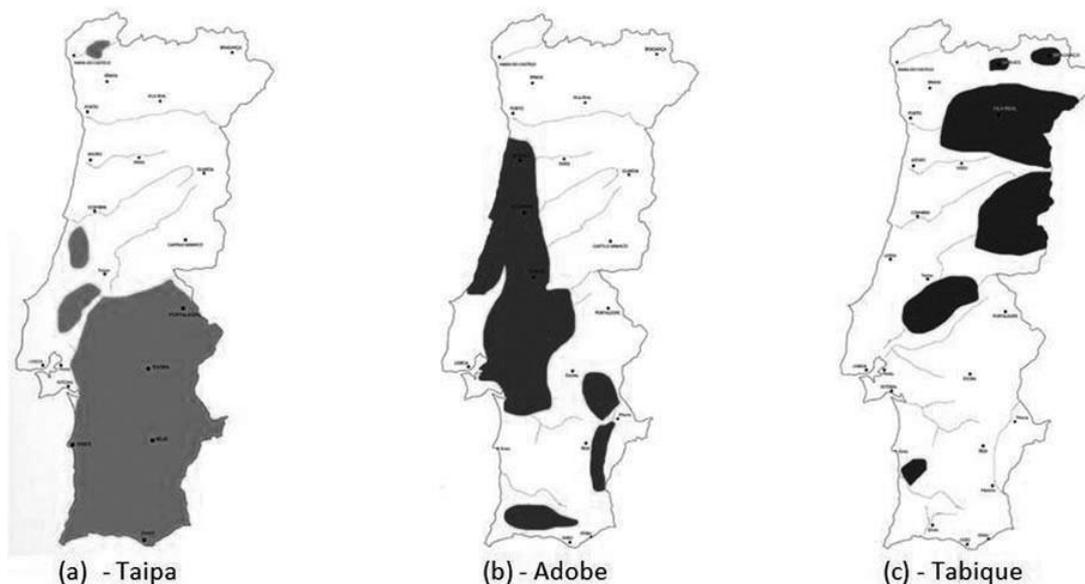


Fig. 11 - Distribuição Geográfica das técnicas de construção em terra em Portugal.

Fonte: Arquitectura de Terra em Portugal, ARGUMENTUM, 1ª Edição, ISBN: 972-8479-36-0 Setembro de 2005

## 2.1 - O ADOBE

O adobe é um termo de origem árabe e por estes identificado por “ottob” eno Egipto, conhecido por “othobe”, uma das técnicas de construção em terra mais antiga, mais conhecida e mais simples.

Este método caracteriza-se pela sobreposição de blocos paralelepípedicos de forma regular, que são produzidos manualmente.

O processo de execução dos blocos consiste na colocação de terra humedecida com água, misturada com palha, em moldes de forma paralelepípedica e deixados a secar ao sol (Fig. 12).

Trata-se de um sistema construtivo bastante simples e económico, principalmente a nível de consumo de energia, visto que pode ser apenas usada a força humana e a energia do sol.



Fig. 12 - Disposição dos blocos de adobe para exposição solar  
Fonte: <http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2008/10/terra-certa-para-construovoli.html>

Em Portugal existem algumas referências de construções em adobe, principalmente no Centro e Sul do país (Fig.11).

Os blocos de adobe são um excelente regulador da humidade relativa do ar e da temperatura ambiente no interior da habitação, devido à sua porosidade, à sua inércia térmica e à dimensão com que as paredes são executadas (mínimo de 30cm), o que resulta numa muita boa eficiência térmica.

No Inverno tem um óptimo desempenho uma vez que os blocos retêm o calor no seu interior e no Verão retardam a sua passagem, contribuindo para

manter a habitação mais fresca. Também acusticamente estes blocos são um bom isolante, sendo também não tóxicos e inteiramente ecológicos.

A construção com blocos de adobe exige contudo, uma estrutura complementar de preferência em madeira, bambu ou fibras vegetais, por forma a conferir maior estabilidade.

## **2.2 - TAIPA**

A taipa é também uma das técnicas de construção mais antiga e muito utilizada. Tal como o Adobe, em Portugal é no Algarve e Alentejo (Fig.11) que se encontram mais exemplos de edifícios construídos com esta técnica.

O processo tinha início com a execução de um muro de fundação em pedra, que servia de base para a construção, sobressaindo pelo menos 10cm do nível do solo natural, de forma a evitar que as paredes de taipa assentassem directamente no solo, o que poderia originar a infiltração de água por capilaridade, resultando na deterioração das paredes de terra.

A taipa, tal como o próprio nome indica, define-se pela utilização de dois taipais que eram colocados paralelamente e ligados por varões metálicos, permitindo o ajuste entre eles.

Nos topos eram fixadas duas tampas mais pequenas, formando um género de cofragem que servia de molde. Neste era então colocada a terra humedecida e amassada, juntamente com cascalho de pequena dimensão, em camadas de aproximadamente 0,10m, sendo cada camada compactada com um pilão.

Normalmente as dimensões finais de cada bloco de taipa eram 1,50mx0,50mx0,50m.

Os taipais eram posteriormente retirados e iniciava-se um novo bloco imediatamente a seguir até se completar uma fiada horizontal. Repetindo-se o procedimento, as paredes eram erguidas por várias fiadas horizontais até se atingir a altura desejada para a edificação.

A junta entre os blocos era normalmente executada de forma desencontrada entre fiadas horizontais, permitindo melhor travamento. No entanto existem alguns exemplos com junta alinhada.



Fig.13- Construção em Taipa

Fonte: <http://www.architecture-design-corse.com/taipa-em-portugal/>

Neste sistema construtivo, assim como em todos os outros métodos de construção em terra, a composição da terra e a sua mistura com água eram controladas, um excesso de água poderia dificultar a compactação, tal como um excesso de barro poderia originar fissuras nas paredes.

O reboco ou acabamento das paredes era fundamental para garantir resistência e durabilidade e era executado com uma mistura de cal e ou barro e areia.

No passado estes taipais eram construídos em madeira ordinária, actualmente são substituídos por taipais bastante mais resistentes, feitos com tabua própria de cofragem, contraplacado ou ferro, permitindo uma melhor compactação e um acabamento mais regular.



Fig. 14 - Workshop de construção em taipa, em Aljezur  
Fonte: <http://www.engenhariacivil.com/construcao-taipa-aljezur>

A forma de compactar é uma das fases mais importantes, pois é nesta fase que as paredes adquirem rigidez. Actualmente pode ser também utilizado o martelo compressor para compactar a terra.

No passado, diziam os mais experientes:

*"Para fazer uma boa taipa, a terra tem de ser carregada por um coxo e batida por um louco"*

Isto porque a pessoa que transporta a terra, deve aguardar que a camada anterior seja devidamente batida, antes da colocação da camada seguinte, pelo dever ser uma pessoa paciente e mais lenta.

### 2.3 - BLOCOS DE TERRA COMPACTADA

Uma técnica mais recente os BTC, uma das técnicas actualmente mais utilizadas ,baseia-se na utilização de blocos de terra compactada.<sup>11</sup>



**Fig. 15 - Blocos de terra compactada, Fabrica Carrapateira**  
Fonte: Fotografia tirada em visita a Fabrica de BTC, na Carrapateira

Estes blocos são executados como o próprio nome indica por compactação de areia, terra, argila, e por vezes aproximadamente 5% de cimento (solução menos ecológica) ou de cal (Fig.15). Podem ser fabricados de uma forma mais artesanal, ou seja com prensas manuais, através de uma alavanca mecânica, ou de forma mais industrializada utilizando maquinaria, alimentada com energia eléctrica ou diesel.<sup>12</sup>

A nível estrutural as paredes podem ou não ter estrutura complementar com recurso a travamento de madeira.

---

<sup>11</sup>Informação recolhida em visita de estudo a fábrica de BTC, na Carrapateira

<sup>12</sup>Quintino, Guilherme- Blocos de terra compactada em "Arquitectura de terra em Portugal." Pag. 53.



**Fig.16- Interior de moradia na Carrapateira**

Fonte: Fotografia tirada em visita a Fabrica de BTC, na Carrapateira



**Fig.17 - Interior de moradia na Carrapateira**

Fonte: Fotografia tirada em visita a Fabrica de BTC, na Carrapateira

Os blocos, como é visível na figura Fig.13, estão colocados em diferentes orientações por forma a conferir maior estabilidade às paredes.

Os blocos são propositadamente dimensionados com medidas adequadas para possibilitar exactamente a alteração de orientação dos blocos metendo constante a largura da parede.



**Fig.18 - Foto de pormenor da execução da parede**

Fonte: Fotografia tirada em visita a Fabrica de BTC, na Carrapateira

## **2.4 - TABIQUE**

Esta técnica é principalmente utilizada no interior, em paredes divisórias não estruturais, composta por uma malha de régua de madeira em que os espaços vazios são preenchidos com terra humedecida.

Também conhecida por “taipa de fasquio”, “taipa de rodízio”, “taipa de sopapo”, “taipa de chapada”, “pau a pique”, “terra sobre engradado” ou “barro armado”

Em Portugal este sistema foi muito utilizado na zona do Vale do Douro.

As paredes de tabique funcionam como sub-estrutura, normalmente reforçadas com pilares e vigas de madeira (Fig. 19).<sup>13</sup>

As construções com paredes em tabique foram as que melhor resistiram ao terramoto de 1755.<sup>14</sup>



**Fig. 19 - Parede em Tabique, São Cosmado, Armamar**

Fonte: <http://arquitecturadouro.blogspot.pt/2008/01/tcnicas-de-construo-no-alto-douro-o.html>

---

<sup>13</sup>Arquitectura de Terra em Portugal, Argumentum, 2005

<sup>14</sup><http://arquitecturadouro.blogspot.pt/2008/01/tcnicas-de-construo-no-alto-douro-o.html>

## CONSTRUÇÃO EM TERRA E A SISMICIDADE

## 1 - DEFINIÇÃO SISMO

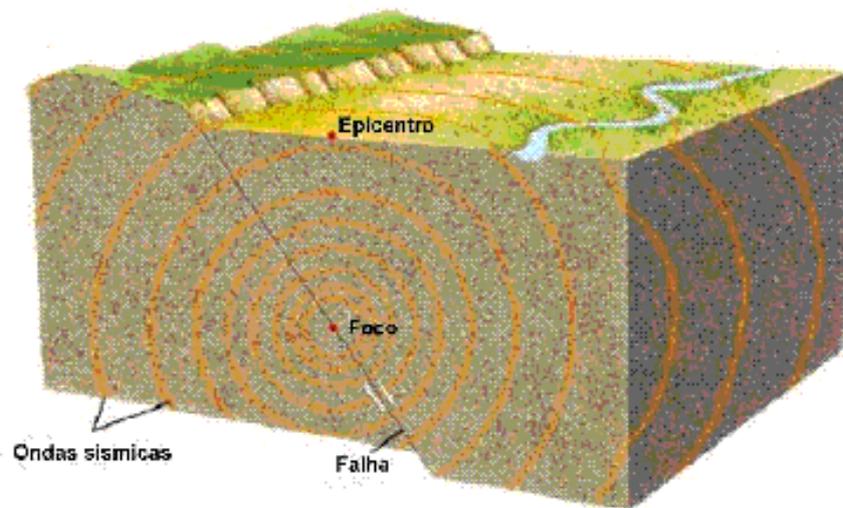


Fig. 20 - Esquema simples de análise do sismo

Fonte: [http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/o\\_que\\_sao\\_sismos.html](http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/o_que_sao_sismos.html)

Um sismo é um fenómeno natural resultante de uma rotura mais ou menos violenta no interior da crosta terrestre, correspondendo à libertação de uma grande quantidade de energia, e que provoca vibrações que se transmitem a uma vasta área circundante.

Na maior parte dos casos os sismos são devidos a movimentos ao longo de falhas geológicas existentes entre as diferentes placas tectónicas que constituem a região superficial terrestre, as quais se movimentam entre si.<sup>15</sup>

As referidas vibrações, resultam em forças horizontais e verticais nas construções, sendo principalmente as horizontais, que mais afectam os edifícios, devido a inércia da massa construída relativamente às forças que movimentam a sua base, permanecendo a restante construção imóvel.

As forças de inércia actuam sobre a base da estrutura dos edifícios, apresentando valores proporcionais ao peso dos mesmos, ou seja, quanto maior o peso do edifício mais inércia se exerce sobre a sua base.

Esta dinâmica, resulta claramente em tensões de deformação provocadas pelas forças horizontais e verticais, como acima referido. Sendo principalmente os esforços de tracção originados pelas forças horizontais, ou seja, as forças perpendiculares às paredes, as que provocam flexão e corte e às quais a construção em terra apresenta maior dificuldade em resistir.<sup>16</sup>

A construção em terra, é identificada por fraca resistência à tracção e boa resistência a compressão, uma vez que as paredes em terra normalmente são espessas (rondando os 50cm) e baixas (entre 1 e 2 pisos), apresentando no entanto pouca resistência mecânica.<sup>17</sup>

A questão relativamente a resistência sísmica das paredes em terra é considerada como a grande desvantagem nesta técnica de construção, no

---

<sup>15</sup>Fonte base para definição: <http://www.meteopt.com>

<sup>16</sup>Gomes, Maria I. Silva - Construções sísmo resistentes em terra crua Pag.58 e 59 /Minke, Gernot- Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra P.6

<sup>17</sup><http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream>

entanto o fundamento para este argumento é principalmente baseado na análise de efeitos causados por sismos de grande potencial destrutivo, em construções em terra com centenas de anos.

Esta classificação deverá ser reconsiderada tendo em conta evolução das tecnologias de construção e os conhecimentos actuais, relativamente à construção em terra, como por exemplo a introdução do conceito de estruturas mistas, por exemplo terra e madeira.

Refira-se que não só relativamente à construção em terra, como noutros sistemas construtivos, é da responsabilidade de todos os intervenientes, autoridades, investigadores, projectistas e empresas, reunir esforços e estudar soluções no sentido de evitar o máximo possível perdas humanas e danos físicos nas construções, resultantes destas catástrofes naturais.<sup>18</sup>



Fig. 21 - Cidadela de Bam 2002, antes do sismo.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Bam>

---

<sup>18</sup> Lourenço, Paulo - em "As estruturas de terra e os sismos" comunicação Universidade do Minho Departamento de Engenharia Civil, <http://www.civil.uminho.pt/masonry>



**Fig. 22 - Cidadela de Bam, depois do sismo de 2003**  
Fonte: <http://narotadaseda.weebly.com/7/archives/07-2013/1.html>

A título de exemplo, a cidade de Bam, no Irão, com mais de 2000 anos, essencialmente construída em adobe, em Dezembro de 2003 sofreu um sismo com uma magnitude de 6.6 da escala de Richter, originando a morte de cerca de 40% da população e a destruição de aproximadamente 80% dos edifícios, serve imediatamente como forte conexão para que a construção em terra seja considerada vulnerável (Fig. 21 e 22).

Não desvalorizando de forma alguma o drama destas ocorrências, nitidamente se percebe que estão principalmente associadas a deficiências construtivas, como por exemplo a falta de travamento, reforço estrutural, fundação resistente, entre outras que serão abordadas no capítulo seguinte.

Refira-se ainda que, além das técnicas tradicionais de construção em terra, adequadas ao conhecimento que se tinha então, relativamente à sua vulnerabilidade sísmica, é de destacar que é nessas zonas onde a construção

em terra predomina coincide com zonas de moderada ou elevada perigosidade sísmica e de maior risco (Fig.23 e 24).

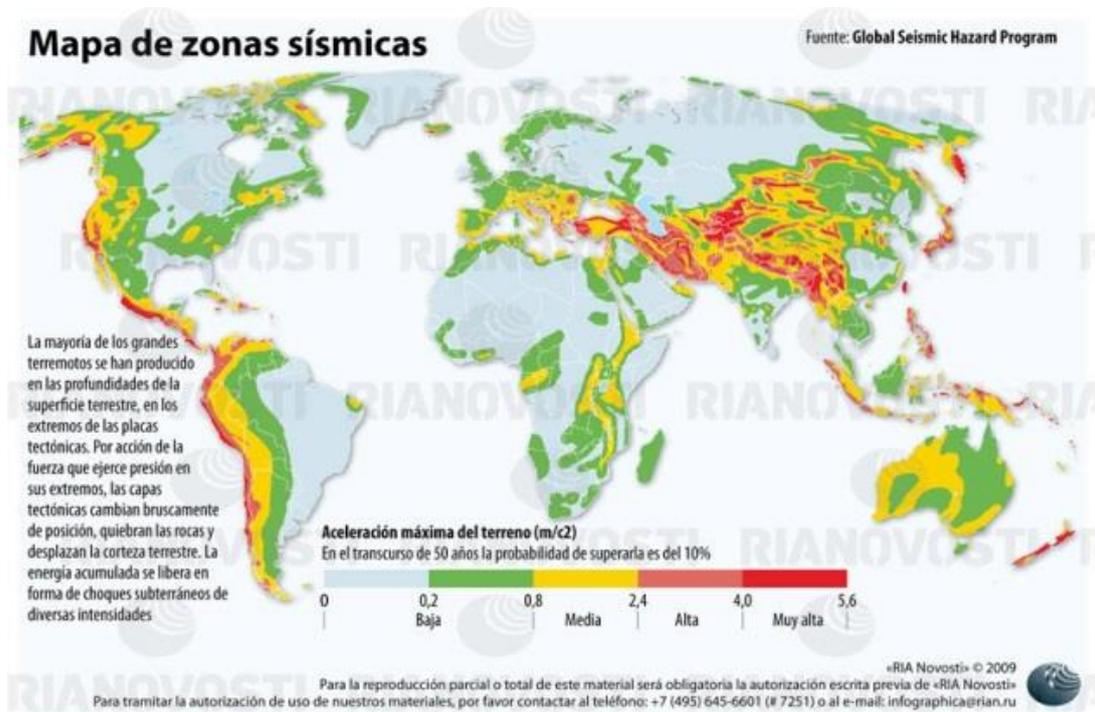


Fig. 23 - Mapa de Zonas sísmicas

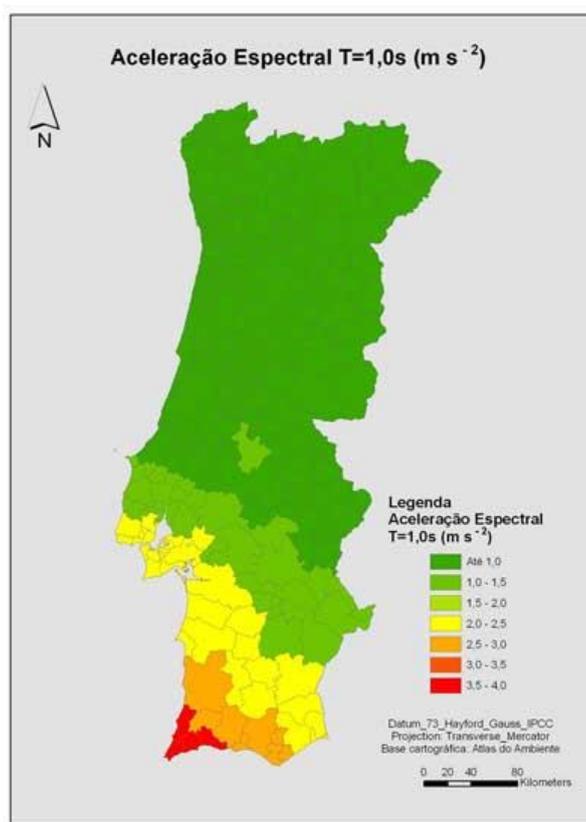
Fonte: João Duarte Fonseca-<http://newsletter.fct.pt/novo-projeto-refina-dados-de-perigosidade-sismica-em-portugal/#sthash.wCbwf0lb.dpuf>



Fig. 24 - Mapa distribuição da arquitetura em terra

Fonte: [http://www.earth-auroville.com/world\\_techniques\\_introduction\\_en.php](http://www.earth-auroville.com/world_techniques_introduction_en.php)

Os grandes sismos têm um forte poder devastador e Portugal devido à sua localização geográfica, tem um historial nesta matéria que torna bastante provável que ocorram sismos de grande magnitude no futuro. O Continente Português situa-se na placa euro-asiática, limitada a Sul pela falha Açores-Gibraltar, que corresponde à junção entre as placas euro-asiática e africana e a Oeste pela falha dorsal do oceano Atlântico.<sup>19</sup> A intensidade de perigosidade sísmica aumenta de Norte para Sul, pelo que o Algarve e o Alentejo são as zonas mais críticas e perigosas (Zona A, de elevado risco sísmico)<sup>20</sup> e é exactamente onde a construção em terra assume maior presença.



**Fig. 25 - Mapa de zonamento sísmico para Portugal**

(Documento Nacional de Aplicação do Eurocódigo 8). Fonte: João Duarte Fonseca - See more at: <http://newsletter.fct.pt/novo-projeto-refina-dados-de-perigosidade-sismica-em-portugal/#sthash.qUjWJ4R5.dpuf>

<sup>19</sup>Sismicidade em Portugal\_ <http://www.proteccaocivil.pt/>

<sup>20</sup>Gomes, Maria I. Silva - Construção sísmo resistente em Terra Crua Pag.57

O último grande sismo em Portugal foi em 1755, tendo atingido 8.75 na escala de Richter, com epicentro localizado no acidente Açores-Gibraltar (sismos inter-placas),<sup>21</sup> tendo provocado cerca de 30 000 mortos.

No entanto em Portugal a legislação anti-sísmica não contempla a utilização da terra na construção, e são poucos os países que a incluem na sua regulamentação sísmica. A Nova Zelândia<sup>22</sup> é uma das poucas excepções, sendo também uma zona do planeta com maior sismicidade.

Os sistemas construtivos em terra à semelhança de qualquer outro sistema de construção têm vindo a evoluir, integrando actualizações nas técnicas construtivas no sentido de definir soluções adequadas para a nova construção.

Como refere Minke, o censo realizado pelo governo de El Salvador após o sismo de 13 de Janeiro de 2001 (medindo 7,6 na escala Richter), concluiu que as construções em terra não eram mais afectadas do que outros tipos de construção.<sup>23</sup>

O comportamento sísmico da construção em terra crua é constantemente posto em causa. No entanto o facto deste tipo de construção ser bastante utilizado na América Latina, onde a actividade sísmica é elevada, demonstra que existem muitas formas testadas ao longo dos tempos para resolver o problema da resistência sísmica de edifícios construídos em terra crua.<sup>24</sup>

---

<sup>21</sup> Sismicidade em Portugal\_ <http://www.proteccaocivil.pt/>

<sup>22</sup> Standards New Zealand (1998) NZ 4297: Engineering Design of Earth Buildings, Earth Building Association of New Zealand, New Zealand.

<sup>23</sup> Minke, Gernot - Construction Manual for earthquake-resistant houses built of earth

<sup>24</sup> idem

Foram realizados testes em casos reais que comprovaram que as construções em terra têm capacidade de resistir a sismos de grau elevado (8 e 9), abrindo fissuras sem no entanto colapsar.<sup>25</sup>

Os conhecimentos adquiridos na última década, não só através de investigação, mas também os resultantes da análise dos efeitos causados pelos grandes sismos que ocorreram recentemente, podem contribuir significativamente para reduzir a vulnerabilidade sísmica do edificado, e encontrar soluções técnicas adequadas para as novas construções. Neste sentido, pretende-se como um princípio da arquitectura, que as soluções construtivas se enquadrem sem dúvidas nas exigências e necessidades humanas, como base consciente e não redutora relativamente a utilização da terra na construção.

A resistência sísmica é uma questão muito complexa e embora seja possível minimizar os danos causados nas construções, dificilmente se consegue uma solução perfeita, capaz de resistir às forças exercidas por um sismo.

É importante realçar que a análise acima referida não se aplica somente à construção em terra, também se aplica a qualquer outra técnica de construção, pelo que, e no mesmo desenvolvimento o mais importante será um projecto bom e completo, complementado por um bom planeamento, na procura de se adoptar por soluções que garantam harmonia entre a estética e a eficiência.

---

<sup>25</sup> *idem*

## 2 - RESISTÊNCIA SÍSMICA DOS EDIFÍCIOS EM TERRA

### 2.1 - PONTOS CRITICOS

Com base nos estudos acima referenciados é possível definir alguns princípios básicos a ter em conta na arquitectura em terra, conforme Gernot Minke destaca:

- As forças que actuam num edifício são proporcionais ao seu peso ou massa;
- As aberturas de vãos e ângulos conferem pontos críticos nos edifícios<sup>26</sup>
- O aumento do comprimento e da altura das paredes sem reforço estrutural, torna os edifícios mais vulneráveis aos movimentos de tracção;<sup>27</sup>
- As conexões entre a cobertura, as paredes e a fundação requerem especial atenção.<sup>28</sup>

### 2.2 - FORMAS DE ESTABILIZAÇÃO

#### 2.2.1 - CONCEPÇÃO ESTRUTURAL<sup>29</sup>

Conforme refere Minke, existem três principais métodos para conceber soluções sísmo-resistentes:<sup>30</sup>

O método mais comum, e muito importante, é uma adequada ligação da cobertura do edifício com as paredes, para que o edifício funcione como um

---

<sup>26</sup> Minke, Gernot - Construction Manual for earthquake-resistant houses built of earth

<sup>27</sup> Idem

<sup>28</sup> Idem

<sup>29</sup> Minke, Gernot - Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, pag 163

<sup>30</sup> Minke, Gernot - Construction Manual for earthquake-resistant houses built of earth

bloco único em caso de sismo e, desta forma, resistir às forças provenientes das várias direcções sem se deformar.

O segundo método foca a capacidade elástica dos edifícios, de tal forma que permita proporções em que a cinética do sismo se dissipa nas paredes, não provocando quaisquer danos. Importante seria evidenciar a garantia de uma devida fixação das paredes com a viga de bordadura e a base, evitando que se desliguem e a cobertura caia.

O terceiro método propõe uma estrutura de suporte para a cobertura conferida por colunas<sup>31</sup> externas às paredes, possibilitando deste modo, em caso de sismo, que a estrutura da cobertura trabalhe<sup>32</sup> independente das paredes e permitindo diferentes movimentações entre os diferentes elementos.

## 2.2.2 - ESTABILIZAÇÃO PELA MASSA

A estabilização pela massa visa a possibilidade de as paredes funcionarem como autoportantes.<sup>33</sup>

Em Mendoza, na Argentina, foram identificadas casas com mais de 150 anos, com dois pisos, com paredes de espessura considerável, rondando os 60cm e os 100cm (Fig.26), permitindo desta forma, pela sua massa, resistirem às forças horizontais de vários sismos, enquanto moradias envolventes com paredes mais estreitas colapsaram, apesar de construídas com estruturas em betão. Actualmente, este sistema de estabilização não é viável, a execução de

---

<sup>31</sup> Colunas ou Pilares

<sup>32</sup> A estrutura trabalhar, significa que esta se movimenta nas diferentes direcções

<sup>33</sup> Minke, Gernot - Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, pag 15

paredes de tão expressiva espessura, não só pelo tempo de execução, como pela área que ocupa.

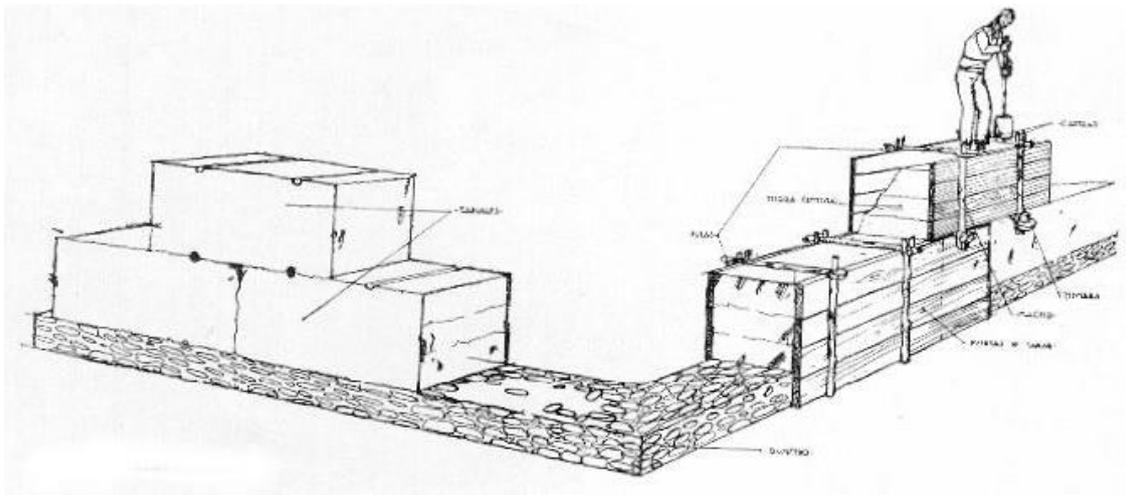


Fig. 26 - Paredes de espessura significativa sistema de construção tradicional em taipa

Fonte: <http://www.rotamogiana.com/2012/01/taipa-de-pilao.html>

### 2.2.3 - ESTABILIZAÇÃO PELA FORMA<sup>34</sup>

Como refere Minke, a planta ou forma influencia a estabilização do edifício, pelo que quanto mais compacta for a forma mais resistência lhe confere. Neste sentido após testes desenvolvidos<sup>35</sup>, concluiu que a planta circular será a opção mais sólida, enquanto a planta quadrada será mais compacta que a rectangular, sendo que esta ultima pode se tornar mais viável com o auxílio de juntas.

<sup>34</sup> Minke, Gernot - Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, pag 9 e 16

<sup>35</sup> Minke, Gernot - Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, pag 9 e 10

As plantas com forma de ângulos devem ser evitadas ou, em alternativa criarem-se elementos de ligação que separem os volumes, permitindo que funcionem independentemente (Fig.27).

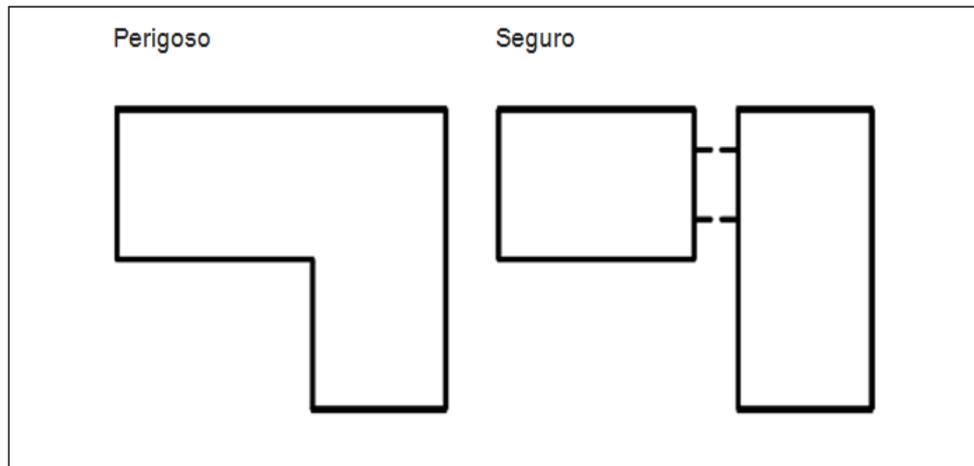


Fig 27 - Ângulos devem ser evitados ou solucionados com elementos de ligação  
Fonte: MInke, Gernot - Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra

#### 2.2.4 - ESTABILIZAÇÃO POR REFORÇO INTERNO

A estabilização por reforço interno representa, como o próprio nome indica, a colocação de uma subestrutura no interior das paredes.

A própria terra utilizada nas paredes, também pode funcionar como elemento estabilizador ao ser reforçada através da adição de ligantes de estabilização como cal ou cimento. No entanto as propriedades da terra crua alteram-se uma vez que estes ligantes condicionam a capacidade de controlo de humidade no seu interior, pelo que a utilização de palha poderá ser uma alternativa possível tendo em conta que, para além de retirar peso às paredes,

evita microfissuras provocadas pela retracção da terra e, ao mesmo tempo, confere resistência às mesmas.<sup>36</sup>

Minke ainda refere que o reforço das paredes poderá consistir na utilização de perfis verticais em bambu ou madeira no interior das mesmas. Estes perfis deverão ser devidamente ligado à viga de fundação e posteriormente à viga de bordadura, funcionando como reforço à tracção por forma a resistir às forças horizontais em caso de sismo (Fig.28).<sup>37</sup>

Já relativamente aos reforços horizontais, o autor defende que tornam as paredes mais frágeis uma vez que condicionam a compactação das mesmas.



Fig. 28 - Colocação de perfis verticais, habitação em Espanha

Fonte: [http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2012\\_07\\_01\\_archive.html](http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2012_07_01_archive.html)

---

<sup>36</sup> Vargas, J. (1992) Earthquake resistant rammed-earth (tapial) buildings, *International Symposium on Earthquake Disaster Prevention*, México, 140-151.

<sup>37</sup> Minke, Gernot - Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, pag 19

O engenheiro peruano Marcial Blondet<sup>38</sup> propõe em alternativa o uso de rede em plástico para uma solução mais económica ou até varões de aço e fibra de vidro no interior das paredes ou à face das mesmas.

Neste contexto, podemos assim justificar e clarificar com bases nos estudos referidos e nas alternativas testadas, que a construção em terra, à semelhança de qualquer outra técnica de construção, pode assegurar uma postura sísmo-resistente (quanto possível, o mesmo pode aplicar-se a outras técnicas de construção), desde que sejam adoptadas as medidas ou métodos construtivos adequados.

---

<sup>38</sup> Reportagem em: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/8201971.stm>

### MÉTODO DE CONSTRUÇÃO GLOBAL

A terra é o mais antigo e universal material de construção.

A terra é, desde tempos remotos, um dos principais materiais de construção usado pelo Homem, pois, se por um lado, estava à mão de semear, por outro, era facilmente trabalhada e naturalmente seca.

Podemos afirmar com certeza que, praticamente por todo o planeta existem referências arquitectónicas de construção em terra, como se pode verificar na Fig.29.

ARCHITECTURE DE TERRE DANS LE MONDE



Fig. 29 - Mapa da distribuição geográfica da arquitectura em terra pelo Mundo

Fonte: [http://www.earth-auroville.com/world\\_techniques\\_introduction\\_en.php](http://www.earth-auroville.com/world_techniques_introduction_en.php)

Desde o Tibete ao Peru, existem praticamente por todo planeta referências de arquitectura em terra. Facilmente se compreende este facto, tendo em conta que terra é o recurso mais acessível e económico, disponível normalmente até no próprio local onde se pretende construir. Desta forma não implica custos,

nem a nível de material nem a nível de transporte, tornando-se acessível a qualquer classe social.

Perante a necessidade de construir um abrigo, por todo o mundo as pessoas recorreram às matérias-primas mais acessíveis e desenvolveram técnicas de construção, através da experiência e, assim, promoveram a terra como uma bênção dos deuses.

Tendo em conta a necessidade de habitação que ainda se verifica mundialmente, a construção em terra pode ser a alternativa viável pela sua abundância e pela simplicidade de execução.

*“...Man's creations were natural when built of the materials offered by the landscape.”<sup>39</sup>*

Tradução:

*“...as criações do homem eram naturais quando eram construídas com materiais oferecidos pela natureza.”*

---

<sup>39</sup> Hassan Fathy, artigo “Architecture and environment” <http://ag.arizona.edu/OALS/ALN/aln36/Fathy.html>

**PARTE II**

**A CONSTRUÇÃO EM TERRA CRUA E A ARQUITECTURA**

**CONTEMPORÂNEA**

### NOVOS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO EM TERRA

Como refere o Arquitecto Miguel Mendes, membro da direcção Associação Centro da terra, *“...a valorização da técnica da construção em terra crua tem de passar por duas frentes incontornáveis”,* como sejam a *“da sofisticação e a da modernização da sua execução e do seu desempenho a nível económico”*.<sup>40</sup>

A partir desta observação reconhece-se uma necessidade de mudança de atitude relativamente à arquitectura em terra crua e à utopia que envolve este tema.

A arquitectura em geral tem como principio criar espaços para abrigar diferentes tipos de actividade humana, segundo orientações culturais, sociais e ambientais, sempre num objecto de servir as necessidades humanas. Nesta continuidade as exigências de habitabilidade, sustentabilidade e segurança, são uma realidade na qual também a arquitectura tem a obrigação de se integrar, embora sem descorar das suas raízes.

A arquitectura em terra terá necessariamente que seguir as mesmas orientações assim como exigências e adaptações, caso contrário dificilmente resistirá e terá continuidade.

A plataforma para um maior reconhecimento do potencial da terra crua como material de construção, passa por: actualização dos seus métodos tradicionais de construção; adaptação às necessidades contemporâneas; provação da

---

<sup>40</sup> Artigo escrito por Isabel Carvalho FONTE: <http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2008/10/textoa-construo-com-terra-em-portugal.html>

capacidade de viabilidade económica possível<sup>41</sup>; versatilidade e benefícios que a sua utilização oferece.

A carência de mão-de-obra qualificada, a necessidade de eficácia na execução para viabilização desta técnica, a necessidade de divulgação e promoção deste método de construção e ainda a necessidade de uma reconsideração do ponto de vista legal e regulamentar, apresentam-se como os pontos fundamentais para a evolução e incremento na utilização da terra como base construtiva.

No entanto, as primeiras barreiras a ultrapassar, são principalmente, o estilo de vida da sociedade actual de consumo, excessivamente centralizada e que apela à competitividade e ao “crescimento” rápido; crescimento que na maior parte das vezes se torna descontrolado e insustentável.

A forma de contornar esta realidade absurda passa pela divulgação e valorização das alternativas e pela sensibilização para a sustentabilidade.

Como já foi abordado no capítulo anterior o potencial da terra, está provado, embora ainda não seja aceite, “talvez” motivado por interesses económicos. No entanto é necessário continuar o trabalho de provação da viabilidade e eficiência deste movimento.

Em Portugal, embora o excelente trabalho de divulgação e informação disponibilizada principalmente pelo blogspot *arquitecturas de terra*<sup>42</sup>, e pela associação Centro da Terra, relativamente aos conhecimentos adquiridos, as novas tecnologias e a inovação na construção em terra crua, desenvolvidas noutros países, a credibilidade e abertura à sua aplicação prática ainda não foi

---

<sup>41</sup> “Possível” porque ainda não se atingiu a modernização necessária para uma eficácia necessária.

<sup>42</sup> <http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt>

concretizada. Embora se compreenda que a justificação poderá ter que ver com a falta de afirmação deste sistema de construção no nosso país, daí o receio de investimento, por outro lado a falta de apoio das nossas entidades governamentais e principalmente a falta de recursos económicos de quem acredita na arquitectura de terra crua.

No entanto para que esta realidade se imponha em Portugal é necessário, assumir as fragilidades da terra e aceitar as soluções alternativas para resolver estas questões. Isto não quer de forma alguma reclamar que se tem de descurar as suas raízes, mas sim aceitar a inovação e promover a utilização da terra como material natural e ecológico que é.



Fig. 30 - Centro Cultural Nk' Mip Desert, em South Okanagan Valley, Osoyoos, British Columbia, Canada.

Fonte: <http://www.inspirationgreen.com/rammed-earth.html>

Exemplos como a Holanda, Alemanha e a Nova Zelândia, considerados países evoluídos e com poder económico, já têm regulamentação e legislação aplicada à construção em terra. Actualmente desenvolvem programas e estudos promovendo-a vivamente bem como a sustentabilidade dos recursos, utilizando a terra como material de construção.

Também na América e na Austrália, a construção em terra já assume um papel significativo, com referências contemporâneas muito interessantes (Fig.30).

O recurso a tecnologias específicas e inovação são fundamentais, quando o objectivo é aumentar a rapidez e a eficácia de execução.



Fig. 31 - Utilização equipamento de apoio martelo de compactação  
<http://www.rammedearth.info/rammed-earth-pictures-page3.htm>

Sendo claro que para materializar e concretizar estes objectivos, também é essencial a especialização de mão-de-obra, formada e preparada de modo a permitir a execução dos trabalhos de forma planeada e permitindo o recurso a maquinaria de apoio.

## 1 - MODERNIZAÇÃO DA TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO EM TAIPA

O sistema de construção em Taipa é provavelmente a técnica construtiva em terra crua que mais evoluiu e mais facilmente se adaptou às necessidades de resistência, associadas à questão sísmica. Tendo em conta que facilmente se desenvolvem as paredes mesmo com reforço por prumos no seu interior, e ou estrutura de betão. Com a vantagem ainda de facilmente ocultar qualquer uma das soluções (Fig.31 e 32).



Fig. 32 - Evolução do sistema de construção em taipa, com utilização fundação em betão.

<http://www.rammedearth.info/rammed-earth-pictures-page3.htm>

Em países como a Suíça e Áustria entre outros, esta técnica encontra-se bastante desenvolvida, pelo que a rapidez de execução e eficiência aumentaram significativamente.

O recurso à preparação em estaleiro, taipais de maior dimensão e com sistemas de compactação mecanizados, representam uma evolução e inovação, que em muito contribui para uma eficácia a nível de desenvolvimento das paredes em taipa.

A utilização de taipais de grande dimensão e com sistemas de ajuste mais fácil (Fig. 33), simplificam bastante a colocação dos taipais e logo aceleram notavelmente a rapidez de execução das paredes em terra.



**Fig. 33 - Utilização de Taipais com estrutura metálica.**

Fonte: <http://www.inspirationgreen.com/rammed-earth.html>

Os martelos pneumáticos (Fig. 34), utilizados para compressão da terra permite que a consolidação das paredes seja mais rápida, ao mesmo tempo que lhes confere maior consistência.



Fig. 34 - Utilização de martelo pneumático.

Fonte: <http://www.inspirationgreen.com/rammed-earth.html>

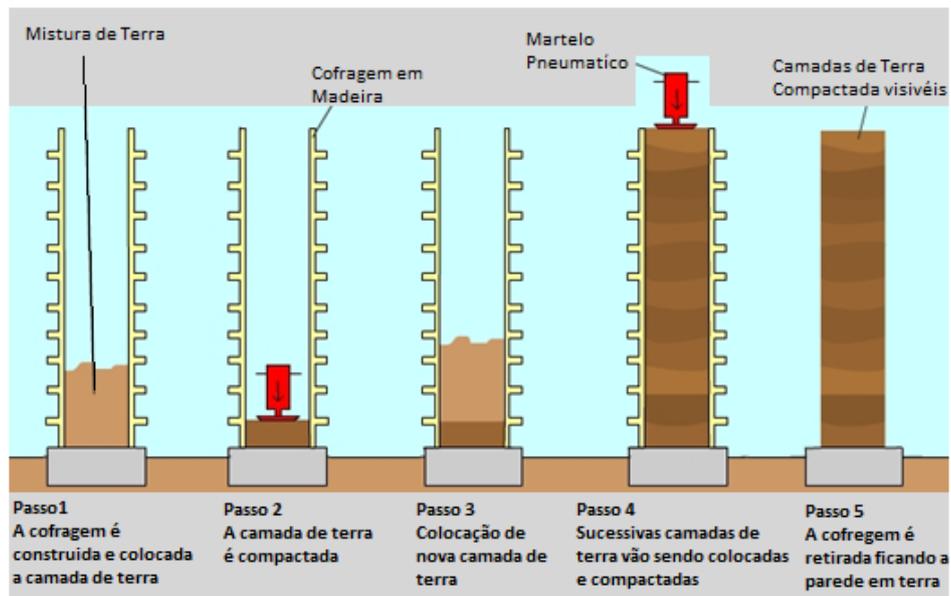


Fig. 35 - Esquema de construção em Taipa.

Fonte: <http://www.inspirationgreen.com/rammed-earth.html>

Empresas especializadas preparam actualmente os moldes, ou cofragem, em estaleiro possibilitando desta forma maior facilidade de execução e de diferentes configurações de paredes, até mesmo arredondadas.

Claro que o transporte deste equipamento para o local, são pontos importantes que devem, necessariamente, ser planeados conscientemente. A distância a percorrer é factor decisivo, tendo em conta o consumo de energia envolvido e de forma a garantir um princípio viável e principalmente sustentável.

*“Sendo responsáveis por um impacto ambiental bastante menor que as construções correntes a base de betão e tijolo cerâmicos, as construções em terra tem vindo a merecer na ultima década uma atenção crescente, quer pela comunidade científica pela realização de Teses de Mestrado e Doutoramento, quer por associações que fazem a divulgação deste tipo de construção, quer mesmo por particulares que optam pela reabilitação de edifícios tradicionais em terra ao invés de fazerem construção nova, ou mesmo de algumas Câmaras Municipais que vão ao ponto de baixar muito substancialmente as taxas de licenciamento (por vezes quase para metade como é o caso da Câmara de Municipal de Odemira) no sentido de promover este tipo particular de construção.”*<sup>43</sup>

Um exemplo de destaque a nível de evolução tecnológica e inovação das técnicas de construção em terra e que recentemente foi reconhecida na Feira de Munique, é a empresa Lehm Ton Erde Baukunst GmbH, uma empresa especializada com sede na região Vorarlberg, na Suíça, criada por Martin Rauch.<sup>44</sup> Esta merecida homenagem é justificada por vinte anos dedicados à

---

<sup>43</sup> Torgal, F. Pacheco, artigo “Patologia e reabilitação de construções em terra”

<sup>44</sup> Martin Rauch, arquitecto, escultor e ceramista, figura de destaque pelos projectos e obras desenvolvidas construídas em terra.

construção em terra e o resultado é visível na qualidade dos edifícios desenvolvido, rapidez de execução e organização.

O processo construtivo utilizado pela LTE<sup>45</sup> na execução do Ricola Herb Center<sup>46</sup> é um excelente exemplo de como viabilizar a construção em terra (Fig.36).



Fig. 36 - Ricola Herb Center.

Fonte: <http://eartharchitecture.org/uploads/RicolaHerbCentreRauch1.png>

A obra foi executada com elementos de fachada pré-fabricados, construídos no estaleiro localizado na cidade vizinha de Zwingen, o material utilizado na execução das fachadas é unicamente terra natural e orgânica.

A organização e tecnologia que a empresa apresenta é exemplo de eficiência e profissionalismo, reflectindo-se no trabalho desenvolvido, na qualidade

---

<sup>45</sup> LTE - Empresa de construção Lehm Ton Erde Baukunst GmbH

<sup>46</sup> Obra de referencia comentada no capítulo 9.

apresentada, nos resultados alcançados e, certamente numa redução significativa nos custos na construção (Fig. 37 e 38).



Fig 37 - Paineis de fachada em terra, organizados.

Fig 38 - Excução das paredes

Fonte: <http://eartharchitecture.org/uploads/RicolaHerbCentreRauch1.png>

Os painéis de paredes em terra são produzidos e organizados com atribuição de uma referência (Fig.37), funcionando como um puzzle numerado para que a sua montagem seja rápida e perfeita.



Fig 39 - Análise do solo

Fig 40 - Sistema de elevação dos painéis com auxílio de grua

Fonte: <http://eartharchitecture.org/uploads/RicolaHerbCentreRauch1.png>

## 2 - MODERNIZAÇÃO DA TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO EM BLOCOS DE TERRA COMPACTADA

À semelhança da taipa o sistema construtivo em BTC tem evoluído notavelmente, não só pela modernização do processo de execução dos blocos, recorrendo a equipamento mecânico, como na própria composição e forma dos mesmos.

No ponto de vista tecnológico é de destacar a fábrica de BTC da Carrapateira, a modernização do processo construtivo, permitiu um significativo aumento de produção.

Uma organizada linha de execução dos Blocos com o auxílio de maquinaria, possibilita uma execução rápida e perfeita a nível de forma.



Fig. 41 - Linha de fabrico de BTC, direccionamento da terra seleccionada.

Fonte: Fotografias tiradas em visita a Fabrica de BTC, na Carrapateira



Fig. 42 - Linha de fabrico de BTC, processo de mistura.

Fonte: Fotografias tiradas em visita a Fabrica de BTC, na Carrapateira



Fig. 43 - Linha de fabrico de BTC, processo de compactação.

Fonte: Fotografias tiradas em visita a Fabrica de BTC, na Carrapateira

Várias soluções para composição dos blocos têm sido apresentadas, desde a antiga mas sempre destacada com composição de Blocos somente com terra simples mas seleccionada com adição de palha, passando pela adição de

cimento, até a interessante proposta de tijolos em terra com adição de extractos de alga marinha.

Um grupo de investigadores espanhóis e escoceses estudaram uma interessante solução de composição de blocos com a adição fibras de lã e um alginato ou seja um polímero natural extraído de algas marinhas, resultando numa resistente e ecológica solução (Fig.44).<sup>47</sup>



Fig. 44 - Tijolos de terra com fibra de lã  
Fonte: <http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/>

Conforme refere o artigo do Science Direct, os ensaios realizados revelam que a adição de alginato, separadamente, aumenta a força de compressão de 2,23 para 3,77 MPa, e a adição de fibra de lã aumenta a força de compressão

---

<sup>47</sup> Artigo do site: <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/10/101005085503.htm>

em 37%. Esta combinação apresenta um potencial de estabilização, a adição de alginato e reforço com fibra de lã dobra a resistência à compressão do solo. Salientando que melhores resultados foram obtidos com uma menor percentagem de fibra de lã que de alginato.

Interessante ainda referir que a lã utilizada é resultante de uma indústria local escocesa que não consegue utilizar toda a produção, ou seja trata-se de uma reciclagem, ou aproveitamento de desperdício e mais proveniente de fonte natural a lã, neste caso lã de ovelha.

Como refere ainda o artigo, a composição confere aos blocos mais resistência à compressão, reduz a fissuração e deformação dos mesmos por efeito da contracção, prolonga o tempo de secagem e consequentemente aumenta a resistência à flexão.

### INTEGRAÇÃO E IMPACTO AMBIENTAL



Fig. 45 - Planeta terra está nas mãos da Humanidade

Fonte: <http://www.jardiland.pt/ecologia/dia-mundial-da-terra/>

*“A “pegada ecológica” mundial já ultrapassou a capacidade biológica da Terra em produzir bens e absorver lixos. Ela consome. Vive acima dos seus recursos e das reservas naturais.*

*Se se generalizasse a utilização massiva das energias fósseis e matérias-primas a toda a humanidade, para se atingirem os consumos médios idênticos aos do cidadão norte-americano, seriam necessários três planetas idênticos à Terra.”<sup>48</sup>*

A actual forma como edificamos e vivemos, consumindo descontroladamente os recursos não renováveis, afecta gravemente o Planeta, comprometendo seu futuro.

---

<sup>48</sup> Rodrigues, Jacinto, *Pedagogia para uma sustentabilidade*, Cadernos de arquitectura ISMAT P.29

A indústria da construção e arquitectura deve ter como objectivos principais, criar espaços funcionais, esteticamente agradáveis e confortáveis, seguros relativamente às acções naturais e humanas, deve ter em conta a durabilidade, compatibilizar-se com os interesses económicos e sociais e, principalmente, deve respeitar o ambiente, traduzindo-se no menor impacte ambiental possível. Somente com o equilíbrio entre estes objectivos, reflexo de uma consciência, antes de mais social e ambiental, e recorrendo aos conhecimentos tecnológicos dos vários intervenientes da construção, será então possível realizar construções que sejam compatíveis com as necessidades humanas do presente e do futuro.

Lamentavelmente o interesse económico ainda se sobrepõe a qualquer outro factor, pelo que a indústria da construção, na figura actual, ainda revela actividades insustentáveis e pouco ecológicas, continuando a contribuir para a degradação do meio ambiente.

A construção e a utilização dos edifícios são das actividades humanas que mais energia e recursos naturais consomem, originando graves impactos negativos no ambiente. Sendo responsável pelo consumo de 16,6% do fornecimento mundial de água pura, 25% da sua colheita de madeira e cerca de 40% dos combustíveis fósseis.<sup>49</sup>

---

<sup>49</sup> Wines 2000

Na União Europeia, 40% da energia consumida está associada à habitação, um dado realmente alarmante, sendo que o consumo de energia é uma das maiores causas das emissões de gás com efeito de estufa.<sup>50</sup>

Os edifícios em Portugal são responsáveis pelo consumo de 30% da energia final e 62% da electricidade consumida, pelo que se tornou necessário criar legislação no sentido de orientar a construção de edifícios por forma a que estes se traduzam em espaços eficientes relativamente ao consumo de energia.<sup>51</sup>

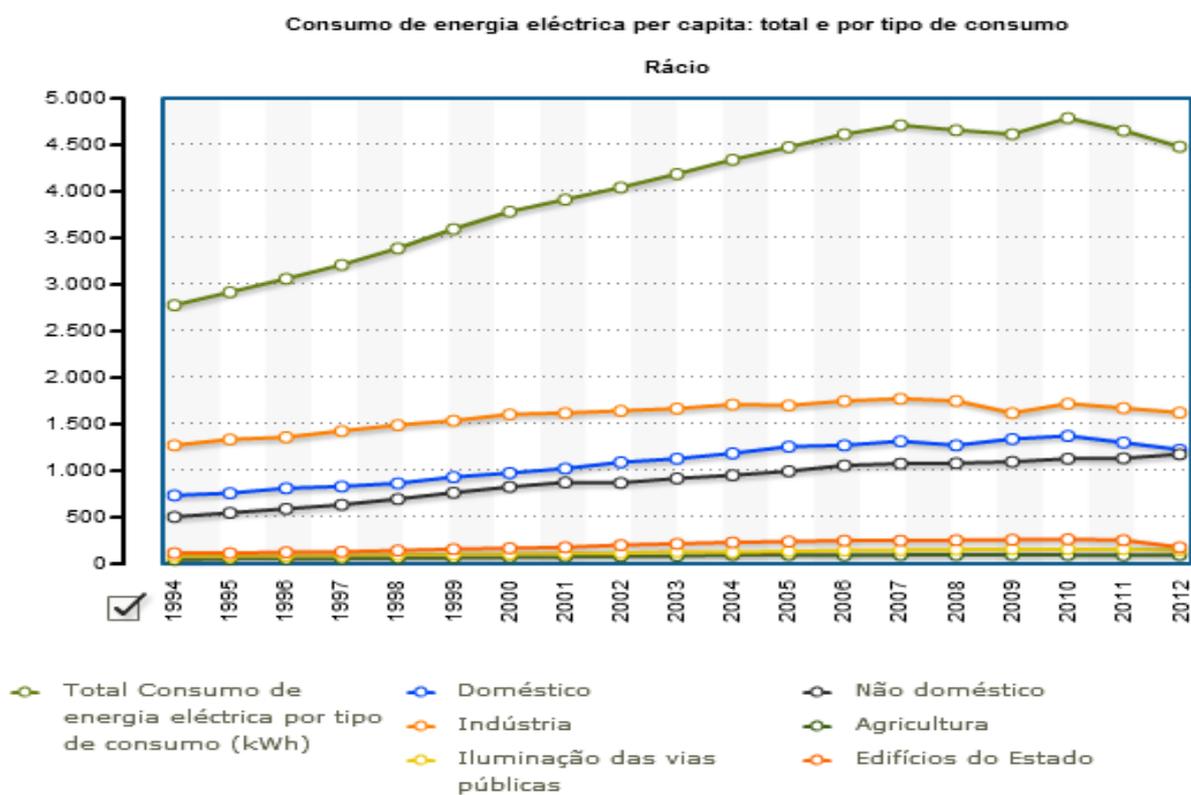


Fig. 46 - Gráfico representativo do consumo de energia em Portugal

Fonte: <http://www.pordata.pt/Portugal/Ambiente+de+Consulta/Gr%c3%a1fico>

Analisando o consumo final de energia eléctrica em Portugal (Fig. 46), de 1994 a 2010 verifica-se que tanto o sector doméstico como o dos serviços

<sup>50</sup> Fonte: <http://www.futureenergia.org/ww/pt/pub/futureenergia2007/library/chat2sup.htm>

<sup>51</sup> Fonte: <http://ecocasa.pt/consumo>

apresentaram um aumento significativo principalmente até 2007, tendo-se reduzido a partir dessa data, à excepção do período entre 2009 e 2010, em que se verificou um aumento, voltando no entanto a descer até 2012.

O consumo doméstico acompanhou esta evolução tendo atingido o maior pico exactamente entre 2009 e 2010.

O aumento do consumo de energia é um factor alarmante, no sentido em que grande parte deste consumo é ainda dependente de energias fósseis, resultando numa problemática ambiental tendo em conta que o consumo de energias fósseis está directamente conectado à concentração de CO<sub>2</sub>, que nos últimos anos tem registado um aumento constante.

*“A concentração de dióxido de carbono na atmosfera, principal gás com efeito de estufa, está à beira das 400 partes por milhão.”*<sup>52</sup>

Na observação da curva de Keeling<sup>53</sup> (Fig.47) é visível o aumento progressivo e intenso das emissões de CO<sub>2</sub>. A comunidade científica alerta para valores que actualmente se aproximam de 400 partes por milhão, o que significa que por cada milhão de moléculas de diferentes gases na atmosfera há 400 de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

---

<sup>52</sup> Fonte: <http://www.publico.pt/ciencias/jornal/a-curva-de-keeling>

<sup>53</sup> A curva de Keeling, um ícone da ciência das alterações climáticas, desde 1958 que regista as concentrações de dióxido de carbono na atmosfera terrestre, medidas no topo do vulcão Mauna Loa, no Havai. É o registo contínuo mais antigo da presença atmosférica deste gás que aquece o planeta e as suas concentrações.

### Medições de CO2 no topo do Mauna Loa

O dióxido de carbono (CO2) é medido no vulcão Mauna Loa, Havai, desde 1958 e a sua concentração atmosférica tem vindo sempre a subir. Esta é a famosa curva de Keeling

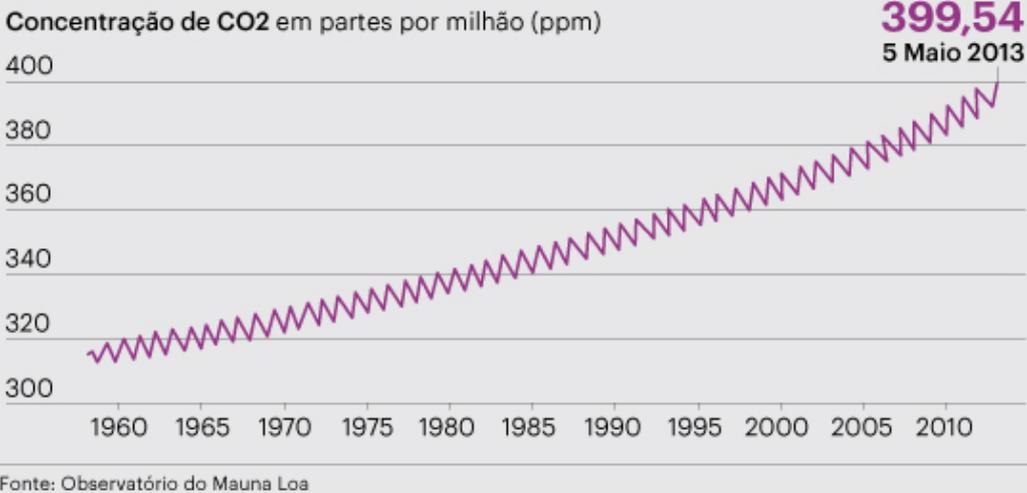


Fig. 47 - Curva de Keeling. Projecções de emissões de CO2<sup>54</sup>

Fonte: <http://www.publico.pt/ciencias/jomal/a-curva-de-keeling-continua-a-subir-e-regista-recorde-de-dioxido-de-carbono-26492405>

Se esta tendência de crescimento se mantiver estaremos cada vez mais longe do nível de sustentabilidade desejado e estabelecido no protocolo de Kyoto,<sup>55</sup> sendo necessário, entre outras estratégias, o desenvolvimento de tecnologias ecologicamente mais eficientes, a fim de evitar o contínuo aquecimento global do planeta.

Os problemas gerados pelo crescimento actual tem repercussões muito graves a nível ecológico, estamos perante uma nítida alteração climática no planeta, o que acentua as grandes catástrofes ecológicas.

Fenómenos naturais extremos, como o caso dos tornados e furacões, intensas chuvas, resultando em destruição e cheias sem precedentes vão se

<sup>54</sup> Dado de referência Ppm significa, Partes por milhão.

<sup>55</sup> O Protocolo de Kyoto, é o único tratado internacional que estipula reduções obrigatórias de emissões causadoras do efeito estufa. O documento foi ratificado por 168 países. Os Estados Unidos, um dos maiores emissores mundiais, e a Austrália não fazem parte do Protocolo de Kyoto.

intensificando por todo o planeta, resultando em situações que provocaram milhares de mortos e desalojados. O fenómeno da seca, da desertificação, os tsunamis na Indonésia e Japão, entre outros, a alterações dos ciclos na fauna, o aumento na frequência e violência dos furacões, a redução da camada de ozónio e o degelo com elevação dos níveis dos oceanos.

O mais alarmante é que estudos científicos apontam para um crescimento destes fenómenos devido ao contínuo aumento do aquecimento global provocado por causas humanas, concluindo-se e a única maneira de travar este “caminhar para o abismo” é repensarmos e alterarmos os nossos estilos de vida, e o quanto antes.

É essencial despertar e educar o sentido ecológico a todos os níveis, na forma como vivemos, na Arquitectura e na forma como habitamos, no tratamento e transformação de resíduos etc.

A cruel realidade é que embora sejam os países mais ricos os que mais contribuem para alterações climáticas, são os países mais pobres os que mais sofrem as consequências deste drama.

Em África foi criado um movimento, denominado “Cinturão Verde”, uma iniciativa da brilhante senhora, Wangari Muta Maathai, premio Nobel em 2004, este movimento consistiu em plantar cerca de 30 milhões de árvores, neste continente, como forma de alertar e apelar à consciência humana para a situação em que África se encontra. Defendendo esta causa, Wangari Muta Maathai, realça a necessidade de despertar uma consciência moral e ética

relativamente aos recursos naturais, revelando ainda a exploração dos recursos naturais dos países mais pobres, pelos países mais ricos e pelos poucos ricos dos países pobres.<sup>56</sup>

O poder económico actual é contraditório ao sentido ecológico.

O actual modelo de vida, não integra o natural ciclo de vida. Assistimos a uma forma de vida dependente de energias fósseis, onde não existe um ciclo de vida mas um metabolismo linear que se direcciona para o esgotamento dos recursos naturais, contaminação dos recursos hídricos, geológicos e atmosféricos.

Na construção também esta situação está presente, o consumo de energia na execução, na produção dos materiais utilizados e posteriormente na forma de habitar e os respectivos consumos de energia despendidos na climatização, são insustentáveis. Consciente desta realidade e do tipo de arquitectura e construção que actualmente se pratica, um novo paradigma na arquitectura terá de se estabelecer, nomeadamente com a utilização de processos construtivos e materiais que restabeleçam o equilíbrio ambiental e a sustentabilidade dos recursos naturais.

É extremamente importante construir os edifícios mais eficientes, como forma de protecção do ambiente.

É essencial ter presente e sublinhar que na Arquitectura, e na forma como a materializamos, deve existir uma relação simbiótica com a Natureza. Esta

---

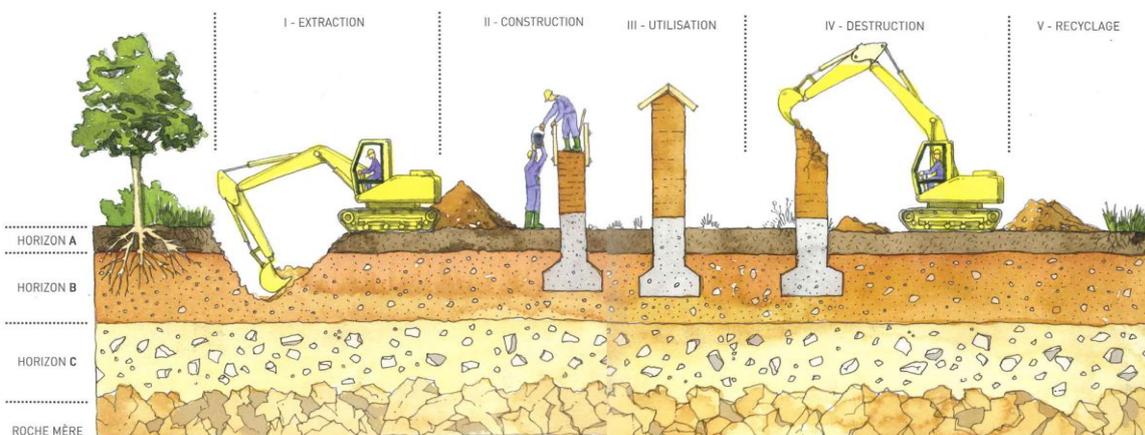
<sup>56</sup> Rodrigues, Jacinto - Cadernos de arquitectura do ISMAT, "Pedagogia para uma sustentabilidade"

relação deve ser criativa tanto a nível visual como no critério de selecção dos materiais utilizados e processos construtivos.

Actualmente a sensibilidade relativamente ao meio ambiente, embora lentamente, tem aumentado de forma positiva, renascendo uma consciência ecológica, conseqüentemente com reflexos na arquitectura.

Como actividade que segue as tendências da sociedade, a arquitectura deve ser um exemplo exponencial que, no limite, deve procurar a proximidade e compatibilidade com o equilíbrio dos ecossistemas.

Tendo em consideração OS impactos ambientais a terra crua, por ser um material natural, reciclável e ecológico, é uma das soluções para a construção numa perspectiva de futuro sustentável.



**Fig. 48 - Ciclo natural da Construção em terra**

Fonte: Fontaine, Laetitia; Anger, Roman - Bâtir en terre Pag. 101

A figura 48 esquematiza o ciclo da terra enquanto material de construção, e é representativo da harmonia entre a Natureza e a construção, sendo que do solo se recolhe a matéria-prima para construir. Como já referido, normalmente

é recolhida no próprio local, o que evita consumo de energia no transporte. O seu processo construtivo é simples e economizador de energia tendo em conta que se trata de um material que não necessita de ser fabricado pode ser simplesmente formado e seco naturalmente. A terra pelas suas propriedades térmicas contribui também para economizar energia no aquecimento e arrefecimento, ou seja na climatização dos edifícios.

Finalmente, fazendo parte do ecossistema, as paredes em terra podem simplesmente quando degradadas por abandono, num natural processo de reintegração, voltam a fazer parte do solo, ou ainda podem ser recicladas e voltar a ser construídas.

A terra crua enquanto método construtivo é por todas as razões já enumeradas, um bom modelo a seguir no que diz respeito à preservação ambiental.

---

### A ARQUITETURA EM TERRA NA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA

Este capítulo aborda mais concretamente o tema desta dissertação: “Arquitectura em terra na arquitectura contemporânea”. Antes de mais é essencial, clarificar o significado de “Arquitectura Contemporânea” e verificarmos deste modo a forma como a arquitectura em terra se enquadra neste “movimento”.

Arquitectura Contemporânea, é a arquitectura actual, justificando-se facilmente com base na interpretação da palavra contemporânea, que significa “que ou quem é do tempo actual”.<sup>57</sup>

Neste sentido, a arquitectura em terra crua necessariamente integra-se na Arquitectura Contemporânea, tendo em conta que continua a ser actualmente utilizada, encontrando-se ainda em nítido processo de evolução; embora o início da utilização deste sistema construtivo remonte a milhares de anos atrás.

Ao abordarmos o tema da “Arquitectura Contemporânea” é importante avaliar o conceito não só a nível formal mas, também, e não menos importante, perceber se realmente está adaptada aos tempos e problemáticas actuais.

A arquitectura actual não deve descorar ou sobrepor-se à necessidade de sobrevivência equilibrada do homem no seu habitat, estando este inserido num ecossistema do qual depende.

---

<sup>57</sup> Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Arquitetura\\_contemporanea](http://pt.wikipedia.org/wiki/Arquitetura_contemporanea)

Neste sentido, Arquitectura em terra crua, sendo um material ecológico e sustentável, como já foi referido, cumpre os requisitos ou contribui significativamente para o equilíbrio ambiental, com a vantagem de ainda poder representar uma solução economicamente viável e facilmente acessível.

Estas duas questões, entre outras, representam importantes argumentos que comprovam a envolvimento e enquadramento da arquitectura em terra crua na arquitectura actual ou contemporânea, tendo em consideração o panorama ambiental e económico actual.

Por outro lado, também, no que se refere a questões formais e funcionais, a arquitectura em terra crua tem vindo a evoluir formalmente acompanhando perfeitamente os conceitos contemporâneos, assumindo formas singulares e completamente enquadradas na arquitectura actual.<sup>58</sup>



Fig. 49 - Casa unifamiliar de Schlins, Arq. Martin Rauch  
Fonte: [http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2009\\_01\\_01\\_archive.html](http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2009_01_01_archive.html)

---

<sup>58</sup> Argumentação justificada e apresentada na Parte III, Capítulo 9, desta dissertação.

A Arquitectura contemporânea frequentemente é confundida com a arquitectura vanguardista, isto porque erradamente o conceito de arquitectura contemporânea encontra-se associado a construções cujas composições formais, estéticas e tecnologia utilizadas, são tituladas como “inovadoras”, “originais” e extravagantes. Arquitectura vanguardista, é um conceito isolado e normalmente extremamente dispendioso e insustentável, pelo consumo de energia envolvido na sua construção, assim como na sua utilização.



Fig. 50 - Disney Concert Hall, Los Angeles, EUA <sup>59</sup>

Fonte: [http://bemarranjado.blogspot.pt/2012/06/frank-o-gehry-fenomeno-do-design-e-da\\_26.html](http://bemarranjado.blogspot.pt/2012/06/frank-o-gehry-fenomeno-do-design-e-da_26.html)

A Arquitectura Contemporânea deve diferir da arquitectura Vanguardista (Fig.50), não promovendo apenas a forma, mas também a adaptação consciente ao panorama mundial, no sentido de propor um conceito de Arquitectura integrada numa escala humana, para uma sociedade com novos paradigmas em que o

---

<sup>59</sup> Importante referir que de forma alguma se desvaloriza do trabalho ou criatividade do arquitecto e da sua obra.

equilíbrio ambiental e a sobrevivência do homem em simbiose com a Natureza (com o Planeta) devem estar necessariamente presentes.

Actualmente a arquitectura vanguardista de destaque e a mais popular é completamente insustentável, tendo em conta as exigências estruturais megalómanas, os materiais extravagantes utilizados, os impactos ambientais resultantes, os custos e o excessivo consumo de energia envolvido na sua construção e manutenção.

A construção em terra crua tem limitações que de alguma forma condicionam as soluções arquitectónicas, o que não significa impossibilidade de soluções criativas e contemporâneas, resultando num maior desafio saudável, controlado, consciente e interessante.



Fig. 51 - Escola secundária em Gando, arquitecto Francis Kere

Fonte: [http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/search/label/EXEMPLOS\\_examples\\_exemples\\_Esempi\\_Beispiele](http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/search/label/EXEMPLOS_examples_exemples_Esempi_Beispiele)

No exemplo acima (Fig.51) a escola secundária em Gando<sup>60</sup>, uma área rural das planícies do sul do Burkina Faso, a cerca de 200 quilómetros da capital Uagadugué um dos países mais pobres do mundo, é exemplo de referência e destaque de como é possível desenvolver um projecto contemporâneo em terra crua com poucos recursos económicos mas utilizando soluções bioclimáticas e sustentáveis.

A nível formal o que o arquitecto Francis Kere procurou foi uma relação de proximidade entre as paredes em terra, explorando a sua própria cromática natural, e o ripado de madeira nos tectos e nas zonas de sombreamento exteriores.



Fig. 52 - Sistema de taipal utilizado na construção das paredes da Escola secundária em Gando.  
Fonte: [http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/search/label/EXEMPLOS\\_examples\\_exemples\\_Esempi\\_Beispiele](http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/search/label/EXEMPLOS_examples_exemples_Esempi_Beispiele)

---

<sup>60</sup> Fonte: baseado num artigo de <http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/search/label/EXEMPLOS>.

Relativamente às preocupações ambientais, tendo em conta que a temperatura no Gando no verão atinge os 40 graus, foi previsto um sistema de ventilação natural<sup>61</sup> para arrefecimento. O próprio processo construtivo foi unicamente apoiado por energia humana, solar e eólica.

O arquitecto Hassan Fathy, um pioneiro da arquitectura em terra crua, no seu livro “Architecture for the poor”, também reclama o potencial da arquitectura em terra para a construção rural, assim como para construções de baixos custos, pela sua viabilidade a nível económico e descreve a sua experiencia com a utilização deste sistema construtivo no New Gourna, Egito (Fig. 53).



Fig. 53 - New Gourna, Egito, Hassan Fathy.

Fonte: <http://whc.unesco.org/en/activities/637>

Salienta ainda que a construção em terra, desde 1930, voltou a ser pesquisada e implementada em vários países desenvolvidos, como França, Austrália e Alemanha e nos países em desenvolvimento, como Índia, Peru,

---

<sup>61</sup> Sistema de ventilação aprofundado no Capítulo 8.

Brasil e Colômbia. No entanto, considera que apesar deste aumento de protagonismo pouco tem sido publicado e incentivado sobre seus os benefícios, principalmente económicos, comparativamente com a construção em cimento e tijolo cozido.

A arquitectura contemporânea, ou arquitectura actual, implica necessariamente a adaptação da evolução formal e criativa aos tempos de hoje, pelo que é muito importante considerar as questões económicas e ambientais, deste modo, pelas razões referidas, a arquitectura em terra crua é claramente uma solução para conseguir este objectivo.

### PARTE III

## ARQUITECTURA CONTEMPORÂNEA EM TERRA, COM FUTURO

## A ARQUITETURA EM TERRA, A SUSTENTABILIDADE E BIOCLIMÁTICA

### 1 - INTEGRAÇÃO DA ARQUITECTURA EM TERRA NO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE

*“Com o crescimento da consciência ecológica e com a aplicação da ciência à construção, o Homem passou a compreender melhor e aprendeu a corrigir o comportamento de alguns sistemas construtivos do passado, que se mostram actualmente bastante mais compatíveis com o equilíbrio dos ecossistemas, do que os actuais sistemas construtivos amplamente implementados e disseminados”<sup>62</sup>*

A sustentabilidade é um tema bastante complexo e vasto e no qual a arquitectura em terra crua se integra, pelo seu princípio de relação com o ambiente e eficiência revelada.

Em 1987 foi apresentado como proposta um dos conceitos mais importantes a nível ambiental, o conceito de “desenvolvimento sustentável”, num documento elaborado titulado como Relatório de Brundtland ou "O Nosso Futuro Comum". O documento resultou de final de um estudo desenvolvido pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, liderada pela primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, nomeada pela ONU para estudar o tema.

---

<sup>62</sup> Ricardo Mateus (ESCOLA DE ENGENHARIA - Departamento de Engenharia Civil; Mestrado em Engenharia Civil - Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção)

A comissão foi criada em 1983, após uma avaliação dos 10 anos da Conferência de Estocolmo, e tinha como objectivo promover audiências em todo o mundo e produzir um resultado formal das discussões.

O documento alerta essencialmente para temas já anteriormente identificados como a actual problemática ambiental e a visão crítica do modelo de desenvolvimento adoptado pelos países Industrializados e adoptado pelos que se encontram em “desenvolvimento”, mais concretamente a gravidade do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar o equilíbrio dos ecossistemas.

Assim surge a definição de desenvolvimento sustentável, ou seja, desenvolvimento associado à prosperidade humana, no sentido de orientar o actual desenvolvimento no sentido em que as necessidades actuais não devem comprometer as necessidades das gerações o futuras. Partindo do princípio de eco-desenvolvimento, em que a valorização ambiental é destacada, como única forma de garantir a prosperidade humana.<sup>63</sup>

No entanto ainda que as conferências, cimeiras e debates tenham uma grande importância como forma de projectar para o panorama mundial a problemática ambiental, é particularmente importante uma mudança de consciência e atitude humana em geral.

Uma grande figura portuguesa que merece enorme destaque em matéria de ecologia e também a nível pessoal, pela forma que encara a vida e a causa que defende é o Professor Jacinto Rodrigues, um dos homens que mais estudou, aprofundou e divulgou a questão ecológica e como a relacionou com

---

<sup>63</sup> Fonte:<http://www.marcouniversal.com.br/upload/RELATORIOBRUNDTLAND.pdf>

a arquitectura e a forma como vivemos. Enuncia o autor num dos vários livros que escreveu, uma frase que se pretende realçar: “... o decrescimento sustentável só tem sentido, como meio tático de fazer retroceder a actual tecnosfera para dar lugar a uma eco-tecnosfera, acabando com a utilização das energias fósseis e dos materiais contaminantes...”<sup>64</sup>. Esta é uma pura e dura realidade que pode comprometer as gerações futuras, se a humanidade não alterar radicalmente o modelo de vida actual.

O arquitecto refere ainda a incapacidade biológica da Terra em produzir bens e absorber lixos, ou seja um nítido desequilíbrio ambiental, ao qual identifica como “pegada ecológica”.<sup>65</sup> Destaca o actual modelo de vida, como inconsciente vivendo acima dos seus recursos e reservas naturais.

A sustentabilidade é uma forma de contribuir para controlar a evolução degradada à qual assistimos presentemente.

Neste sentido e como forma de enquadrar a arquitectura em terra crua no conceito de sustentabilidade, forçosamente é importante salientar as principais vantagens da utilização da construção em terra crua, principalmente a nível de acessibilidade, uma vez que maioritariamente a matéria-prima se encontra disponível no local e logo representa economia de energia e redução de custos, é um material ecológico e consequentemente sustentável e apresenta um notável desempenho térmico.

---

<sup>64</sup> Jacinto Rodrigues - Cadernos de arquitectura do ISMAT, “Pedagogia para uma sustentabilidade”.P.24

<sup>65</sup> Jacinto Rodrigues - Cadernos de arquitectura do ISMAT, “Pedagogia para uma sustentabilidade”.P.29

#### AS PRINCIPAIS VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DA TERRA NA CONSTRUÇÃO SÃO:

- ✓ Impacto ambiental reduzido;
- ✓ Economia de custos;
- ✓ Economia de energia;
- ✓ Permeabilidade à radiação solar;
- ✓ Durabilidade, pela sua constituição o solo não entra em ciclos de degeneração;
- ✓ Regulador térmico
- ✓ Isolamento térmico;
- ✓ Regulador higroscópico;
- ✓ Ausência de toxicidade;
- ✓ Recurso renovável, abundante e local;
- ✓ Ausência de electricidade estática;
- ✓ Absorção de odores e dissolução de gorduras;
- ✓ Não combustível;

Fig. 54 - Quadro das vantagens da utilização da construção em terra crua

Fonte próprio autor

A arquitectura contemporânea tem um papel fundamental e bastante expressivo ao nível do impacto ambiental. Este deve ser um dos factores de referência e destaque da arquitectura contemporânea, pelo que deve ser orientada com base em princípios de desenvolvimento ecologicamente sustentados, permitindo integrar e até mesmo valorizar a utilização de sistemas construtivos alternativos ecológicos, que confirmam qualidade e conforto, com menores custos de execução e manutenção e que contribuam para o equilíbrio ambiental.

Existem várias referências por todo o mundo de arquitectura contemporânea em terra crua, não só na habitação como noutras áreas de actividade humana.

O paradigma da presente situação ambiental tem originado grande revolução a nível arquitectónico, actualmente já existem vários exemplos de bairros ecológicos, onde os edifícios são executados com materiais naturais, recicláveis e reutilizáveis, como o caso da terra crua. Estes bairros recorrem ainda a energias alternativas, como fonte de energia.



Fig. 55 - BedZed, um Eco-bairro

Fonte: <http://www.dac.dk/en/dac-cities/sustainable-cities/all-cases/social-city/bedzed-promoting-green-living/>

Como o exemplo do BedZed, um Eco-bairro localizado nos arredores de Londres, projecto desenvolvido pela equipa do arquitecto Bill Dunster (Fig.55), é composto por aproximadamente 100 apartamentos destinados a uma população maioritariamente com pouco recursos económicos. Engloba alojamentos, escritórios, lojas, equipamentos sócio-culturais e serviços multiusos.<sup>66</sup>

---

<sup>66</sup> Jacinto Rodrigues - Cadernos de arquitectura do ISMAT, "Pedagogia para uma sustentabilidade". P.36 e 37

O projecto foi direccionado no sentido de utilizar principios de desenvolvimento ecologicamente sustentáveis e com custos reduzidos de construção e manutenção, garantindo uma notável qualidade de vida. A solução proposta passa pela utilização de materiais naturais, recicláveis e reutilizáveis, utilização de energias renováveis (solar, eólica e biomassa) e recurso a soluções passivas para bioclimatização.<sup>67</sup>

## 2 - NOVAS SOLUÇÕES BIOCLIMÁTICAS

Na continuidade, e à semelhança do objectivo da sustentabilidade, a bioclimática visa promover a relação entre o habitar em sintonia com o meio ambiente.

A bioclimática como o próprio nome exprime, consiste numa prática arquitectónica em que o conceito base é o clima e conseqüentemente a natureza.

Através de profundo e contínuo estudo dos referidos elementos da natureza o Sol, a Terra, o Ar e Água, a arquitectura bioclimática procurar utilizar estes recursos, como forma de reduzir ao máximo o consumo de energia e os impactos ambientais.

Os edifícios são projectados de modo a utilizarem os recursos naturais, como elementos fundamentais tendo em vista o conforto térmico.

---

<sup>67</sup> Bioclimatização, integrada no conceito da Bioclimática desenvolvida no capítulo seguinte.

Identificados como **Edifícios Solares Passivos** ou “**bioclimáticos**”, estes edifícios, são projectados de modo a evitar ao máximo a introdução de equipamentos de aquecimento e arrefecimento.

A bioclimática tem como principais objectivos;

- Promover o conforto dos edifícios;
- Minimizar ou até mesmo eliminar custos energéticos na climatização dos edifícios (aquecimento e arrefecimento);
- Contribuir para a redução da produção de gases de efeito estufa através da diminuição do consumo de electricidade nos edifícios.

Neste sentido, durante a fase de projecto, a equipa projectista, de modo a otimizar o comportamento solar passivo da envolvente dos edifícios, deverá realizar uma escolha criteriosa dos materiais a utilizar, valorizando a iluminação natural e outras estratégias de comportamento solar passivo para aquecimento e ventilação.

O clima é o factor que mais influencia a concepção dos edifícios, deste modo o projecto e os materiais a utilizar deverão ser adequados a cada tipo de clima (quente/seco, quente/húmido, temperado, ou frio).

No entanto, é importante ter em consideração na escolha dos materiais de construção não só o clima, como também, a sua utilização. O número de utilizadores e os equipamentos utilizados no interior dos edifícios são os principais factores influenciadores da quantidade de calor ou carga térmica produzida no interior dos mesmos, de tal forma que, quando atingem níveis elevados, revelam maior influência que os factores exteriores (como o sol).

A volumetria dos edifícios, a sua orientação e a dimensão dos vãos envidraçados constituem também factores bastante relevantes, merecendo especial atenção na concepção dos edifícios para garantir conforto dos mesmos, pelo que a implantação e orientação deste são fulcrais.

No caso dos vãos envidraçados, é importante que seja conseguido um equilíbrio proporcional dos mesmos, uma vez que são responsáveis pela maior perda de energia necessária para o aquecimento e arrefecimentos.

Se por um lado permitem a penetração da iluminação solar, auxiliando ao mesmo tempo no aquecimento dos espaços durante os meses mais frios, por outro lado também podem, quando não devidamente protegidos, proporcionar aquecimento excessivo nos meses mais quentes.

A bioclimática é um conceito bastante extenso e complexo, pelo que apenas é aqui abordado de forma conceptual. No que concerne ao tema desta dissertação, na utilização da terra crua em construção de edifícios é importante salientar a importância da escolha dos materiais de construção e a significativa influencia destes no conforto e necessidade de consumo de energia associado para climatização.<sup>68</sup>

Neste sentido a inércia térmica garantida pela utilização da terra crua como material de construção, contribui notavelmente para equilíbrio da temperatura no interior dos edifícios, retardando a transferência de calor para o interior nos

---

<sup>68</sup> Mateus, Ricardo, *Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção* - Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2004

meses mais quentes, e evitando a saída do mesmo nos meses mais frios, reduzindo assim a necessidade de consumo de energia para climatização, logo a terra crua é uma mais-valia e enquadra-se perfeitamente neste conceito baseado na ecologia.

Neste âmbito, destaca-se o trabalho desenvolvido a nível bioclimático pelo Arquitecto Francis Kere no seu projecto para a escola no Burkina Faso (Fig.56).



Fig. 56 - Escola secundária em Gando.

Fonte: <http://www.kerearchitecture.com/projects/secondary-school-gando/>

Num cenário característico de um dos países mais pobres do mundo onde os recursos económicos e tecnológicos são naturalmente reduzidos, o projecto teve por base uma concepção direccionada para o conforto climático, recorrendo principalmente a sistemas passivos de climatização.

A construção foi executada aproveitando ao máximo os materiais locais, a mão-de-obra disponível no local ou seja a própria comunidade, em combinação com tecnologias actuais, adaptadas de forma simples.



Fig. 57 - Processo de construção em Taipa, Escola secundária em Gando.  
Fonte: <http://www.kerearchitecture.com/projects/secondary-school-gando/>

Num contexto onde a temperatura é extremamente elevada no Verão, atingindo os 40 graus<sup>69</sup>, o arquitecto optou por utilizar a terra local recorrendo ao sistema construtivo em Taipa para concepção das paredes, o que lhe permitiu tirar partido da inércia térmica das mesmas e ainda com a vantagem de se tratar de um sistema simples de construção, facilmente acessível, económico e sem necessidade de mão-de-obra especializada.



Fig. 58 - Escola secundária em Gando, fase de construção.  
Fonte: <http://www.kerearchitecture.com/projects/secondary-school-gando/>

<sup>69</sup> Fonte: [http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2012\\_07\\_01\\_archive.html](http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2012_07_01_archive.html)

A nível de arrefecimento foi implementado um sistema passivo de climatização, em que o processo de ventilação<sup>70</sup> funciona através do direccionamento do ar através de tubos subterrâneos (cerca de dois metros de profundidade), sendo que o solo a esta profundidade apresenta valores de temperatura significativamente mais baixos, contribuindo assim para o arrefecimento do ar canalizado para o interior. Por outro lado foi também plantada vegetação na envolvente com o objectivo de conseguir algum sombreamento e ao mesmo tempo estimular a pouca vegetação existente (Fig. 59).

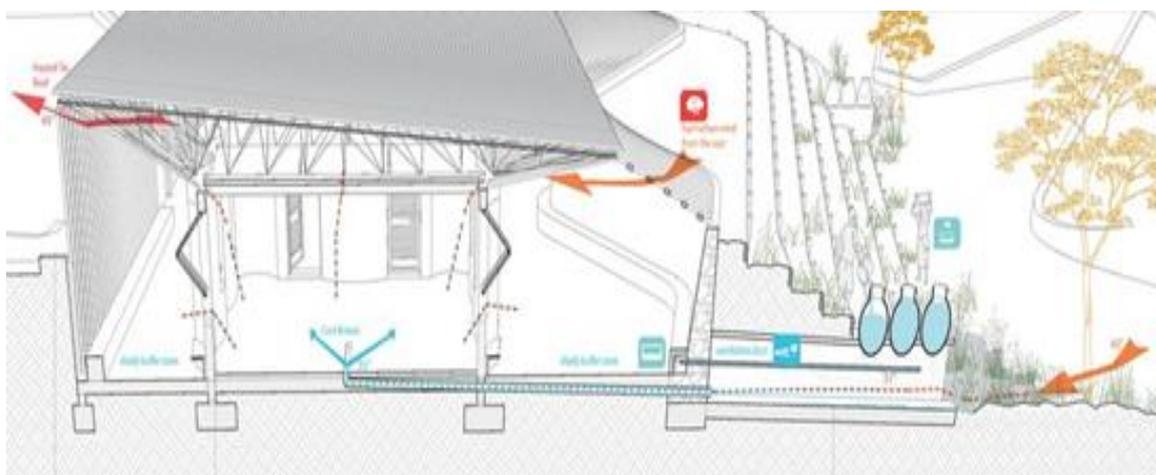


Fig. 59 - Esquema de Ventilação subterrânea e através da cobertura, Escola secundária em Gando.

Fonte: [http://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/files/2012/04/section\\_cooling\\_JPG.jpg](http://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/files/2012/04/section_cooling_JPG.jpg)

O próprio edifício foi também projectado com telhados inclinados de dupla “pele” e elevados que proporcionam o sombreamento das fachadas e o arrefecimento da cobertura, contribuindo para uma redução de cerca 5°C na temperatura interna.<sup>71</sup>

<sup>70</sup> Fonte: <http://www.kerearchitecture.com/projects/secondary-school-gando/>

<sup>71</sup> Fonte: [http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2012\\_07\\_01\\_archive.html](http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2012_07_01_archive.html)

O consumo de energia foi tido em consideração não só durante a construção, como também na utilização do edifício, sendo apenas utilizada a energia natural do sol e do vento.



Fig. 60 - Escola secundária em Gando.

Fonte: [http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2012\\_07\\_01\\_archive.html](http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2012_07_01_archive.html)

A recolha de água das chuvas, ainda que escassas, também foi prevista, e está integrada no conceito sustentável de plantação, e é utilizada para rega das árvores plantadas que se destinam a colaborar na consolidação da vegetação anteriormente integrada para sombreamento.<sup>72</sup>

---

<sup>72</sup> <http://www.kerearchitecture.com/projects/secondary-school-gando/>

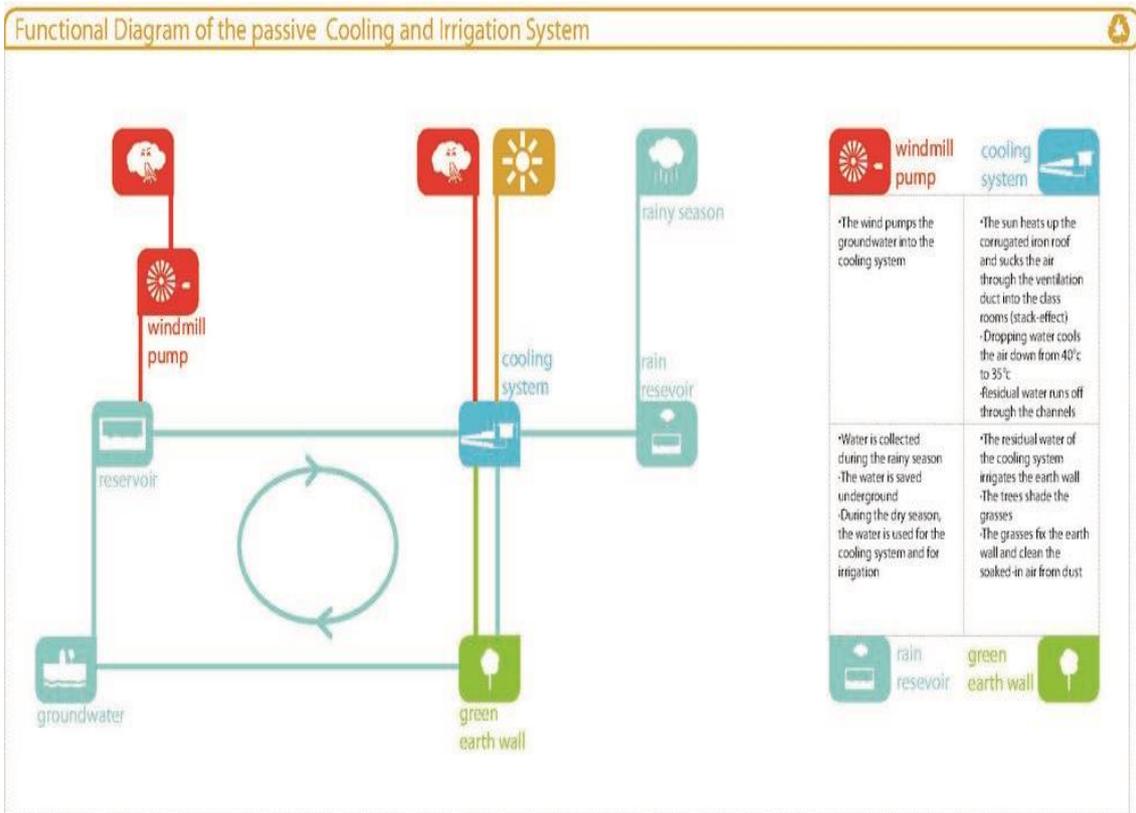


Fig. 61 - Diagrama funcional do arrefecimento passivo e sistema de rega, Escola Secundária em Gando.

Fonte: [http://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2012/04/11/secondary-school-in-gando-with-passive-ventilation-system-in-ouagadougou-burkina-faso-by-francis-kere-architecture/climate-concept\\_jpg/](http://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2012/04/11/secondary-school-in-gando-with-passive-ventilation-system-in-ouagadougou-burkina-faso-by-francis-kere-architecture/climate-concept_jpg/)

O diagrama acima (Fig.61) representa esquematicamente o princípio bioclimático adaptado ao referido projecto do arquitecto Francis Kere. Trata-se de uma base sólida da qual a construção em terra faz parte integrante, sendo passível de adaptar como solução para aplicação noutras construções direccionadas para uma consciência ambiental e económica, tanto a nível do processo construtivo como na utilização.

Neste contexto onde a terra se afirma como elemento integrante e com um papel nitidamente importante, podemos concluir que assim se define uma combinação perfeita entre o elemento construção e o ambiente.

Com base neste trabalho do arquitecto Francis Kere, entre outros exemplos, mais uma vez se caracteriza a arquitectura em terra crua como uma alternativa a considerar, revelando-se um material essencialmente ecológico e sustentável, económico, mas também com potencial a nível estético bastante interessante, permitindo resultados contemporâneos ainda com a vantagem de funcionar como um meio passivo de climatização.

PARTE III

ARQUITECTURA CONTEMPORÂNEA EM TERRA, COM FUTURO

---

**ARQUITECTURA CONTEMPORÂNEA EM TERRA**

Com base nos vários factores atrás referidos, a utilização da arquitectura em terra apresenta-se essencialmente como uma solução ecológica e económica. Contudo, para que a arquitectura de terra prospere deve ter-se em consideração a eficácia e a rapidez de execução, as necessidades a nível de segurança, resistência e durabilidade e, naturalmente, o nível de versatilidade criativa e estética como factores fundamentais. Assim é necessário que os próprios sistemas construtivos em terra evoluam ou continuem a evoluir tecnologicamente e que sejam integrados. No entanto é importante que a consciência ambiental renasça globalmente e com perspectivas para um futuro ambientalmente sustentável.

A temática da sustentabilidade tornou-se actualmente uma “moda”, chegando quase a ser banalizada servindo de argumento para a especulação imobiliária, por vezes envolvendo investimentos que dificilmente têm retorno. No entanto, valorizar este tema e atribuir-lhe importância é sinónimo de alguma sensibilidade e, ainda que para benefício por vezes de alguns grupos económicos, acaba por ser positivo e merecedor de destaque.

Toda esta envolvimento em torno da sustentabilidade também contribui significativamente para o despertar da utilização da arquitectura em terra crua, pela conexão com a Natureza e com o ambiente.

No entanto o potencial da utilização da terra crua na construção, não está apenas nas razões ecológicas e económicas, mas também no relevante

potencial a nível da sua plasticidade, podendo assumir variadíssimas formas, assim como a nível de características físicas que, através da exploração da imagem da sua textura e características cromáticas do próprio material a podem promover.



Fig. 62 - Potencial decorativo da utilização da terra na construção.

Fonte: <http://www.inspirationgreen.com/rammed-earth.html>

A cromática e a textura que a terra apresenta permite obter ambientes assumidamente contemporâneos, com padrões fortes, confortáveis, acolhedores e visualmente agradáveis (Fig. 62).

As paredes em terra permitem criar cenários de cor e sombra que mudam constantemente ao longo do dia, simplesmente aproveitando a influência da iluminação natural, e a alteração de luminosidade gerada pelo percurso solar e à noite com a iluminação artificial, resultando em mutações na sua cromática e sombras, criando ambientes além de acolhedores expressivamente contemporâneos.

Em Portugal existem já alguns exemplos notáveis de utilização da terra crua na construção de edifícios, com resultados muito interessante de exploração do aspecto visual da textura da terra, como o exemplo da habitação em Beja.<sup>73</sup>

---

<sup>73</sup> Fonte: [http://www.betaoetaipa.pt/obras\\_detail.php?obra=habitacao\\_em\\_beja](http://www.betaoetaipa.pt/obras_detail.php?obra=habitacao_em_beja)

## 1 - HABITAÇÃO EM BEJA

O projecto desenvolvido pelos arquitectos Bartolomeu Costa Cabral, João Gomes e Mário Anselmo Crespo, para uma moradia unifamiliar com cerca de 550 m<sup>2</sup>, construída em taipa, com utilização de estrutura mista de betão armado e madeira.



Fig. 63 - Habitação em Beja.

Fonte: [http://www.betaotaipa.pt/obras\\_detail.php?obra=habitacao\\_em\\_beja](http://www.betaotaipa.pt/obras_detail.php?obra=habitacao_em_beja)



Fig. 64 - Foto pormenor da cobertura em combinação com a parede em terra.  
Fonte: [http://www.betaoetaipa.pt/obras\\_detail.php?obra=habitacao\\_em\\_beja](http://www.betaoetaipa.pt/obras_detail.php?obra=habitacao_em_beja)

No trabalho destes arquitectos salienta-se também a pormenorização (Fig. 64), revelando conhecimento do material e apresentando soluções de destaque como a utilização de lintéis em chapa de ferro (Fig. 65) para conferir maior resistência na zona dos vãos, evitando fissuração nestas áreas, tendo em conta que se trata de zonas mais críticas.



Fig. 65 - Foto pormenor do reforço do vão.  
Fonte: [http://www.betaoetaipa.pt/obras\\_detail.php?obra=habitacao\\_em\\_beja](http://www.betaoetaipa.pt/obras_detail.php?obra=habitacao_em_beja)

Foi prevista também a aplicação de remates em zinco para protecção das zonas mais expostas como topos e bordos (Fig. 66).



Fig. 66 - Habitação em Beja.

Fonte: [http://www.betaoetaipa.pt/obras\\_detail.php?obra=habitacao\\_em\\_beja](http://www.betaoetaipa.pt/obras_detail.php?obra=habitacao_em_beja)

O reboco foi executado através do processo tradicional de cal areia em pasta e caiado com introdução de pigmentos naturais, resultando assim uma tonalidade variada.

Actualmente por todo mundo encontram-se exemplos contemporâneos de utilização da terra crua com excelentes resultados.

## 2 - RICOLA HERB CENTER

Ricola Herb Center, é um centro de produção dos produtos da empresa Ricola AG, localizado em Laufen, na Suíça, já anteriormente referido nesta dissertação pela tecnologia envolvida na sua execução. É um outro exemplo de construção em terra em que se salienta o seu nível de concepção arquitectónica e a sua contemporaneidade. Foi projectado em 2012, por Herzog & De Meuron o reconhecido gabinete de arquitectura suíço, fundado pelos arquitectos Jacques Herzog e Pierre de Meuron (Fig. 67).



Fig. 67 - Ricola Herb Center.

Fonte: <http://europaconcorsi.com/projects/264611-Herzog-de-Meuron-Ricola-Kr-uterzentrum/images/4587527>

O cliente é a empresa Ricola AG, um dos mais modernos e inovadores fabricantes de gotas de ervas do mundo. Os seus produtos são exportados para mais de 50 países diferentes e são famosos pela sua qualidade suíça.

Como empresa que explora produtos naturais e assume uma posição de enorme respeito pela Natureza, solicitou que o projecto do novo edifício se enquadrasse nos conceitos de integração e sustentabilidade.<sup>74</sup>

Com base neste programa os autores do projecto procuraram que as características do novo edifício de produção se direccionassem de forma a obter uma alta eficiência energética e utilizando princípios de construção ecológica, sugerindo a utilização da terra para execução das paredes, utilizando o sistema construtivo semelhante à Taipa.

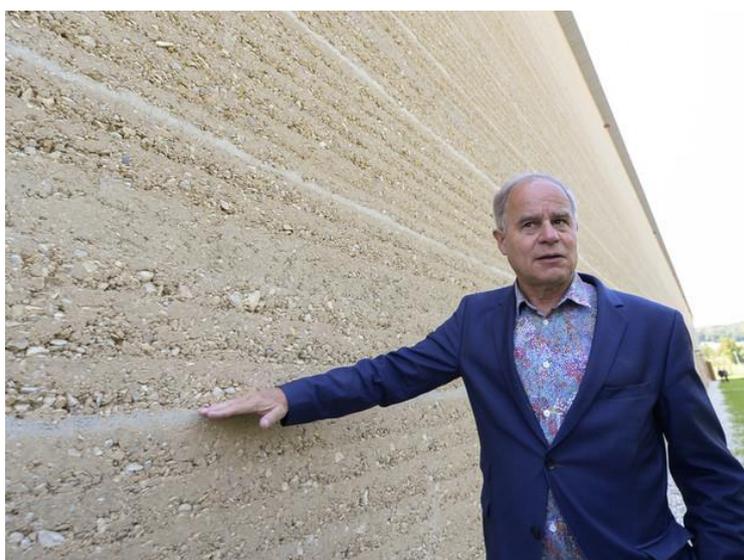


Fig. 68 - Pierre De Meuron explicando o desenvolvimento das paredes de taipa, Ricola Herb Center.

Fonte: <http://www.srf.ch/news/regional/basel-baselland/ricola-bekannt-sich-zum-standort-laufen>

O edifício caracteriza-se por um expressivo e longo volume de cobertura plana, onde as linhas horizontais resultantes da sobreposição das camadas de terra definem um padrão onde é visível a textura e pureza da terra.

---

<sup>74</sup> Fonte: <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?PID=87> Press Release: Ricola Herb Center (EN)

A própria diferença cromática natural da terra visível nas diferentes camadas de sobreposição da mesma na execução dos blocos e o reforço da junta do ligante entre níveis de sobreposição, resultam numa perfeita harmonia com a envolvente e ao mesmo tempo criam a ilusão de comprimento, funcionando como forma de minimizar a altura do edifício.



Fig. 69 - Ricola Herb Center.

Fonte: <http://aasarchitecture.com/2014/07/ricola-krauterzentrum-herzog-de-meuron.html/ricola-krauterzentrum-by-herzog-de-meuron-06>

Os vãos de acesso, em madeira, quando encerrados diluem-se na leitura do volume pela tonalidade semelhante à das paredes em Taipa. A penetração da iluminação natural é garantida por aberturas circulares em vidro (fig.65), criando reflexos da envolvência verde das árvores circundantes, resultando numa identidade nitidamente contemporânea (Fig. 70).



Fig. 70 - Pormenor dos reflexo dos painéis circulares/vãos de iluminação, Ricola Herb Center.

Fonte: <http://www.srf.ch/news/regional/basel-baselland/ricola-bekennt-sich-zum-standort-laufen>

Por outro lado ainda, mais uma vez a utilização de paredes em terra, pela inércia térmica, desempenham um papel muito importante contribuindo notavelmente para reduzir consumos de energia necessária para climatização do seu interior. Tendo em consideração a expressiva volumetria do edifício e em combinação com o clima da Suíça,<sup>75</sup> facilmente se percebe o elevando consumo de energia necessário para garantir o seu equilíbrio térmico interior, deste modo a opção pela utilização da terra nesta solução beneficia ainda, e com elevado grau de importância, do desempenho térmico que a terra proporciona, resultando numa significativa economia de energia.

---

<sup>75</sup> A Suíça é um país localizado no centro da Europa a sua área total é de 41.285 km<sup>2</sup>, dos quais 1.520 são cobertos de água. As temperaturas variam entre temperaturas negativas nas zonas montanhosas e no Inverno e temperaturas amenas durante o Verão, enquanto no Inverno, existe uma frente fria proveniente da Sibéria causando abruptas quedas na temperatura, sobretudo durante a noite. (<http://pt.wikipedia.org>)

### 3 - BRITTLEBUSH



Fig. 71 - Habitação-experimental no deserto, BRITTLEBUSH.

Fonte: <http://www.archdaily.com/83993/brittlebush-simon-de-aguero/mountainview>

Um outro apontamento de referência a nível de arquitectura design e arquitectura contemporânea em terra, foi desenvolvida pelo arquitecto Simon de Agüero, em Scottsdale, Arizona, na América, ao criar uma habitação-experimental no deserto, destinada aos estudantes residentes de Taliesin West campus da Frank Lloyd Wright School of Architecture, universidade onde se formou.<sup>76</sup>

Simon de Agüero, como aluno desta universidade é naturalmente influenciado pelo ícone da arquitectura orgânica *Frank Lloyd Wright*<sup>77</sup> e pela integração de arquitectura no ambiente natural.

---

<sup>76</sup> Fonte: <http://www.archdaily.com/83993/brittlebush-simon-de-aguero/>

<sup>77</sup> Frank Lloyd Wright: Arquitecto, escritor e professor, referência principal da arquitectura orgânica

Ao projectar este “abrigo” no deserto o arquitecto pensou num espaço conceito design, desafiando o preconceito de habitação comum em espaços encerrados com sólidas paredes e coberturas, em que o exterior e interior são fisicamente separados.

Com base neste desafio o arquitecto desenvolveu o projecto partindo da ideia de tenda, procurando neutralizar a separação interior/exterior, assumindo assim uma relação próxima com o deserto, minimizando o impacto ambiental da construção, tendo em consideração a fragilidade que o ecossistema do deserto apresenta.<sup>78</sup>



Fig. 72 - Interior Habitação-experimental no deserto, BRITTLEBUSH.  
<http://www.prairiemod.com/features/2010/11/build-simon-de-agueros-brittlebush-shelter.html>

O “abrigo” foi projectado para ser utilizado como uma zona de lazer, onde é possível juntar um grupo de amigos para uma festa ou simplesmente desfrutar de um livro tranquilamente.<sup>79</sup>

<sup>78</sup> Fonte: <http://www.prairiemod.com/features/2010/11/build-simon-de-agueros-brittlebush-shelter.html>

<sup>79</sup> <http://futuresplus.net/2012/04/20/brittlebush-taliesin-west-simon-de-aguero/>

O projecto traduz um espaço de vida ao ar livre, unicamente definido por paredes baixas em terra (Taipa), contornadas por uma liga de aço que lhes confere estabilidade e destaque. A cobertura de protecção é garantida por um tecido suportado numa estrutura básica, somente composta por barras de ferro que definem as formas da cobertura e tencionado com cabos de aço.

Na zona coberta podemos encontrar uma cama que está localizada sobre uma lareira possibilitando uma forma de aquecimento passiva.<sup>80</sup> O projecto apresenta uma forte dinâmica acentuada pela inclinação dos planos das paredes, suportadas pela liga de aço, que define o contorno dos volumes e ao mesmo confere estabilidade à construção (Fig.73).



Fig. 73 - Interior Habitação-experimental no deserto, BRITTLEBUSH.  
Fonte:<http://www.archdaily.com/83993/brittlebush-simon-de-aguero/mountainview>)

<sup>80</sup> Fonte: <http://www.prairiemod.com/features/2010/11/build-simon-de-agueros-brittlebush-shelter.html>)



Fig. 74 - A noite no Interior Habitação-experimental no deserto, BRITTLEBUSH, .  
Fonte: <http://www.prairiemod.com/features/2010/11/build-simon-de-agueros-brittlebush-shelter.html>

O abrigo foi executado com recurso praticamente a materiais recolhidos no estaleiro da escola. Desde a liga de aço utilizada, a madeira para cofragem das paredes que, como é óbvio num contexto como o deserto, seria a terra o mais fácil de utilizar e certamente o que melhor se integraria no local.



Fig. 75 - Liga de Ferro par definição das paredes de taipa  
Fonte: <http://www.prairiemod.com/features/2010/11/build-simon-de-agueros-brittlebush-shelter.html>



Fig. 76 - Paredes em taipa.

Fonte: <http://www.prairiemod.com/features/2010/11/build-simon-de-agueros-brittlebush-shelter.html>

As paredes executadas no abrigo utilizam o sistema construtivo em “taipa”, tendo sido moldadas pelo autor com o auxílio de vários colaboradores, ou seja, não houve necessidade de recorrer a mão-de-obra especializada. A matéria-prima utilizada foi a terra local, embora neste exemplo, pelas características de desenho que apresenta, foi adicionado uma parte de cimento e uma parte de corante marrom. O autor optou pela utilização do cimento com a intenção de consolidar as paredes tendo em conta que apresentam pouca espessura e com a agravante de se encontrarem inclinadas. Quanto à cromática conseguida com a adição do corante, contribui para destacar as diferentes camadas de terra e conferir diferentes tonalidades, resultando perfeitamente, não só durante o dia como mesmo à noite com a iluminação produzida pela lareira.



Fig. 77 - Cromática resultante da terra com adição de corante, BRITTLEBUSH.  
Fonte: <http://www.prairiemod.com/features/2010/11/build-simon-de-agueros-brittlebush-shelter.html>

Esta Habitação experimental ao ar livre, apresenta-se como mais um exemplo do potencial da terra como material de construção e como elemento decorativo. Neste contexto a terra é utilizada num ambiente de deserto, onde os materiais de construção não chegam facilmente, no entanto a terra está presente tornando fácil o acesso a uma matéria-prima para construção e ainda com a vantagem de facilidade a sua execução. Deste modo, com este exemplo representativo deste tema, comprova-se que a utilização da terra é acessível a todos, com mais ou menos recursos, tanto a nível económico como a nível de tecnologia.

#### 4 - HOUSE RAUCH

House Rauch, é uma moradia construída com um sistema construtivo semelhante à taipa, localizada em Schlins in Vorarlberg, Austria num cenário natural bastante sensível. Apresenta-se como resultado de uma intensa cooperação entre Martin Rauch<sup>81</sup>, e o arquitecto Roger Boltshauser, para execução deste edifício de tendências contemporâneas, construído em terra crua.



Fig. 78 - House Rauch

Fonte: <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?plD=7>

A construção surge como um elemento marcante no ambiente envolvente, “...a moradia apresenta-se como uma estrutura monolítica que se desenvolve como um bloco escultural, uma natureza abstracta e artificial, que emerge da terra.”<sup>82</sup>

---

<sup>81</sup> Martin Rauch, licenciado em Artes, pela University of Applied Arts Vienna, fundador e proprietário da já anteriormente referida Lehm Ton Erde GmbH, Schlins, AT empresa especializada em construção em terra crua.

<sup>82</sup> Fonte: <http://www.architonic.com/aisht/rammed-earth-house-rauch-family-home-boltshauser-architekten/5100620>

Naturalmente o grau de conhecimento sobre o material, arquitectura e desenho por parte dos autores transparece vivamente neste edifício. Desde a relação com a envolvente, como a nível de pormenor de acabamento interior e exterior. A moradia Rauch revela claramente a capacidade e potencial que a terra crua tem enquanto material de construção e assim como o nível de contemporaneidade que uma construção neste sistema construtivo pode assumir.



Fig. 79 - House Rauch, enquadramento paisagístico envolvente.

Fonte: <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?PID=7>

A influência da terra crua é evidente na perfeita relação conseguida entre o edifício a envolvente, principalmente pelo facto da terra se tratar de um material natural num cenário natural. Apresentando uma cromática variada e particular, uma textura inconstante e dinâmica e um forte carácter de assumida presença. A leitura do conjunto apresenta-nos uma imagem como se moradia

nascesse do um talude e nele se enraizasse, numa perfeita harmonia, semelhante a um rochedo saliente num talude verde.

*“Is the Rauch house a geometric form that has been placed in the Hill side? Or is the earth of the hillside that has been geometrically formed?”*<sup>83</sup>

Os materiais utilizados na construção da moradia são principalmente ecológicos. A nível exterior a excelente combinação entre a Taipa e as caixilharias em madeira, apresentam uma identidade única de perfeita simbiose. Entre as camadas de terra é visível a inserção de fiadas de tijoleiras de barro de modo a conferir maior estabilidade as paredes exteriores, destacando as linhas horizontais, minimizando visualmente o efeito de altura e realçando os efeitos luz e sombra (Fig.80).



Fig. 80 - Marcação das uniões entre camadas de taipa, Moradia Rauch.

Fonte: <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?plD=7>

---

<sup>83</sup> KAPFINGER, Otto; SIMON, Axel - Haus Rauch. Pag. 26. Tradução: Será a moradia Rauch uma forma geométrica implantada na encosta? Ou será que terra da encosta que se formou uma geometricamente?

Como refere o livro “Haus Rauch”, a erosão faz parte da natureza e afecta todos os materiais, não só a terra. No entanto é um facto que os autores aceitam passivamente o facto e ainda tiram partido do mesmo enquanto imagem em constante transformação.<sup>84</sup>



Fig. 81 e 82 - Interior Moradia Rauch.

Fonte: <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?plD=7>

A moradia foi construída praticamente na sua totalidade com terra proveniente da escavação, sendo que este é um ponto importante para Martin Rauch.

A fundação foi executada em betão (com reduzida quantidade de cimento) e cal hidráulica, sem recurso a embasamento. Na ligação entre as paredes e a fundação foi colocada uma película de impermeabilização em betume.<sup>85</sup>

---

<sup>84</sup> KAPFINGER, Otto; SIMON, Axel - Haus Rauch. Pag. 26 a 55

<sup>85</sup> KAPFINGER, Otto; SIMON, Axel - Haus Rauch. Pag. 115

No interior, a presença da terra também é nitidamente assumida em pontos estratégicos, contribuindo para uma imagem sóbria e contemporânea.

A combinação entre as paredes de terra rebocadas que confere ao espaço interior a tranquilidade necessária para um ambiente leve, enquanto as zonas de parede em terra à vista funcionam como pontos de referência que se pretendem destacar (Fig. 83 e 84).



**Fig. 83 - Interior Moradia Rauch.**

Fonte: <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?plD=7>



**Fig. 84 - Interior/Cozinha, Moradia Rauch.**

Fonte: <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?plD=7>



**Fig. 85 - Interior/Escada, Moradia Rauch.**

Fonte: <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?plD=7>

A moradia revela no seu todo um espaço acolhedor e contemporâneo, com a vantagem de ser construída essencialmente com um material ecológico, a terra.



**Fig. 86 - Interior, Moradia Rauch.**

Fonte: <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?plD=7>



**Fig. 87 - Interior, Moradia Rauch**

Fonte: <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?plD=7>

Relativamente à cobertura plana e revestida com o mesmo tipo de tijoleira de barro utilizada na marcação das camadas de Taipa (Fig. 88).



**Fig. 88 - Cobertura Plana, Moradia Rauch.**

Fonte: <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?plD=7>

## CONCLUSÕES

O sector da construção, na forma como actualmente se desenvolve, provoca um grave impacto sobre o ambiente. É da responsabilidade de todos nós, principalmente os técnicos envolvidos neste sector, encontrar alternativas de forma a contribuir para um futuro mais sustentável.

Este objectivo deve estar presente ao longo de todo o processo de construção. Desde logo no início da concepção, com especial atenção ao projecto, uma vez que é a partir desta base que tudo se desenvolve e se define, em particular o impacto que o edifício irá ter a nível ambiental. É ainda nesta fase, com a definição dos materiais, que deverá ser avaliado todo o processo construtivo, desde a energia envolvida na obtenção das matérias-primas, ao método de transformação das mesmas, passando pelo seu transporte durante o decorrer da obra e, finalmente, no seu desempenho e influencia.

Actualmente a construção é responsável pelo consumo de cerca de 50% dos recursos materiais extraídos da Natureza, o que é insustentável, provocando a perda da biodiversidade, o aumento do efeito estufa e consequente aquecimento global, e a degradação das águas, do ar e dos solos, que garantem a sobrevivência humana.

A continuação do consumo descontrolado dos recursos naturais e a exploração exaustiva dos recursos não renováveis, contribuem para o desequilíbrio ambiental, condicionando o presente, e também o futuro da humanidade, ao colocar em causa a qualidade de vida das gerações futuras.

O sector da construção civil tem que adoptar rapidamente um diferente paradigma, que renegue a perspectiva de crescimento económico à custa de um consumo inconsciente dos recursos naturais.

Neste complicado cenário surge-nos a terra como uma das principais alternativas viáveis para minimizar esta tendência.

A terra é um material ecológico, encontra-se em qualquer parte do mundo, pelo que é facilmente acessível, e o conhecimento das suas técnicas construtivas é de fácil compreensão, podendo ser executado sem recurso a mão-de-obra especializada. Apresenta ainda um desempenho térmico notável, é resistente ao fogo e os processos de reaproveitamento são facilmente reversíveis.

A resolução do problema passa, pois, pela acreditação deste sistema construtivo. Por torná-lo viável e com capacidade de assumir formas que acompanhem a evolução arquitectónica.

Não obstante as limitações da construção em terra crua, principalmente no que se refere à sua estabilização e resistência sísmica, sendo este o ponto mais crítico, os actuais conhecimentos deste método, a sua evolução, a modernização das técnicas, com a associação de equipamento mecanizado e adição de estruturas mistas, revelam que a construção em terra tem um grande potencial.

É importante, porém, respeitar o princípio ecológico deste sistema construtivo. Actualmente, e como um dos principais promotores da evolução da construção em terra, mais concretamente a construção em Taipa (talvez a técnica mais

utilizada na actualidade) salienta-se Martin Rauch, que tem tido um papel muito importante na promoção deste sistema construtivo.

A construção em terra, pela referida evolução e características naturais que apresenta, enquadra-se perfeitamente na arquitectura de hoje, ou seja, a arquitectura contemporânea. As suas características cromáticas e a versatilidade que revela permitem resultados comprovados, expressivamente contemporâneos, com a vantagem de ser um material ecológico e sustentável.

Pelo exposto, e por todas as razões apresentadas, concluímos que a arquitectura em terra, reúne todas as condições para se enquadrar na arquitectura contemporânea e uma solução construtiva para o futuro.

## BIBLIOGRAFIA

CRATerre - Centre International de la Construction en Terre (1979). Construire en terre. CRATerre, Paris, França.

Houben, Hugo, Earth construction -A comprehensive guide, CRATerre, 1994

Minke, Gernot, Earth construction handbook, Wit presse, Southampton, 2000

Gomes, Rui, O uso da terra como material de construção, Lisboa, 1953

Gonçalves, Filipe Duarte, Geometrias da arquitectura de terra -A sustentabilidade geométrica das construções em terra crua, Universidade Lusíada Editora, Lisboa, 2006

Oliveira, Ernesto Veiga, Fernando Galhano, Arquitectura tradicional portuguesa, 4.ª edição, Edi. D. Quixote, Lisboa, 2000

Rodrigues, Jacinto, Pedagogia para uma sustentabilidade, ISMATE, Cadernos de Arquitectura, Portimão, 2007

Vários Autores, Arquitectura popular em Portugal, 3.ª edição, Ordem dos Arquitectos, Lisboa, 2004

Vários Autores, Arquitectura de terra em Portugal, Edi. Argumentum, Lisboa, 2005

Vários Autores, Arquitectura de terra, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1993

Minke, Gernot, Construction manual for earthquake-resistant houses built of earth- Published by GATE - BASIN (Building Advisory Service and Information Network) at GTZ GmbH (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) Eschborn Germany, December 2001

Boltshauser, Roger; Kamm, Thomas; Rauch, Martin - Haus Rauch: a Model of Advanced Clay.

Architecture. Basel: Birkhauser, 2011. 176p. ISBN 978-3-0346-0109-2

Easton, David - The Rammed Earth House. USA: Chelsea Green Publishing Company, 2007 . 265p.

ISBN 978-1-933392-37-0

Fathy, Hassan - Arquitectura para os pobres: Uma experiencia no Egipto Rural. Lisboa: Argumentum, 2009. 207p.

ISBN 978-972-576-555-0

Minke, Gernot- Building with Earth: design and technology of sustainable architecture.

Birkhauser - Publishers of Architecture, 2006. 199p. ISBN 13:978-3-7643-7477-8

## BIBLIOGRAFIA ELECTRÓNICA

<http://www.centrodaterra.org/>  
<http://craterre.org/>  
<http://www.eartharchitecture.org/>  
[http://novas.fct.unl.pt/new\\_detail.php?new\\_id=545&magazine\\_session=8042d70f7975c12bf82d70747340b1aa](http://novas.fct.unl.pt/new_detail.php?new_id=545&magazine_session=8042d70f7975c12bf82d70747340b1aa)  
[http://www.planetacad.com/PresentationLayer/estudo\\_01.aspx?id=9&CANAL\\_ORDEM=0403](http://www.planetacad.com/PresentationLayer/estudo_01.aspx?id=9&CANAL_ORDEM=0403)  
<http://www.planetacad.com/PresentationLayer/ResourcesUser/Imagens/conhecimento/estudos/terra2/terra2.pdf>  
[http://www.ikaza.com.pt/presentationlayer/estudo\\_01.aspx?id=9&CANAL\\_ORDEM=0403](http://www.ikaza.com.pt/presentationlayer/estudo_01.aspx?id=9&CANAL_ORDEM=0403)  
<http://arquitecturasdeterra.blogspot.com/>  
<http://milfontes.informe.com/arquitetura-de-terra-no-litoral-alentejano-dt1041.html>  
<http://editora.lis.ulusiada.pt/livros/livro287.htm>  
<http://www.integria.com.br/bioarquitetura/bio-arquitetura.htm>  
<http://picasaweb.google.com/pedroalvesabreu/ArquitecturasDeTerra?authkey=Gv1sRgCIG40uj7pP20Zw#5288591871138753778>  
<http://www.paulojones.com/tecnicas/adobe.htm>  
[http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art4\\_N12.pdf](http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art4_N12.pdf)  
[http://www.centrodaterra.org/uploads/media/A\\_construcao\\_com\\_terra\\_em\\_Portugal.pdf](http://www.centrodaterra.org/uploads/media/A_construcao_com_terra_em_Portugal.pdf)  
[http://www.civil.uminho.pt/masonry/publications/nat\\_journ/2000\\_ramos\\_lourenco.pdf](http://www.civil.uminho.pt/masonry/publications/nat_journ/2000_ramos_lourenco.pdf)  
<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10442/1/Arte%20%26%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20228.pdf>  
<http://www.rammedearth.info/index.htm#Home>  
<http://www.planetacad.com/PresentationLayer/ResourcesUser/Imagens/conhecimento/estudos/terra2/terra2.pdf>  
[http://www.gla.ac.uk/media/media\\_129735\\_en.pdf](http://www.gla.ac.uk/media/media_129735_en.pdf)  
<http://www.architonic.com/aish/rammed-earth-house-rauch-family-home-boltshauser-architekten/5100620>  
<http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?plD=7>