

# **ESTUDO EXPERIMENTAL DE APLICAÇÃO COMBINADA DE PROCESSOS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS NA CONSTRUÇÃO CONTEMPORÂNEA**

**ANA BEATRIZ DO VALE CERQUEIRA PUGA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Fernando Manuel Brandão Alves

JUNHO DE 2009

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.



## **Agradecimentos**

Gostaria de prestar os meus agradecimentos a todas as pessoas que de diversas formas me apoiaram ao longo do meu processo de aprendizagem e que contribuíram para a realização do trabalho que a seguir apresento. Afirmando desde já a minha incapacidade para enumerar todas as pessoas que contribuíram com o seu apoio, desde a fase inicial até à conclusão do mesmo, gostaria de destacar algumas que, pela ajuda prestada, não poderia deixar de evidenciar.

Ao Prof. Brandão Alves, agradeço a orientação, disponibilidade e dedicação demonstrada, pelas críticas, sugestões e incentivos, que ao longo deste tempo de convivência me permitiu adquirir os conhecimentos necessários para elaborar esta tese.

Aos meus pais pelo sacrifício e apoio incondicional ao longo destes anos de formação académica, ajudando-me sempre nos momentos mais difíceis.

A todos os meus amigos, por todo apoio e incentivo, que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

A todos já mencionados e aqueles que de uma forma directa ou indirecta me ajudaram a realizar este trabalho, o meu profundo e reconhecido agradecimento.



## **Resumo**

Pretendeu-se com este trabalho efectuar uma reflexão sobre a importância dos processos construtivos tradicionais actualmente, usando as técnicas construtivas tradicionais portuguesas como objecto de estudo para essa reflexão.

Foi feita uma análise das principais tecnologias tradicionais portuguesas aliadas a cada região arquitectónica. No fundo uma fusão do passado com o futuro para próprio equilíbrio do ecossistema em que cada construção é implantada.

Como resultado desta consciencialização serão abordados alguns projectos contemporâneos onde foram adoptadas tecnologias construtivas tradicionais com linguagens contemporâneas.

Palavras-chave: alvenarias resistentes, tecnologias construtivas, construção vernacular.



## **Abstract**

It was intended with this work to do a reflection about the importance of the traditional constructive processes nowadays, using the traditional Portuguese constructive techniques as an object of study for this kind of reflection.

An analysis of the major traditional Portuguese technologies was made based on each architectural region. A fusion between both the past and the future for the self balance of the ecosystem where each construction is implanted.

As a result of this construction consciousness, some contemporary projects that adopted traditional construction technologies with contemporary language are looked upon in this study.

Key-words: traditional construction, structural masonry, vernacular architecture.



## ÍNDICE GERAL

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| AGRADECIMENTOS .....                                                                                  | i         |
| RESUMO .....                                                                                          | iii       |
| ABSTRACT .....                                                                                        | v         |
| <br>                                                                                                  |           |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                            | <b>1</b>  |
| 1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA .....                                                                      | 1         |
| 1.2. OBJECTIVOS .....                                                                                 | 2         |
| 1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....                                                                 | 2         |
| <br>                                                                                                  |           |
| <b>2. A CONSTRUÇÃO VERNACULAR PORTUGUESA .....</b>                                                    | <b>5</b>  |
| 2.1. TENDÊNCIAS CONSTRUTIVAS E PERSPECTIVAS FUTURAS .....                                             | 5         |
| 2.2. FACTORES QUE INFLUENCIARAM A CONSTRUÇÃO VERNACULAR .....                                         | 7         |
| 2.3. DEFINIÇÕES DAS REGIÕES ARQUITECTÓNICAS .....                                                     | 9         |
| 2.4. REGIÃO NORTE – NORTE LITORAL .....                                                               | 10        |
| 2.5. REGIÃO NORTE – NORTE INTERIOR .....                                                              | 11        |
| 2.6. REGIÃO DO CENTRO LITORAL .....                                                                   | 12        |
| 2.7. REGIÃO DO ALENTEJO .....                                                                         | 15        |
| 2.8. REGIÃO DO ALGARVE .....                                                                          | 17        |
| <br>                                                                                                  |           |
| <b>3. SISTEMAS CONSTRUTIVOS E EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS<br/>DAS PAREDES DE ALVENARIA RESISTENTE .....</b> | <b>21</b> |
| 3.1. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS .....                                                                      | 21        |
| 3.2. CONSTRUÇÃO EM PEDRA .....                                                                        | 22        |
| 3.2.1. O MATERIAL .....                                                                               | 22        |
| 3.2.2. TRABALHABILIDADE E DISPONIBILIDADE .....                                                       | 24        |
| 3.2.3. RESISTÊNCIA AO FOGO .....                                                                      | 26        |
| 3.2.4. ESTANQUIDADE AO AR E À ÁGUA .....                                                              | 27        |
| 3.2.5. ESTABILIDADE .....                                                                             | 28        |
| 3.2.6. CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO .....                                                              | 31        |
| 3.2.6.1. Térmica .....                                                                                | 32        |
| 3.2.6.2. Acústica .....                                                                               | 33        |

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.7. DURABILIDADE .....                                                  | 34        |
| <b>3.3. SISTEMAS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS DA ALVENARIA DE PEDRA .....</b> | <b>35</b> |
| 3.2.1. ALVENARIA DE PEDRA SEM APARELHAMENTO .....                          | 36        |
| 3.2.2. ALVENARIA DE PEDRA COM APARELHAMENTO .....                          | 37        |
| 3.2.3. ALVENARIA DE PEDRA SECA .....                                       | 39        |
| 3.2.4. CARACTERIZAÇÃO DAS ALVENARIAS SEGUNDO A SUA SECÇÃO .....            | 40        |
| <b>3.4. CONSTRUÇÃO EM TERRA .....</b>                                      | <b>40</b> |
| 3.4.1. O MATERIAL .....                                                    | 40        |
| 3.4.2. DURABILIDADE .....                                                  | 41        |
| 3.4.3. TRABALHABILIDADE E DISPONIBILIDADE .....                            | 42        |
| 3.4.4. RESISTÊNCIA AO FOGO .....                                           | 42        |
| 3.4.5. ESTABILIDADE .....                                                  | 42        |
| 3.4.6. CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO .....                                   | 43        |
| 3.4.6.1. Térmica.....                                                      | 43        |
| 3.4.6.2. Acústica .....                                                    | 43        |
| <b>3.5. SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE ALVENARIA EM TERRA .....</b>              | <b>42</b> |
| 3.5.1. TAIPA .....                                                         | 44        |
| 3.5.2. ADOBE .....                                                         | 46        |

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. ANÁLISE DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS .....</b>      | <b>49</b> |
| <b>4.1. EVOLUÇÃO E COMPETITIVIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL .....</b> | <b>49</b> |
| <b>4.2. SUSTENTABILIDADE .....</b>                                   | <b>51</b> |
| 4.2.1. CONSTRUÇÃO EM TERRA.....                                      | 51        |
| 4.2.2. CONSTRUÇÃO EM PEDRA.....                                      | 52        |
| <b>4.3. TRADIÇÃO E CULTURA.....</b>                                  | <b>53</b> |
| <b>4.4. ASPECTOS ECONÓMICOS .....</b>                                | <b>54</b> |
| 4.4.1. CONSTRUÇÃO EM TERRA.....                                      | 54        |
| 4.4.1.1. Taipa .....                                                 | 56        |
| 4.4.1.2. Adobe .....                                                 | 56        |
| 4.4.2. CONSTRUÇÃO EM PEDRA.....                                      | 56        |
| <b>4.5. ASPECTOS TÉCNICOS DA CONSTRUÇÃO EM PEDRA .....</b>           | <b>56</b> |
| 4.5.1. COMPORTAMENTO ESTRUTURAL.....                                 | 56        |

|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5.2. OUTROS ASPECTOS TÉCNICOS.....                               | 57        |
| 4.5.2.1. Trabalhabilidade e disponibilidade .....                  | 57        |
| 4.5.2.2. Resistência ao fogo.....                                  | 57        |
| 4.5.2.3. Estantidade ao ar e à água .....                          | 57        |
| 4.5.2.4. Conforto térmico .....                                    | 57        |
| 4.5.2.5. Conforto acústico .....                                   | 57        |
| 4.5.2.6. Durabilidade .....                                        | 57        |
| 4.5.3. LIMITAÇÕES.....                                             | 58        |
| 4.5.4. TECNOLOGIAS APLICÁVEIS NAS ALVENARIAS RESISTENTES .....     | 59        |
| 4.5.4.1. Elementos de confinamento.....                            | 59        |
| 4.5.4.2. Reforço .....                                             | 60        |
| <br>                                                               |           |
| <b>4.6. ASPECTOS TÉCNICOS DA CONSTRUÇÃO EM TERRA.....</b>          | <b>61</b> |
| 4.6.1. COMPORTAMENTO ESTRUTURAL .....                              | 61        |
| 4.6.2. OUTROS ASPECTOS TÉCNICOS.....                               | 62        |
| 4.6.2.1. Trabalhabilidade e disponibilidade .....                  | 62        |
| 4.6.2.2. Resistência ao fogo.....                                  | 62        |
| 4.6.2.3. Conforto térmico .....                                    | 62        |
| 4.6.2.4. Conforto acústico .....                                   | 62        |
| 4.6.2.5. Durabilidade .....                                        | 62        |
| 4.6.3. LIMITAÇÕES.....                                             | 63        |
| 4.6.3.1. Acções mecânicas .....                                    | 63        |
| 4.6.3.2. Erosão .....                                              | 62        |
| 4.6.3.3. Infiltração e absorção da água.....                       | 62        |
| 4.6.3.4. Condensação de vapor de água .....                        | 62        |
| 4.6.4. NOVAS TECNOLOGIAS NA APLICAÇÃO DA TERRA NA CONSTRUÇÃO ..... | 64        |
| <br>                                                               |           |
| <b>5. CASOS DE ESTUDO .....</b>                                    | <b>67</b> |
| <b>5.1. QUINTA DA GRAMELA .....</b>                                | <b>67</b> |
| 5.1.1. FICHA TÉCNICA.....                                          | 67        |
| 5.1.2. CARACTERIZAÇÃO.....                                         | 68        |
| 5.1.2.1. O terreno e as funções ecológicas do solo .....           | 68        |
| 5.1.2.2. Materiais .....                                           | 69        |

|                                                                                     |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 5.1.2.3. Integração na paisagem e valorização local .....                           | 70           |
| 5.1.2.4. Sistema construtivo .....                                                  | 70           |
| 5.1.2.5. Plantas e perfis .....                                                     | 71           |
| 5.1.2.6. Sustentabilidade .....                                                     | 74           |
| 5.1.2.7. Iluminação .....                                                           | 75           |
| <b>5.2. CASA EM TROVISCALIS</b> .....                                               | <b>77</b>    |
| 5.2.1. EXTERIOR .....                                                               | 77           |
| 5.2.2. PROJECTO .....                                                               | 79           |
| 5.2.3. CARACTERIZAÇÃO .....                                                         | 79           |
| <b>5.3. NK'MIP DESERT CULTURAL CENTRE</b> .....                                     | <b>82</b>    |
| 5.3.1. FICHA TÉCNICA .....                                                          | 82           |
| 5.3.2. CARACTERIZAÇÃO .....                                                         | 82           |
| 5.3.2.1. Valorização ecológica .....                                                | 83           |
| 5.3.2.2. Acessibilidade .....                                                       | 88           |
| 5.3.2.3. Sustentabilidade .....                                                     | 89           |
| 5.3.2.4. Desempenho solar passivo .....                                             | 89           |
| 5.3.2.5. O Muro de terra .....                                                      | 89           |
| 5.3.2.6. Acessibilidade a relações com a comunidade .....                           | 91           |
| <br><b>6. CONCLUSÕES</b> .....                                                      | <br><b>5</b> |
| <b>6.1. SOBRE O ESTUDO DE PARÂMETROS E MODELOS DE CONSTRUÇÃO SELECIONADOS</b> ..... | <b>94</b>    |
| 6.1.1. CONSTRUÇÃO EM TERRA .....                                                    | 94           |
| 6.1.2. CONSTRUÇÃO EM PEDRA .....                                                    | 95           |
| 6.1.3. SÍNTESE CONCLUSIVA SOBRE OS DOIS MODELOS CONSTRUTIVOS ABORDADOS .....        | 95           |
| <b>6.2. PERSPECTIVAS FUTURAS</b> .....                                              | <b>96</b>    |

## ÍNDICE E ORIGEM DE FIGURAS

### 2 – A CONSTRUÇÃO VERNACULAR PORTUGUESA

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig.2.1 – Comparação das soluções estruturais utilizadas nos edifícios em alguns países europeus. Fonte: [Sousa, H. <i>Alvenarias em Portugal Situação Actual e Perspectivas Futuras</i> . 2002. <a href="http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Paredes_de_Alvenaria/Artigo%20Pag%2017-40.pdf">http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Paredes_de_Alvenaria/Artigo%20Pag%2017-40.pdf</a> . Último acesso em 29 de Setembro de 2008]. | 6  |
| Fig.2.2 – Mapa da utilização do solo em 1972. Fonte: [ <a href="http://www.zonu.com/portugal_maps/m_portugal_land_1972q.htm">http://www.zonu.com/portugal_maps/m_portugal_land_1972q.htm</a> . Último acesso em 29 de Setembro de 2008]                                                                                                                                                                                                                | 8  |
| Fig.2.3 – Casa Minhota. Fonte: [ <a href="http://www.casadomatinho.com/foto.php?idioma=pt&amp;RECORD_KEY%28fotos_detail%29=foto_id&amp;foto_id(fotos_detail)=1">http://www.casadomatinho.com/foto.php?idioma=pt&amp;RECORD_KEY%28fotos_detail%29=foto_id&amp;foto_id(fotos_detail)=1</a> . Último acesso em 29 de Setembro de 2008]                                                                                                                    | 11 |
| Fig.2.4 – Casa Serrana. Fonte: [ <a href="http://www.prof2000.pt/users/alunoseia/casa.jpg">http://www.prof2000.pt/users/alunoseia/casa.jpg</a> . Último acesso em 29 de Setembro de 2008.]                                                                                                                                                                                                                                                             | 12 |
| Fig.2.5 – Casa de Madeira. Fonte: [ <a href="http://noticiasdeovar.blogspot.com/2007/04/palheiros.html">http://noticiasdeovar.blogspot.com/2007/04/palheiros.html</a> . Último acesso em 29 de Setembro de 2008.]                                                                                                                                                                                                                                      | 13 |
| Fig.2.6 – Casa Alpendrada. Fonte: [ <a href="http://img.olhares.com/data/big/23/236669.jpg">http://img.olhares.com/data/big/23/236669.jpg</a> . Último acesso em 29 de Setembro de 2008.]                                                                                                                                                                                                                                                              | 13 |
| Fig.2.7 – Casa Saloia. Fonte: [ <a href="http://arquitecturadouro.blogspot.com/2008/08/arquitectura-saloia-em-bidos.html">http://arquitecturadouro.blogspot.com/2008/08/arquitectura-saloia-em-bidos.html</a> . Último acesso em 29 de Setembro de 2008.]                                                                                                                                                                                              | 14 |
| Fig.2.8 – Casa Ribatejana                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 14 |
| Fig.2.9 – Monte Alentejano. Fonte: [ <a href="http://populo.weblog.com.pt/arquivo/Alentejo02.jpg">http://populo.weblog.com.pt/arquivo/Alentejo02.jpg</a> . Último acesso em 29 de Setembro de 2008]                                                                                                                                                                                                                                                    | 16 |
| Fig.2.10 – Casa de Povoados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 16 |
| Fig.2.11 – Planta de uma casa Algarvia. Fonte: [Oliveira, E., Galhano, F. <i>Arquitectura Tradicional Portuguesa</i> , Dom Quixote, Lisboa, 2003.]                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 17 |
| Fig.2.12 – Planta de uma casa Algarvia. Fonte: [Oliveira, E., Galhano, F. <i>Arquitectura Tradicional Portuguesa</i> , Dom Quixote, Lisboa, 2003.]                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 18 |
| Fig.2.13 – Pormenor de uma casa com açoteia. Fonte: [Oliveira, E., Galhano, F. <i>Arquitectura Tradicional Portuguesa</i> , Dom Quixote, Lisboa, 2003.]                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 18 |

### 3 – SISTEMAS CONSTRUTIVOS E EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS PAREDES DE ALVENARIA RESISTENTE

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig.3.1 – Variação da importância de algumas exigências construtivas ao longo do tempo. Fonte: [Sousa, H. <i>Alvenarias em Portugal Situação Actual e Perspectivas Futuras</i> . 2002. <a href="http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Paredes_de_Alvenaria/Artigo%20Pag%2017-40.pdf">http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Paredes_de_Alvenaria/Artigo%20Pag%2017-40.pdf</a> . Último acesso em 29 de Setembro de 2008.] | 22 |
| Fig.3.2 – Mapa geológico de Portugal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 26 |

Fig.3.3 – Tipologia das paredes: a) parede de alvenaria seca; b) alvenaria com aparelhamento; c) alvenaria sem aparelhamento. Fonte: [[4] Lourenço, P., Vasconcelos, G. *Análise experimental do comportamento de paredes de alvenaria de pedra não reforçada sob acções cíclicas no plano*. SÍSMICA 2004 – 6º Congresso Internacional de Engenharia Sísmica. 531 – 542.

]..... 36

Fig.3.4 – Exemplo de muro de alvenaria em pedra sem aparelhamento. Fonte: [Lamego, P. *Reforço Sísmico em Paredes de Alvenaria de pedra Argamassada*. 2005. [http://www.construlink.com/Homepage/2003\\_ConstrulinkPress/Ficheiros/MonografiasPrimeirasPaginas/mn\\_RS\\_2005\\_11\\_18\\_6p.pdf](http://www.construlink.com/Homepage/2003_ConstrulinkPress/Ficheiros/MonografiasPrimeirasPaginas/mn_RS_2005_11_18_6p.pdf). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.]..... 36

Fig.3.5 – Perpianho (alçado e corte). Fonte: [Ferreira, A. *Causas e Classificações de Patologias em Paredes de Alvenaria de Pedra*. 2003. [http://www.construlink.com/Homepage/2003\\_ConstrulinkPress/Ficheiros/MonografiasPrimeirasPaginas/PTPA6p.pdf](http://www.construlink.com/Homepage/2003_ConstrulinkPress/Ficheiros/MonografiasPrimeirasPaginas/PTPA6p.pdf). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.]..... 38

Fig.3.6 – Exemplo de muro de alvenaria em pedra com aparelhamento (aparelho rústico). Fonte: [Ferreira, A. *Causas e Classificações de Patologias em Paredes de Alvenaria de Pedra*. 2003. [http://www.construlink.com/Homepage/2003\\_ConstrulinkPress/Ficheiros/MonografiasPrimeirasPaginas/PTPA6p.pdf](http://www.construlink.com/Homepage/2003_ConstrulinkPress/Ficheiros/MonografiasPrimeirasPaginas/PTPA6p.pdf). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.]..... 38

Fig.3.7 – Classificação da secção das paredes de alvenaria. a) Paramento simples; b) Dois paramentos sem ligação; c) Dois paramentos com ligação; d) Três paramentos com núcleo de fraca qualidade. Fonte: [Silva, B. *Aplicação de um Modelo de Dano Contínuo na Modelação de Estruturas de Alvenaria de pedra*. Dissertação de Mestrado, FEUP, Março de 2008.]..... 40

Fig.3.8 – Granulometria para a taipa. Fonte: [Dethier, J. *Arquitecturas de Terra, ou o futuro de uma tradição milenar*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1990.]..... 44

Fig.3.9 – Esquema da construção em taipa. Fonte: [[http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2004-1/arq\\_terra/taipadepilao.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2004-1/arq_terra/taipadepilao.htm). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.]..... 45

Fig.3.10 – Granulometria para o adobe. Fonte: [Dethier, J. *Arquitecturas de Terra, ou o futuro de uma tradição milenar*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1990.]..... 46

#### 4 – PROCESSOS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS

Fig.4.1 – Comparação de custos..... 55

Fig.4.2 – Pormenor de um elemento de confinamento aplicado numa parede de alvenaria de pedra. Fonte: [Lourenço, P., Vasconcelos, G. *Análise experimental do comportamento de paredes de alvenaria de pedra não reforçada sob acções cíclicas no plano*. SÍSMICA 2004 – 6º Congresso Internacional de Engenharia Sísmica. 531 – 542.

]..... 60

Fig.4.3 – Pormenor de reforço horizontal. Fonte: [Lourenço, P., Vasconcelos, G. *Análise experimental do comportamento de paredes de alvenaria de pedra não reforçada sob acções cíclicas no plano*. SÍSMICA 2004 – 6º Congresso Internacional de Engenharia Sísmica. 531 – 542.

]..... 61

## 5 – CASOS DE ESTUDO

**5.1 - Quinta da Gramela. Fonte:** [<http://www.ultimasreportagens.com/casapr/>. Último acesso em 29 de Setembro de 2008.]

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Fig.5.1 – Corte .....                                      | 68 |
| Fig.5.2 – Pormenor do desnível do terreno envolvente ..... | 68 |
| Fig.5.3 – Pormenor dos materiais utilizados .....          | 69 |
| Fig.5.4 – Pormenor do muro em granito .....                | 70 |
| Fig.5.5 – Sistema Construtivo .....                        | 71 |
| Fig.5.6 – Planta do Piso 0 .....                           | 71 |
| Fig.5.7 – Planta do Piso 1 .....                           | 72 |
| Fig.5.8 – Planta do Piso 2 .....                           | 72 |
| Fig.5.9 – Perfil 1 .....                                   | 73 |
| Fig.5.10 – Perfil 2 .....                                  | 73 |
| Fig.5.11 – Perfil 3 .....                                  | 73 |
| Fig.5.12 – Alçado Norte .....                              | 73 |
| Fig.5.13 – Alçado Poente .....                             | 74 |
| Fig.5.14 – Alçado Sul .....                                | 74 |
| Fig.5.15 – Pormenor do Sombreamento .....                  | 74 |
| Fig.5.16 – Pormenor da iluminação natural .....            | 75 |
| Fig.5.17 – Pormenor da iluminação natural .....            | 76 |

**5.2 - Casa em Troviscais. Fonte:** [<http://www.arquiteturadetera.com/pt.html>. Último acesso em 29 de Setembro de 2008.]

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Fig.5.18 – Aspecto exterior da habitação .....                | 77 |
| Fig.5.19 – Fachada da habitação .....                         | 78 |
| Fig.5.20 – Planta da habitação .....                          | 79 |
| Fig.5.21 – Parede em taipa .....                              | 80 |
| Fig.5.22 – Pormenor das aplicações em madeira.....            | 80 |
| Fig.5.23 – Exemplo de um pilar no interior da habitação ..... | 81 |

**5.3 - Nk'Mips Cultural Centre. Fonte:** [<http://www.nkmipdesert.com/explore.asp>. Último acesso em 29 de Setembro de 2008.]

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| Fig.5.24 – Entrada do Centro Cultural ..... | 82 |
| Fig.5.25 – Vista geral da entrada .....     | 83 |

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Fig.5.26 – Iluminação noturna do centro .....         | 83 |
| Fig.5.27 – Zona envolvente .....                      | 84 |
| Fig.5.28 – Integração do Centro na paisagem .....     | 85 |
| Fig.5.29 – Planta do piso 0.....                      | 86 |
| Fig.5.30 – Planta de implantação .....                | 87 |
| Fig.5.31 – Escadaria da entrada .....                 | 88 |
| Fig.5.32 – Pormenor do Interior.....                  | 89 |
| Fig.5.33 – Muro de terra .....                        | 90 |
| Fig.5.34 – Canal na base do muro de terra.....        | 90 |
| Fig.5.36 – Pormenor das camadas de terra do muro..... | 91 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 3.1 – Caracterização de algumas pedras mais comuns. Fonte: [Casella, G., Nunes, K. "Gramáticas de pedra" levantamento de técnicas tradicionais de construção muraria. Crat, Porto, 2003. Crat – centro regional de artes tradicionais. | 23 |
| Quadro 3.2 – Parâmetros relativos ao granito. Fonte: [Carvalho, B. A Matéria na Concepção Arquitectónica – As Alvenarias Resistentes nas Técnicas Tradicionais Portuguesas. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.                              | 24 |
| Quadro 3,3 – Parâmetros relativos ao xisto. Fonte: [Carvalho, B. A Matéria na Concepção Arquitectónica – As Alvenarias Resistentes nas Técnicas Tradicionais Portuguesas. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.]                               | 24 |
| Quadro 3.4 – Características de combustibilidade dos diferentes materiais de construção. Fonte: [Rei, J. Edifícios de Pequeno Porte em Alvenaria Resistente – Viabilidade Técnico-Económica. Dissertação de Mestrado, FEUP, 1999.]            | 27 |
| Quadro 3.5 – Requisitos mínimos para as paredes de alvenaria de pedra (EC8). Fonte: [Instituto Português da Qualidade. Eurocódigo 8: Disposições para projectos de estruturas sismo-resistentes]                                              | 30 |
| Quadro 3.6 – Valores da condutibilidade térmica do granito e do betão                                                                                                                                                                         | 33 |
| Quadro 3.7 – Coeficientes de transmissão térmica do granito e do betão                                                                                                                                                                        | 33 |
| Quadro 4.1 – Consumo de energia na construção de alguns materiais. Fonte: [Arquitectura de Terra em Portugal. Argumentum, Lisboa, Outubro de 2005].                                                                                           | 52 |
| Quadro 4.2 – Comparação entre estrutura reticulada em betão armado e estrutura em alvenaria resistente. Fonte: [Freitas, A. Viabilidade Técnico-Económica de Construções Novas em Alvenaria de Pedra. Dissertação de Mestrado, IST, 2001.]    | 58 |







# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA

O estilo de vida e as actividades adoptadas pelo Homem ao longo dos tempos têm vindo a exceder a capacidade que os ecossistemas possuem de fornecer recursos naturais e de absorverem os impactes gerados por essa elevada procura de recursos. O aumento rápido da população, o desenvolvimento económico verificado nos últimos anos e o aumento do nível de vida das populações são factores que levaram à mobilização de um número de recursos demasiado elevado, causando uma agressão no meio ambiente sem retorno possível e consequentemente, um aumento dos impactes ambientais. O sistema económico que criamos assenta numa lógica de crescimento contínuo do consumo que, acompanhado pelo crescimento da população mundial, atinge proporções impossíveis de suportar pelo único planeta que temos, “porque o sistema terrestre é finito, não crescente e materialmente fechado” [1]

Neste sentido, a compreensão e o progresso em direcção ao desenvolvimento sustentável representam actualmente um dos maiores desafios para a Humanidade. O sector da construção é um dos sectores que gera mais impactes no meio ambiente. Desta forma, alguns dos seus intervenientes têm vindo a reunir esforços para que a construção sustentável se torne norma nas práticas construtivas, porque esta salvaguarda o conforto dos que a habitam, garante uma utilização racional de todos os recursos e protege o bom desempenho dos ecossistemas.

Paralelamente a este interesse pela construção sustentável, que surge de uma necessidade de racionalidade e equilíbrio com o meio, observa-se também um interesse crescente pela construção tradicional, proveniente da necessidade de possuir uma arquitectura própria, num tempo de globalização uniformizante, desprovida de qualquer rasgo de singularidade e que contribuiu de forma devastadora para erradicar o interesse da população por uma identidade própria ao nível das construções. A arquitectura popular reflecte uma identidade pura e verdadeira que é indissociável da cultura nacional, e não deve ser abandonada totalmente em prol das novas tendências construtivas. É notória a necessidade de reunir esforços no sentido de, face à acelerada globalização, preservar a linguagem peculiar, os valores estéticos e as sensibilidades que constituem a raiz da nossa cultura pois é nisso que reside a força e poder de um povo. [2]

Como se observa no nosso parque habitacional, já vem sendo um hábito assistir a paisagens urbanas e depararmo-nos com pilares de consumismo e de sensacionalismo que deformam o panorama arquitectónico sustentado. O esbanjamento e a extravagância subvertem todos os valores já há muito adquiridos pelas sociedades tradicionais que assentam tanto o seu folclore como, mais importante ainda, o seu bem-estar na arquitectura vernácula, que vem passando de geração em geração com o único propósito de se coadunar ao ambiente em que a sociedade se insere e ao respectivo conforto.

Tendo em conta as tendências expectáveis no sector da construção, interessa reflectir sobre a importância, aspectos positivos e debilidades das formas de construir da arquitectura vernacular portuguesa e quais as perspectivas futuras para esta solução construtiva e para os materiais com ela relacionados. Na medida do possível, o ideal seria realizar um compromisso entre as duas forças: globalização e arquitectura vernacular. A construção urbana deverá beber das novas ideias que surgem, mas de nenhum modo deve aplicá-las em bloco, sem estudo prévio do ambiente em que determinada estrutura se inserirá.

## **1.2. OBJECTIVOS**

A presente dissertação pretende, através duma reflexão sobre as vantagens da aplicação combinada de processos construtivos tradicionais na construção actual, demonstrar através de exemplos de construção contemporânea, que é possível aliar as tecnologias construtivas tradicionais com a linguagem modernista da arquitectura contemporânea, e obter uma construção sustentável e com um bom desempenho do ponto de vista do conforto e desempenho. Numa altura onde se observa um esforço por parte dos profissionais do sector da construção em resolver as patologias provenientes de novas formas de construir, torna-se necessário reflectir sobre os sistemas construtivos tradicionais.

A verificação do desempenho e sustentabilidade dos casos de estudo foi feita através de um conjunto de critérios seleccionados tendo em conta o âmbito do trabalho. Abordam-se as exigências funcionais de uma habitação, critérios de sustentabilidade, critérios económicos e critérios culturais.

Por fim, este trabalho serve não só para promover a utilização de elementos construtivos tradicionais como também para promover construção sustentável, que se baseia em melhorar a qualidade do conforto térmico e acústico das habitações, a redução do consumo de recursos naturais e o aumento da eficiência energética.

## **1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Numa primeira análise são descritas as diferentes tipologias de habitação tradicional portuguesa, qual a sua constituição, exigências funcionais e processo construtivo que lhes estão associadas, para posteriormente se analisarem casos de estudo construídos recentemente, onde tenham sido utilizadas essas técnicas tradicionais.

O capítulo 1 é composto por uma breve introdução onde se expõe o âmbito e objectivo do trabalho.

No capítulo 2 é abordada a construção vernacular portuguesa através de um breve resumo da evolução da construção ao longo da história até à actualidade. São descritos neste capítulo as várias tipologias da casa tradicional Portuguesa.

No capítulo 3 são apresentados os sistemas construtivos tradicionais mais correntes, associados a essas diferentes tipologias da arquitectura tradicional portuguesa, é analisado do ponto de vista técnico o desempenho deste tipo de construção face a várias solicitações (térmica, acústica, resistência, estanquidade, etc.) e é abordada a temática das técnicas tradicionais de construção como solução viável e vantajosa a aplicar na construção actual, através da análise das várias exigências funcionais de uma habitação;

No capítulo 4 são referidas as vantagens que se pode obter com a construção vernacular, com recurso à análise dos critérios técnicos estudados no capítulo anterior, e são ainda mencionados os critérios de sustentabilidade, tradição e cultura e economia.

O capítulo 5 é dedicado aos casos de estudo seleccionados;

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho.



## 2

## A CONSTRUÇÃO VERNACULAR PORTUGUESA

### 2.1. TENDÊNCIAS CONSTRUTIVAS E PERSPECTIVAS FUTURAS

No passado da construção, a configuração de uma habitação dependia de factores como os materiais disponíveis na região, as técnicas de aplicação desses materiais dominada pelos seus habitantes, os conhecimentos em arquitectura disponíveis, o seu estilo de vida, as suas actividades económicas e os padrões culturais. As exigências passavam por uma boa solução a nível económico, estético e de engenharia, tendo em conta sempre o contexto ambiental onde a construção se inseria e os recursos existentes na região.

Em Portugal temos uma arquitectura vernacular bastante variada, fruto de uma adaptação da população ao meio onde se inseria. Ao percorrermos o país deparamo-nos com o mais variado tipo de casas, sendo os materiais utilizados os mais abundantes em cada região, o que as torna perfeitamente integradas na paisagem que as rodeia e na cultura local. Os materiais mais utilizados eram a pedra, a taipa, os adobes e o tijolo de barro seco ao sol ou cozido, e a solução estrutural adoptada era na maior parte das vezes a alvenaria resistente. [1]

Em meados do século XIX, a revolução industrial gerou mudanças significativas na arte de construir. A construção passou a ser quase totalmente industrializada. A construção em ferro veio substituir as grandes espessuras de parede das alvenarias resistentes, passando a ser mais comum a estrutura ligeira de ferro preenchida por blocos de alvenaria, permitindo a diminuição da espessura das paredes e o aumento dos edifícios em altura, e acelerando o processo construtivo. A utilização do tijolo passou assim a ser corrente e a sua vulgarização gerou correntes arquitectónicas muito distintas na Europa e nos Estados Unidos. Verificou-se o abandono dos valores que, na construção, garantiam uma relação entre os edifícios e o clima, tal como entre os edifícios e o ambiente. Do ponto de vista construtivo, com o desenvolvimento das tecnologias do ferro e do aço, começaram-se a fabricar vigas e pilares de ferro fundido, gerando um declínio na utilização das alvenarias resistentes e outras técnicas tradicionais como solução construtiva. Mais tarde, no princípio do século XX, o betão armado dominou a construção civil portuguesa. É nesse século que aparecem os primeiros regulamentos de betão armado, e as estruturas reticuladas tornam-se a solução mais utilizada, uma vez que eram dotadas de uma elevada resistência e constituíam uma solução económica. O betão armado passou a ser utilizado em quase todas as construções que se faziam e as paredes deixaram de ter uma função resistente como acontecia anteriormente.

Em Portugal, os anos 90 foram a década em que a construção se intensificou como nunca antes tinha acontecido. Este crescimento foi apenas quantitativo, uma vez que a preocupação qualitativa e

ambiental era praticamente inexistente, os consumos energéticos do edifício e a preocupação nas soluções escolhidas para os materiais eram deixados para segundo plano ou até ignorados.

A dependência quase exclusiva que se observa actualmente, do betão armado, é invulgar em termos europeus e indiciadora de alguns desequilíbrios, na forma como a avaliação da melhor solução estrutural para os edifícios é efectuada. Na figura 2.1 apresenta-se um gráfico, baseado nas estatísticas de cada país nele referido, que mostra a situação de Portugal no que se refere ao uso de alvenarias resistentes como solução estrutural, em comparação com 3 países Europeus. [2]

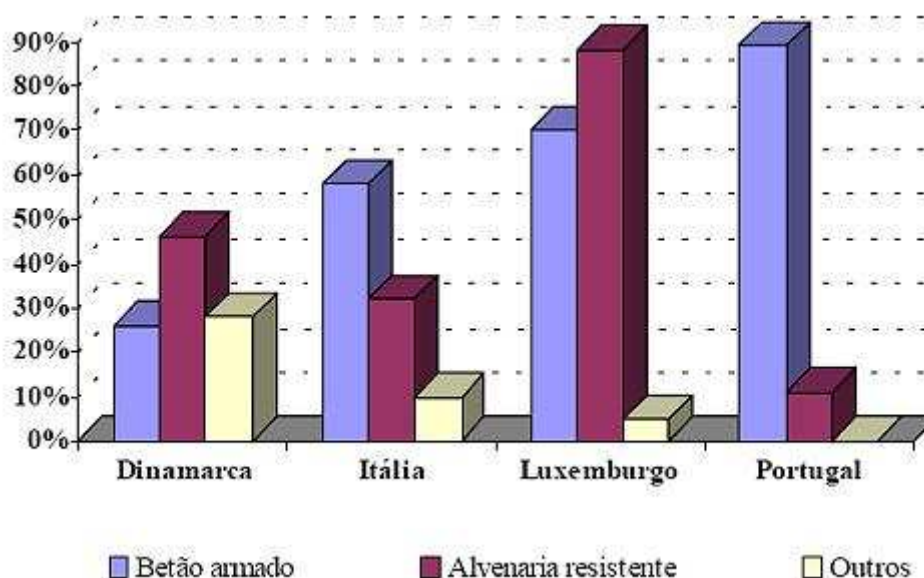


Fig.2.1 – Comparação das soluções estruturais utilizadas nos edifícios em alguns países europeus

Nos países mais desenvolvidos, as preocupações ambientais e ecológicas revelaram que certos materiais e tecnologias construtivas utilizados, como por exemplo, o betão armado, causam grandes assimetrias no meio ambiente pois, a quantidade de recursos naturais necessários a estas tecnologias e a uma indústria da construção em crescimento exponencial, não é compatível com a capacidade de auto-regeneração desses recursos.

Com a evolução da investigação científica, assistiu-se ao aparecimento de novas tecnologias construtivas mais compatíveis com o equilíbrio ambiental, e ao ressurgimento de certas tecnologias utilizadas já há milhares de anos e que tinham sido abandonadas na maior parte do globo, como por exemplo, a taipa e o adobe.

Em Portugal, ao nível das tendências na forma de construir, é de notar o aumento da intenção de realizar construção sustentável, mas a prática deste tipo de construção consciente ainda não é tão habitual quanto o desejável. Mesmo existindo várias técnicas comprovadas que melhorem o desempenho dos edifícios sem danificar excessivamente o ambiente, existe ainda um ceticismo por parte das construtoras e clientes que associam este tipo de construção a preços mais elevados, e como as tecnologias são ainda recentes, há uma desconfiança quanto ao desempenho a longo prazo. São necessárias acções de sensibilização que comprovem o retorno financeiro a longo prazo da construção sustentável, os reduzidos custos de manutenção e funcionamento que se lhes associam, para que se beneficiem os edifícios que utilizam estas técnicas em detrimento dos que são construídos com técnicas usuais. [3]

Para além do interesse crescente pela construção sustentável, verifica-se também um interesse crescente pelo regresso ao que é “tradicional”, no meio do fenómeno da globalização. A importância da identidade foi valorizada pelas últimas tendências filosóficas que reclamam o direito à diferença, o respeito pelo outro, e a erradicação de qualquer tipo de discriminação, seja a que nível for. Esta abordagem chegou também à produção arquitectónica e urbanística. Os estudos sobre o meio ambiente colocaram em evidência a importância das propostas arquitectónicas que são capazes de manter a sua validade por muito tempo, ou seja, que mantenham uma existência superior à data de caducidade da maioria dos produtos de consumo actuais [4].

Este interesse crescente pela construção vernácula está também relacionado com o interesse crescente pela construção sustentável, uma vez que esta defende o equilíbrio do ambiente construído com o meio, que é uma das preocupações presentes na construção vernácula. Não sobra nada na arquitectura vernácula: as soluções propostas são o resultado de séculos de empirismo. Desta forma, a relação com o meio acaba por ser a mais equilibrada, uma vez que é o meio que sustenta todos aqueles que nele vivem. O meio é cuidadosamente preservado, transformado com extrema sensibilidade, nunca esquecendo que terá de ser transmitido às gerações vindouras [4].

## **2.2. FACTORES QUE INFLUENCIARAM A CONSTRUÇÃO VERNACULAR**

A casa popular é um dos mais relevantes aspectos da humanização da paisagem [5]. Os tipos, formas e estilos próprios das casas populares de cada região resultam de uma acção conjunta e de uma interacção de vários factores, hierarquizados conforme os casos. Essa associação de factores, nomeadamente os factores culturais, os factores naturais e os factores humanos, proporciona condições de habitabilidade próprias para a fixação de uma população. A forma como cada cultura encara a natureza e estabelece relações entre os membros da comunidade determina a tipologia construtiva adoptada. Podemos ser ainda mais específicos com os factores naturais e distinguir as condições geológicas e topográficas do terreno, as condições climatéricas do local, a fertilidade do terreno, aspectos que determinam não só a forma de se fixar no território, como também a forma de construir.

A casa, antes de mais, é um produto do Homem e as razões de ser dos seus diversos tipos e formas encontram-se no próprio Homem e nas suas leis de criação cultural. A História e as diversas correntes de civilização, as componentes sociais e conceitos de família, o status económico e profissional, a tradição e traços de psicologia de grupo e o gosto pessoal são alguns exemplos de **factores culturais e humanos** que explicam o tipo de concepção da casa em cada região.

Da relação do Homem com o meio natural que o rodeia resultam os **factores naturais**, que se traduzem na utilização dos materiais locais e no ajustamento da casa às condições climatéricas e ao tipo de agricultura praticada na região. A diversidade geológica oferece uma grande variedade de matéria-prima, o que permite a formação de terrenos com topografias distintas. As diferentes tipos de rochas, correspondem formas de relevo diferentes, assim como diferentes tipos de ocupação humana e consequentemente tipos de arquitectura distintos. Em Portugal temos uma repartição do relevo a Norte e a Sul bastante distinta, o que obriga às próprias populações uma distribuição distinta e a uma diferenciação de modos de vida, assentes essencialmente nas actividades agrícolas.

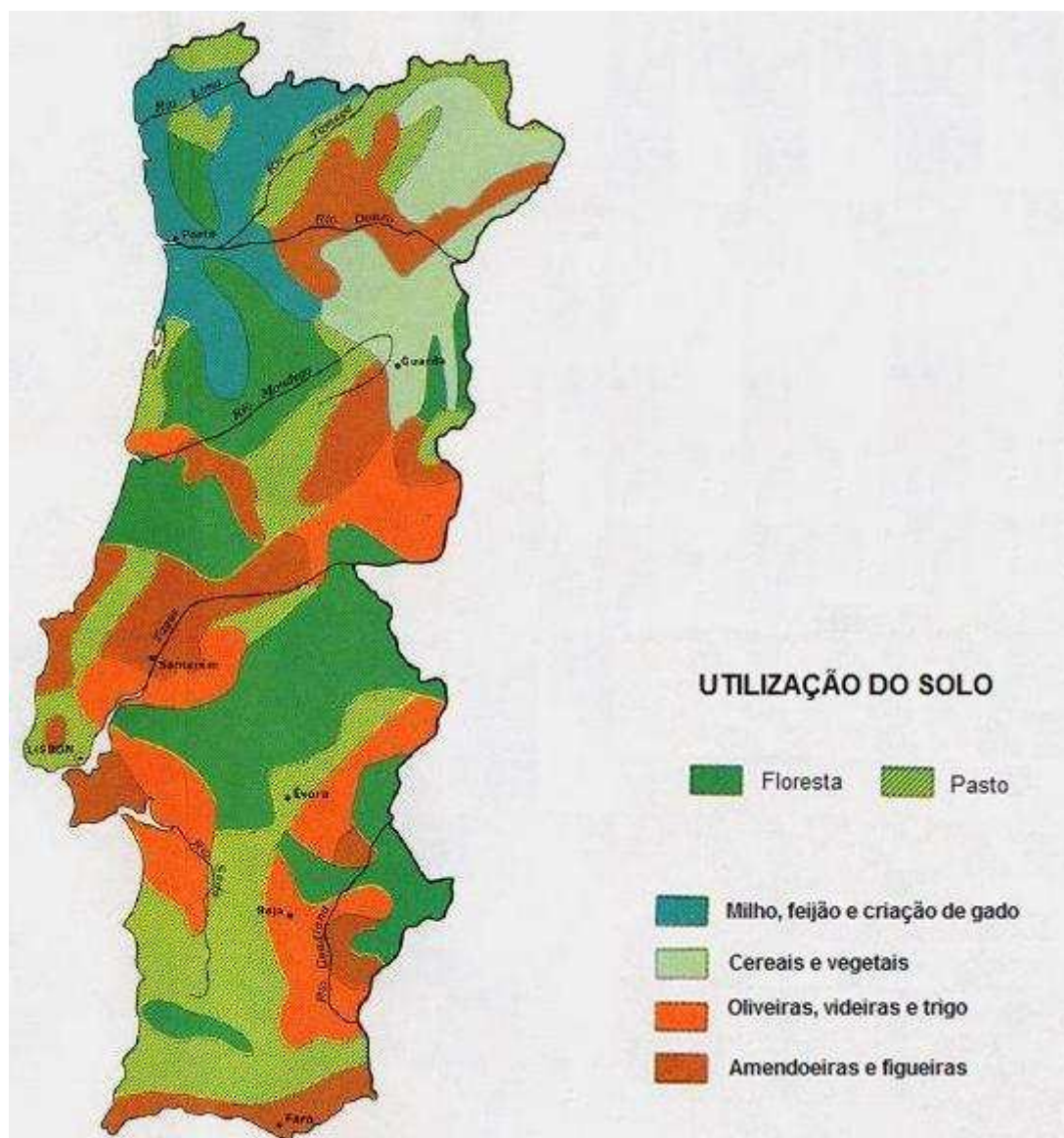


Fig.2.2 – Mapa da utilização do solo em 1972

As influências climáticas atlânticas e peninsulares associadas às diferentes topografias do terreno influenciam também a distribuição da população, no sentido em que estas tanto podem aproximar-se das zonas com mais sol ou com menos, das zonas com mais chuva, das terras férteis e acessíveis junto aos rios ou lagos, etc.

A exposição solar varia conforme a localização geográfica, a altitude e o clima de cada estação do ano. Estas radiações afectam o edifício através do aquecimento da sua superfície externa, que depois se transmite ao interior, e da absorção no interior das radiações que atravessam as janelas. Por outro lado, a luminosidade solar é responsável pela utilização mais corrente da cor branca nas paredes.

A temperatura do ar influencia a selecção dos materiais e a planta do edifício. A madeira, por exemplo, é geralmente preferida a outros materiais na arquitectura tradicional dos países frios. Nas zonas áridas os edifícios devem ser capazes de armazenar o calor diurno de modo a serem capazes de resistir às amplitudes térmicas associadas ao período nocturno. Os materiais regulam a capacidade de uma habitação equilibrar a sua temperatura e por isso deve-se ter atenção ao grau de retenção de calor

de cada material de modo a evitar a criação de um ambiente muito quente ou muito frio no interior da habitação.

O excesso de vento, chuva e humidade obrigam a uma preocupação acrescida em relação aos sistemas de protecção que evitam infiltrações de água no interior da habitação.

Nos países quentes e secos, as casas são pintadas de branco e possuem pequenas janelas protegidas, de modo a ventilar o interior sem aumentar a sua temperatura. A cozinha é deslocada para a zona das traseiras para evitar uma fonte de calor interna. A falta de humidade é geralmente compensada com espaços de água e com colocação de plantas no interior.

Nos climas quentes e húmidos, com elevados níveis de precipitação, as casas são longas e estreitas, com paredes finas e tectos impermeáveis.

Nos países frios, as habitações são pintadas em tons mais escuros e construídas de forma a serem evitadas grandes perdas de calor, sendo a cozinha uma importante fonte de calor.

A arquitectura vernacular soube resolver os problemas de climatização sem recurso a meios mecânicos, tornando-se parte integrante do meio ambiente que funciona em sincronia com as leis da natureza.

Podemos também explicar a variedade de estilos existentes numa determinada região, considerando então a **influência humana**. Um dos aspectos da influência do factor humano nos diversos tipos de casa é o facto de se verem em regiões diferentes que possuem semelhanças ao nível da constituição geográfica, clima e tipo de agricultura a existência de diferenças de forma, tipo e pormenores construtivos, mesmo quando construídas com os mesmos materiais e concebidas para servirem as mesmas necessidades.

A existência de determinados materiais de construção ou a presença de condições climatéricas mais severas determinam também positiva ou negativamente aspectos da casa regional, nomeadamente a sua forma, altura e possibilidade de se construir um piso superior [5].

Da associação de todos os factores que determinam o modo de fixação de um povo, resulta a casa popular, que reflecte a história de cada região.

### **2.3. DEFINIÇÃO DAS REGIÕES ARQUITECTÓNICAS [6]**

Em Portugal, e no que respeita à casa tradicional, podemos distinguir, apesar de toda a diversidade e particularidades de formas e aspectos presentes nas diversas zonas do país, duas categorias fundamentais: casas térreas e casas de piso. No Norte é notória a presença dominante das casas de piso, sendo geralmente o rés-do-chão destinado a arrumos e gado e o piso superior para a habitação das pessoas. Pelo contrário, a casa térrea é uma casa tipicamente do Sul, desde o Ribatejo ao Algarve. Destina-se apenas à habitação das pessoas, estando as dependências da lavoura situadas em edifícios próprios. É também de referir que, em geral, a maior parte das casas tradicionais possuem uma planta rectangular simples.

Uma análise feita aos diferentes elementos que compõe a arquitectura popular portuguesa permite definir cinco regiões arquitectónicas principais no território de Portugal Continental. Uma vez que, como referi atrás, o estilo arquitectónico está directamente relacionado com características como o relevo, o clima e a vegetação, a divisão reúne também as regiões com unidades naturais idênticas. Essa existência de grandes unidades naturais com idêntico relevo, clima, vegetação e até actividade humana sugere a divisão do território nas seguintes regiões:

- Região Norte – Norte Litoral;
- Região Norte – Norte Interior;
- Região Centro Litoral;
- Região do Alentejo;
- Região do Algarve.

## **2.4. REGIÃO NORTE – NORTE LITORAL**

O clima da região do Noroeste de Portugal é influenciado pelas brisas marítimas do Oceano Atlântico, e por isso as temperaturas são amenas durante todo o ano. É um clima temperado, onde os níveis de precipitação são elevados e, mesmo no Verão, é possível que haja vários dias de chuva seguidos, sendo por isso o nível de humidade atmosférica relativamente alto. Pelo menos nas montanhas próximas do Atlântico atingem-se níveis de pluviosidade bastante elevados, que se vão reduzindo à medida que a altitude baixa. A vegetação é variada e verdejante, o solo possui bastantes rios espaçados a intervalos curtos e regulares entre si e a agricultura é principalmente à base de cereais, pastos, horticultura, vinha e oliveiras. Verifica-se o predomínio do milho sobre os outros cereais, quer no quadro geral de Portugal, quer particularmente nesta zona (ver fig. 2.2) . No que respeita ao tipo de árvore predominante, temos o pinheiro bravo, o carvalho e o castanheiro.

A fertilidade do solo, as exigências da agricultura e as circunstâncias históricas da distribuição de terras explicam o facto de as casas estarem, na maior parte dos casos situadas no meio das terras de cultura, sendo o povoamento maioritariamente do tipo disperso, uma vez que se encontra localizado em áreas não incluídas em lugares. É muito comum a fixação do lavrador e da sua família junto das terras que trabalham. O povoado típico é pequeno e quase sempre constituído por algumas casas de habitação, uma mercearia, uma escola, uma igreja e ruas que podem dar para um largo.

Os solos são maioritariamente graníticos, possuindo também algumas zonas de xistos, sendo o material de construção da casa nortenha, por consequência, a pedra, nomeadamente de granito ou xisto, conforme os recursos e possibilidades locais. A construção em granito ou em xisto, apesar de não permitir a variedade de formas que permitem as casas feitas de materiais mais modeláveis no Sul, tem a particularidade de ter uma consistência robusta e resistente, devido ao material de que é feita.

A tipologia da casa popular desta zona – a **Casa Minhota (fig. 2.3)** – é uma construção de forma rectangular de rés-do-chão e andar, sendo o piso térreo geralmente utilizado para estábulos, adega, lagar, cortes, palheiro e arrumações diversas e o piso superior destinado aos quartos, sala e cozinha – que nalguns casos se situa no piso térreo. Estes dois pisos são sobrepostos, mas, regra geral independentes entre si. O acesso ao andar faz-se por uma escada de pedra, encostada ou perpendicular à fachada, com patamar em frente à porta, por vezes alpendrado. Na arquitectura vernacular, o pátio efectua uma transição entre o domínio privado e o domínio público (a rua); ao penetrar na habitação o visitante fica confinado a um espaço delimitado que embora comunique com outras divisões, o impede de invadir a intimidade dos utentes.

Possuem uma chaminé estreita acima do cume do telhado, que é geralmente de três ou quatro águas com beirados salientes e coberto de telha caleira. A parede de pedra pode ter vários aspectos, dependendo do aparelho utilizado na sua construção e do seu acabamento.



Fig.2.3 – Casa Minhota

O granito, o reboco e a cal são os materiais mais utilizados na construção minhota.

## **2.5. REGIÃO DO NORTE – NORTE INTERIOR**

As cadeias montanhosas existentes nesta região impedem o acesso às influências oceânicas existentes no Minho, sendo o clima diferente do Norte Litoral. O Norte Interior apresenta um clima seco e pouco chuvoso, com Invernos frios e intensos. O solo é pouco fértil, o que se traduz numa fraca vegetação, devido ao regime de chuvas que se distribui muito irregularmente ao longo do ano. Nesta região, observando a sua constituição geológica, verifica-se a predominância do granito na maior parte do seu solo, com a presença intercalada de manchas contínuas de rochas xistosas. Verifica-se também a presença da lousa como material de construção, utilizada sobretudo nos telhados.

As actividades predominantes são a criação de gado e o cultivo de cereais, sobretudo o centeio. O povoamento nesta região é maioritariamente do tipo aglomerado, composto por um pequeno grupo de habitações que se agrupam num bloco compacto, contíguas e quase misturadas umas nas outras, agarradas aos flancos das serras ou no alto dos montes, e têm geralmente um desenvolvimento circular. As casas dispõem-se quase sempre de face para o caminho, emparedando-o e dando origem à rua. Este tipo de aglomeração relaciona-se provavelmente com a exploração de cereais em terras secas e em campos abertos e com a pastorícia de gado miúdo em grande escala, duas actividades que requerem uma acção conjunta. [5] Os habitantes vivem praticamente em exclusivo da agricultura e do pastoreio.

A **Casa Serrana** (fig. 2.4), popular no Norte Interior, é uma construção de forma quadrada ou rectangular. Contém no rés-do-chão a corte do gado e arrecadações, que geralmente aproveita o declive do terreno, e no andar superior a cozinha com lareira, o quarto e a sala. Possui uma escada exterior de pedra, geralmente em placas de xisto, que conduz sempre à varanda. Aliás, há nesta região uma dominância na construção de escadas, que tomam muitas formas e características. O telhado é de duas ou quatro águas e é coberto com telha caleira, placas de xisto, lousa ou colmo conforme a sua localização geográfica. A casa serrana tem poucas aberturas e elementos decorativos, sendo estes de

um estilo bastante elementar e tosco. A varanda é geralmente baixa e escura e situa-se na fachada que dá para a rua, estabelecendo uma transição entre o domínio privado e o público. Quando estas casas se localizam em zonas mais isoladas, é frequente possuírem um pequeno recinto à frente da fachada, que faz de átrio ou pátio exterior. A organização interior destas casas é indefinida, sendo comum a presença de elementos com diferentes funções no mesmo espaço, mostrando assim a pouca preocupação em diferenciar as dependências por funções.

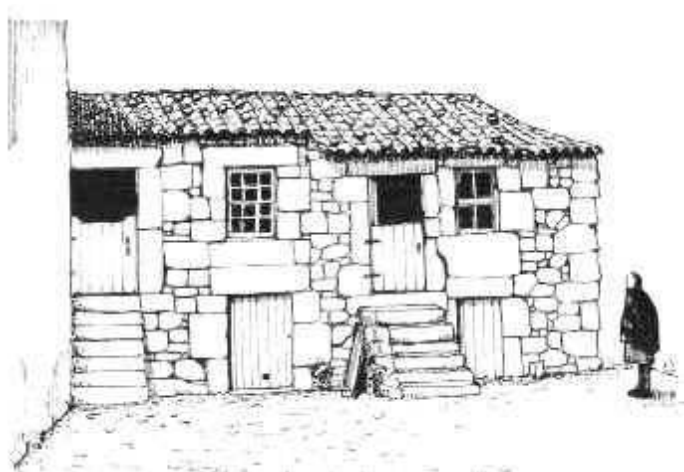


Fig.2.4 – Casa Serrana

O material utilizado é, tal como na casa Minhota, o granito e o xisto. Por vezes aparecem algumas caiações, apenas nas guarnições das portas e nos abrigos da entrada.

## **2.6. REGIÃO DO CENTRO LITORAL**

Nesta zona do país podem também encontrar-se um tipo de povoamento quer aglomerado, quer do tipo disperso, sendo o desenvolvimento das povoações de forma linear ao longo das vias de comunicação. Distinguem-se nesta região quatro tipos principais de habitações: a Casa de Madeira, a Casa Alpendrada, a Casa Saloia e a Casa Ribatejana.

A **Casa de Madeira (fig. 2.5)**, situada junto à costa, é de planta rectangular e possui apenas um piso. São habitações construídas sobre estacas para evitar a acumulação de areias. O espaço térreo na zona das estacas é, nalguns casos, fechado com paredes de pedra ou de madeira, possuindo assim uma zona de arrumações. O acesso à casa faz-se pela varanda corrida e as divisões existentes são os quartos e a cozinha. O telhado é de duas águas e o material de construção utilizado é a madeira, em forma de tábuas e em forma de toros nos pilares.



Fig.2.5 – Casa de Madeira

A **Casa Alpendrada (fig. 2.6)** tem uma planta rectangular e possui um piso térreo composto por cozinha, quartos e um alpendre na entrada. Possui uma lareira com chaminé de proporções consideráveis que aparece no meio do telhado, perpendicularmente à fachada. O telhado é de duas águas e é coberto de telha de canudo. O principal material é o adobe em forma de um paralelepípedo achatado. As paredes são rebocadas e caiadas de branco e a guarnição das portas e janelas é geralmente de madeira.



Fig.2.6 – Casa Alpendrada

A **Casa Saloia (fig. 2.7)** possui um só piso num dos lados e dois pisos no outro, e tem forma rectangular. No piso térreo situam-se a cozinha, os quartos e as arrumações. No piso superior, acessível por uma escada que parte da cozinha, encontra-se mais um quarto. O telhado é de duas águas no piso térreo e de quatro águas no andar e é coberto de telha canudo.



Fig.2.7 – Casa Saloia

A **Casa Ribatejana (fig. 2.8)** é uma construção térrea de planta rectangular, caiada de branco, com as cantarias das janelas e portas debruadas a ocre, vermelho tijolo ou azul-escuro. É geralmente constituída por uma cozinha, quartos e arrumações, dispostas em enfiada. O telhado é de duas águas coberto de telha canudo e possui geralmente uma chaminé alongada, perpendicular ao cumee do telhado. Os materiais utilizados são o adobe, o tufo ou o tijolo, que são rebocados e caiados. As guarnições das portas e janelas são de madeira ou de pedra. Tem por vezes uma entrada lateral, fechada em arco, que servia como entrada para carroças ou alfaías.



Fig.2.8 – Casa Ribatejana

## **2.7. REGIÃO DO ALENTEJO**

Expressão do clima, do solo e sobretudo do tipo de povoamento, a casa popular do Alentejo é totalmente diferente da casa do Norte, no que se refere à sua forma, aos materiais típicos utilizados na sua construção e à sua função. Na zona do Alentejo, onde escasseiam os afloramentos rochosos e abundam os terrenos argilosos, a casa típica utiliza na sua construção o tijolo e sobretudo a taipa. O clima comporta duas estações desfavoráveis à produção vegetal: o Verão, muito quente e seco, e o Inverno, húmido e frio. É uma região onde não se encontram os granitos e o xisto e onde domina a planície seca e argilosa, com a presença de alguns mármore e pedras calcárias moles. O motivo para que se utilize principalmente a terra na construção reside essencialmente na escassez de pedra e, ao mesmo tempo, na abundância de terras próprias existente nesta região, aliado ainda às qualidades isoladoras de calor que este material possui.

A paisagem vegetal caracteriza-se por um uso agrícola e pastoril constituído por azinheiras, sobreiros e oliveiras. Associado ao sistema de produção em pousio, frequente na região, está ligado um povoamento rural concentrado nos montes e em aldeias compactas. No entanto, o tipo de povoamento nos montes pode ser considerado disperso devido às grandes superfícies de cada propriedade. A forma das aglomerações mais frequente é composta por dois alinhamentos de casas que fazem frente, separadas por um espaço livre denominado «terreiro».

A casa tradicional Alentejana é sempre rebocada e caiada de branco de modo a reflectir o calor. O facto destas habitações serem na maior parte das vezes térreas, ao contrário da casa do Norte, explica-se pela natureza do material de que elas são feitas, que por ser frágil não suportaria um segundo piso, e também pela sua função nesta região, que é apenas habitacional, o que faz com que não seja necessário a construção de lojas, celeiros, palheiros, etc. Estas dependências de lavoura situam-se normalmente em edifícios próprios e independentes.

A influência do clima na habitação Alentejana está também presente na sua arquitectura pois, sendo esta zona caracterizada pelo clima quente e seco, a casa geralmente possui janelas de pequenas dimensões e em número reduzido. Vê-se em diversos arruamentos casas que possuem apenas a porta de entrada e em vez de janelas, alguns postigos espalhados pela fachada.

Apesar das características comuns existentes a todas as habitações Alentejanas, pode-se ainda caracterizar separadamente a casa rural e a casa urbana. Distinguem-se então dois tipos de habitação: O Monte Alentejano, que é a casa rural, e a Casa de Povoado, que é a casa típica urbana.

O **Monte Alentejano (fig. 2.9)** é uma construção térrea de planta rectangular de grandes dimensões. Possui vários quartos, despensas e arrumações e uma sala de fora, ligada à cozinha. Os materiais de construção são a alvenaria de taipa e o tijolo, sendo por vezes as paredes reforçadas por contrafortes. O chão é de terra batida, ou calcetada com pedra miúda, recoberto de lajes, tijolo ou ladrilho. O telhado é de duas águas, coberto de telha, no qual aparecem várias chaminés.



Fig.2.9 – Monte Alentejano

A **Casa de Povoado (fig. 2.10)** possui uma planta rectangular e um ou dois pisos. No piso térreo encontra-se a cozinha que possui uma grande lareira com uma chaminé. Ao fundo da cozinha encontram-se as portas de acesso aos quartos ou de acesso a arrumação por onde se passa para aceder ao quintal, uma pequena horta com um galinheiro, curral, etc. Nos casos onde existe um segundo piso, este é ocupado por quartos e acessível através de uma escada na cozinha. Os materiais de construção utilizados são a taipa e o tijolo. O telhado é de uma ou duas águas coberto de telhas assentes em canas para isolar do calor.



Fig.2.10 – Casa de Povoado

Em suma, a casa Alentejana é uma casa térrea feita de materiais leves e de grande plasticidade. São boas isoladoras de calor, caiadas e rebocadas exterior e interiormente, possuem poucas janelas, telhados de duas águas e chaminé de dimensão considerável. O pormenor mais característico da casa do Sul é a sua chaminé, que representa o ornamento principal sobre o qual incide o espírito inventivo dos construtores, «nelas se põem todos os cuidados arquitectónicos, e não é raro que os mestres-de-obras, para se assegurarem do esmero que precisam de pôr na construção, perguntem primeiro ao proprietário quantos dias quer de chaminé» [5].

## **2.8. REGIÃO DO ALGARVE**

Tal como na região do Alentejo, escasseiam os afloramentos de rocha e abundam os terrenos argilosos. Já não se encontra o granito e o xisto. Domina a planície seca e argilosa, com aparições pontuais de mármore arenito e pedras calcárias moles. Na zona do Algarve, encontram-se também os dois tipos de povoamento existentes: disperso nas zonas onde predomina a horticultura e concentrado nas aldeias de pescadores.

Na zona da serra, encontram-se pequenas aldeias com dez a vinte casas, cujas casas reflectem a pobreza da região. A pedra fica na maior parte das vezes à vista e não têm chaminés nos telhados.

Na zona central algarvia, as casas possuem uma planta característica, onde a entrada é feita através da sala, como se demonstra na figura 2.11 [5].



Fig.2.11 – Planta de uma casa Algarvia

Outro tipo de casa que pode ser observada no centro e oriente algarvio é a casa com açoteia. Esta casa possui geralmente uma fachada bastante decorada com cunhais e guarnições, platibandas, etc., A açoteia é um terraço situado no topo da casa em lugar do telhado. A escada de acesso à açoteia parte quase sempre da cozinha, como se ilustra na a figura 2.12.

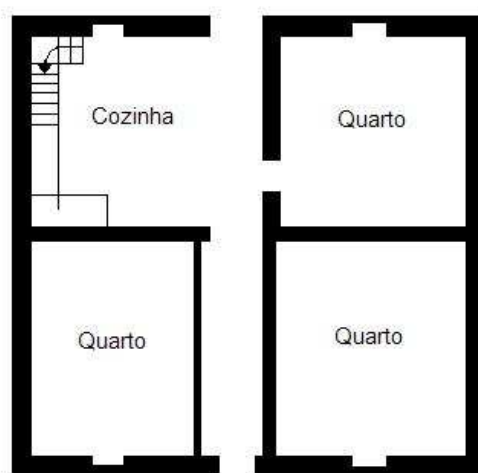


Fig.2.12 – Planta de uma casa Algarvia

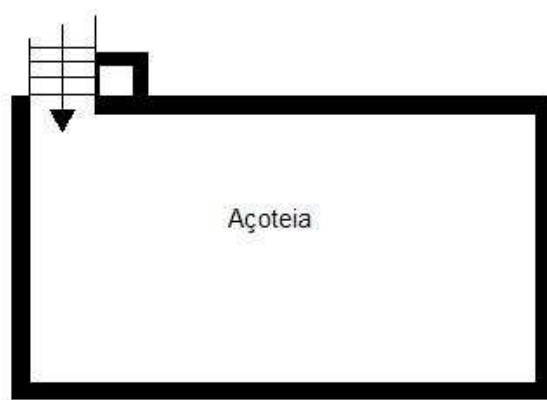


Fig.2.13 – Pormenor de uma casa com açoteia

O elemento mais característico da casa algarvia é a chaminé. Em certas zonas, podem-se observar séries de chaminés todas iguais em casas alinhadas ao longo da rua, assim como se podem observar, também noutras zonas, séries de chaminés todas diferentes umas das outras, cada uma com o seu traço próprio.

Os dois tipos de habitação mais característicos do Algarve são a Casa de Pescadores e a Casa Rural.

A **Casa de Pescadores**, geralmente uma casa térrea de planta rectangular, caracteriza-se por possuir uma açoteia, acessível através de uma escada que parte do interior da habitação ou do pátio. A açoteia é geralmente utilizada para secar frutos, cereais ou peixes e é revestida de ladrilhos. As divisões são geralmente abobadadas e a cozinha situa-se nas traseiras da casa. Os materiais utilizados na construção

são a alvenaria de pedra ou tijolo e as paredes são rebocadas e caiadas, sendo depois o rodapé e as guarnições de portas e janelas de cor.

A **Casa Rural** é também uma casa térrea de planta rectangular. Na parte dianteira da casa encontram-se os quartos e sala de entrada e ao fundo a cozinha. O telhado, de uma ou duas águas independentes, pode também apresentar uma cobertura mista de açoteia e telhado de uma água pouco inclinado, devido ao fraco regime de chuvas. É neste tipo de habitação que aparecem os exemplos mais decorativos das chaminés algarvias [6].



# 3

## **SISTEMAS CONSTRUTIVOS E EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS PAREDES DE ALVENARIA RESISTENTE**

### **3.1. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS**

O conceito de “exigência funcional” e a definição de necessidades mínimas de habitabilidade foram introduzidas em Portugal na década de 60. Até então os regulamentos visavam apenas as condições mínimas de segurança, higiene/salubridade e de saúde. As exigências funcionais reportam-se ao adequado desempenho das actividades inerentes ao acto de habitar. O acto de habitar, pode ser entendido como o resultado da apropriação quotidiana do espaço pelos seus ocupantes, isto é, o modo de ordenação dos espaços de forma a permitir o exercício diário das actividades domésticas desenvolvidas isoladamente ou em grupo restrito de modo a responder adequadamente às exigências humanas. Quando um empreendimento consegue superar as expectativas que os seus utilizadores têm em termos da sua qualidade, esse empreendimento será bem tratado pelas pessoas que o utilizam, porque se identificam com ele. Quando o empreendimento não consegue alcançar o nível de qualidade que os utilizadores esperam, então irá sistematicamente degradar-se porque, não se identificando com o mesmo, os seus utilizadores não se sentirão estimulados a mantê-lo. Assim, é necessário investir até se superar o nível de qualidade esperado. Devemos ser capazes de melhorar as técnicas já existentes e encontrar também soluções inovadoras de forma a responder às exigências cada vez maiores da construção actual [1].

Desta forma, as paredes exteriores de uma habitação têm como principal exigência funcional proteger o interior do edifício das acções dos agentes atmosféricos, dos quais se destacam a água da chuva e o vento, garantindo desta forma a estanquidade do interior. Além deste aspecto, são apresentados outros a que uma parede de alvenaria deve responder para assegurar um bom desempenho, que passam pelas seguintes características, entre outras:

- Trabalhabilidade e disponibilidade;
- Resistência ao fogo;
- Estanquidade ao ar e à água;
- Resistência aos sismos;
- Resistência mecânica;
- Conforto térmico e acústico;
- Durabilidade.

É de referir que a importância relativa das várias exigências é variável no tempo, com os locais, as civilizações e os utentes, como se procura ilustrar na figura 3.1.

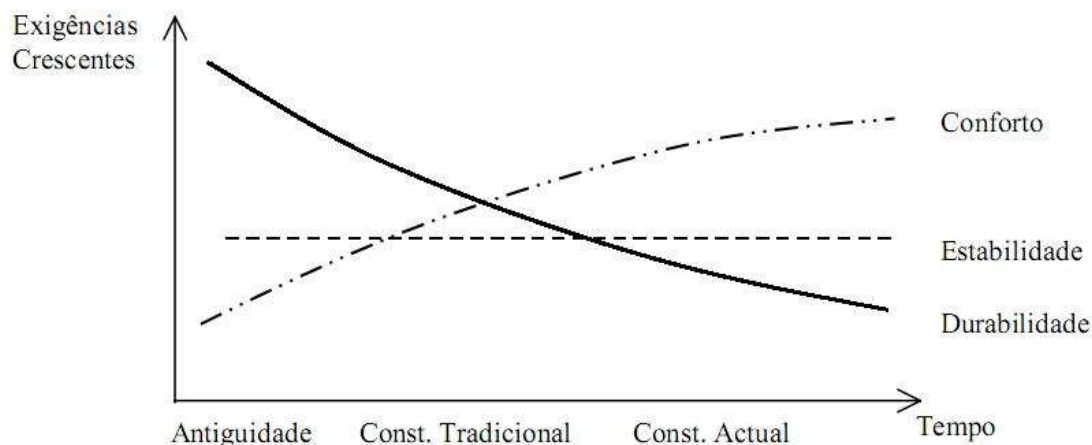


Fig.3.1 – Variação da importância de algumas exigências construtivas ao longo do tempo

Estas exigências resultam de necessidades fisiológicas, psicológicas e sócio-económicas do Homem, e têm sido objecto de diversas formulações, dadas as circunstâncias e subjectividade que lhes estão associadas.

## 3.2. CONSTRUÇÃO EM PEDRA

### 3.2.1. O MATERIAL

A pedra é utilizada como material de construção desde há milhares de anos, sendo considerada, entre todos os materiais, o mais nobre e resistente [7]. Na Península Ibérica, os tipos de pedras tradicionalmente mais utilizados na construção de casas rurais são os granitos, os xistos e os calcários. O basalto, devido à sua dureza e ao facto de ser difícil trabalhar, é pouco usado. No domínio da construção, a pedra pode ser utilizada tanto como elemento estrutural em alvenarias, cantarias, ou coberturas interiores (abóbadas) e exteriores (terraços e telhados), como elemento decorativo. Tanto num caso como no outro, existem algumas características que as pedras devem possuir para assegurarem a eficácia da sua aplicação. Quando a pedra é aplicada como elemento estrutural é necessária uma escolha mais selectiva do material, uma vez que a estabilidade da parede depende directamente das propriedades da matéria-prima utilizada, especialmente da sua resistência mecânica à compressão, da sua resistência mecânica a acções externas, como vento, sismos, fogo, etc. e da durabilidade. Para além disso, as pedras utilizadas na parede devem possuir também uma boa trabalhabilidade de forma a facilitar a execução da parede. Em seguida são apresentadas algumas características a que a pedra deverá responder no caso de ser utilizada na construção:

- Resistência mecânica à compressão;
- Resistência mecânica a acções externas à construção (sismos, vibrações etc.);
- Resistência ao desgaste;
- Resistência à acção do fogo;
- Trabalhabilidade;

- Compatibilidade com a função que vai exercer;
- Compatibilidade com o material que lhe vai estar adjacente.

As pedras podem ser classificadas de diversas formas, tendo em conta a sua composição química, mineralógica, modo de jazida ou origem, etc. A composição química e a estrutura das pedras é muito variável, pois resulta da influência de vários factores naturais que determinam a formação da sua rocha de origem e as alterações sofridas até se tornar em matéria disponível para ser extraída, resultando então nas diferentes classes de pedras conhecidas [7]. Na construção adopta-se, geralmente, a que se baseia na origem geológica ou modo de formação. Assim sendo, temos as rochas ígneas, eruptivas, as sedimentares e as metamórficas (ver Quadro 3.1).

Quadro 3.1 – Caracterização de algumas pedras mais comuns

| Origem             | Tipo de rocha | Densidade | Resistência (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Trabalhabilidade          | Aderência da argamassa |
|--------------------|---------------|-----------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|
| <b>Ígnea</b>       | Granitos      | 2,5 a 3,0 | 1500 a 2700                       | Variável                  | Muito boa              |
| <b>Eruptiva</b>    | Basalto       | 2,8 a 3,3 | 3000                              | Difícil                   | Má                     |
|                    | Meláfiro      | 2,8 a 3,0 | 1800                              | Variável                  | Aceitável              |
|                    | Tufos         | 0,6 a 1,7 | 35 a 600                          | Variável                  | Aceitável              |
| <b>Sedimentar</b>  | Calcários     | 1,8 a 2,6 | 600 a 1500                        | Boa                       | Variável               |
|                    | Brechas       | 1,8 a 2,7 | 800 a 1700                        | Boa, mas por vezes frágil | Variável               |
| <b>Metamórfica</b> | Arenitos      |           | 300 a 2700                        | Variável                  | Variável               |
|                    | Mármore       | 2,4 a 2,8 | 1100 a 1800                       | Boa                       | Boa                    |
|                    | Xisto         | 2,5 a 3,0 | 800 a 1300                        | Variável                  | Variável               |

As rochas eruptivas resultam da consolidação do magma em profundidade (plutónicas) ou à superfície (vulcânicas). Podem considerar-se isotrópicas e homogéneas em determinados casos, pois resultam de materiais fundidos. São rochas com uma estrutura geológica muito consistente e que possuem um elevado grau de dureza, sendo capazes de satisfazer as solicitações impostas às unidades de paredes de alvenaria. Como exemplo de rochas eruptivas temos o basalto e o granito.

As rochas sedimentares resultam da deposição ou precipitação de substâncias e posterior consolidação dando origem a estratos. São rochas anisotrópicas pois possuem propriedades diferentes segundo cada direcção. Como exemplo destas rochas temos os calcários e o grés.

Por fim, temos as rochas metamórficas que são as rochas que provêm da metamorfização quer das rochas eruptivas quer das rochas sedimentares. Esta metamorfização é feita através dos agentes metamórficos, que são, por exemplo, gases, temperatura, etc. Os xistos e os mármore são algumas rochas representativas desta classe.

Dentro das rochas eruptivas, a mais utilizada na construção em Portugal, nomeadamente em alvenarias resistentes, é o granito. O granito aparece principalmente no norte do país, no Alto Alentejo e no Algarve. É um dos materiais mais usado nos monumentos do norte do país. Este material é constituído essencialmente por quartzo, feldspato e mica, sendo que com a variação da percentagem de cada

elemento, varia também a sua textura e cor. Os melhores granitos são os quartzosos, sendo que os micáceos são inconvenientes pois a mica altera-se com maior velocidade. Existe uma grande variedade de granitos, desde granitos muito brandos de fácil alteração devido a terem grandes quantidades de feldspato, até granitos muito vítreos, usados para pavimentação. Assim, os granitos possuem grande resistência à compressão, são fáceis de extrair e muito duráveis. Como prova temos os inúmeros monumentos em Portugal feitos em granito que chegaram até à actualidade, resistindo assim centenas de anos.

Em termos de resistência, o granito é um material isotrópico, isto é, tem resistência idêntica em todas as direcções. Esta propriedade oferece às unidades de alvenaria um excelente comportamento mecânico no conjunto da parede, o que garante a utilização de grandes blocos e garante que mesmo depois de talhados, não percam as suas características principais [2].

Existem certos valores a que as pedras de granito utilizadas nas paredes de alvenaria resistente devem obedecer:

Quadro 3.2 – Parâmetros relativos ao granito

|                                              |                                                                  |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Massa específica (kg/m<sup>3</sup>)</b>   | Aparente: 2600 a 2800, absoluta: 2620 a 2850                     |
| <b>Porosidade total (%)</b>                  | 0,4 a 1,5                                                        |
| <b>Absorção de água (%) DIN 52103</b>        | Em relação ao peso - 0,2 a 0,5, em relação ao volume - 0,4 a 1,4 |
| <b>Resistência à compressão (Mpa)</b>        | 160 a 240                                                        |
| <b>Resistência à tracção na flexão (Mpa)</b> | 10 a 20                                                          |

Outro material utilizado em alvenarias resistentes em Portugal é o xisto. Estas pedras encontram-se nas zonas de transição dos terrenos graníticos do Maciço Antigo para os terrenos arenitos das Orlas Marítimas, nomeadamente no Douro e Alentejo. É um material anisotrópico, uma vez que tem uma estrutura laminar, o que lhe confere uma resistência à compressão muito diferente nas duas direcções principais. Esta característica estratificada torna as pedras muito impermeáveis, sendo vulgar até a sua utilização como revestimento de coberturas [2].

Para o xisto poder ser utilizado numa parede de alvenaria resistente deve obedecer aos seguintes parâmetros:

Quadro 3.3 – Parâmetros relativos ao xisto

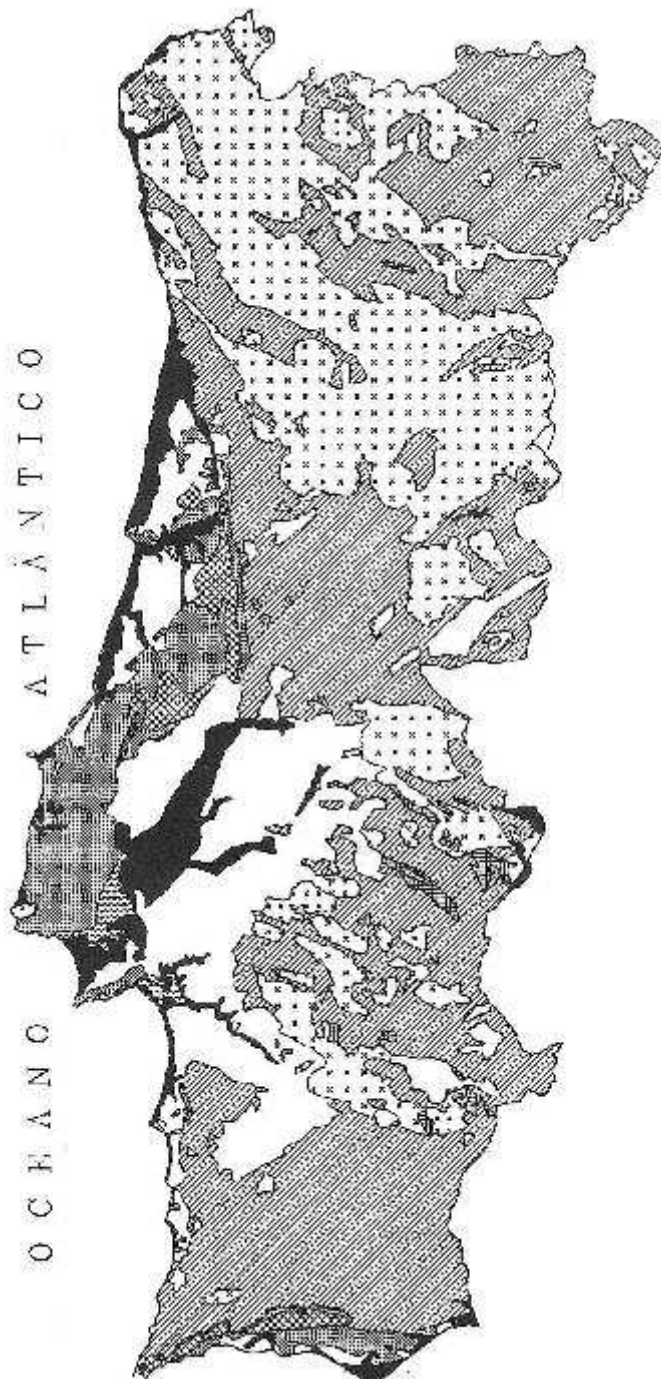
|                                              |                                                                  |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Massa específica (kg/m<sup>3</sup>)</b>   | Aparente: 2700 a 2800, absoluta: 2820 a 2900                     |
| <b>Porosidade total (%)</b>                  | 1,6 a 2,5                                                        |
| <b>Absorção de água (%) DIN 52103</b>        | Em relação ao peso - 0,5 a 0,6, em relação ao volume - 1,4 a 1,8 |
| <b>Resistência à tracção na flexão (Mpa)</b> | 50 a 80                                                          |

### 3.2.2. TRABALHABILIDADE E DISPONIBILIDADE

O tipo de fractura, tipo de grão e a homogeneidade de uma pedra são indicadores que nos permitem conhecer a sua trabalhabilidade e aderência à argamassa. A análise do aspecto da superfície de fractura

de uma pedra, permite-nos saber se a pedra é possível de cortar nas dimensões desejadas (se é boa de trabalhar) e dá-nos também a ideia da aderência às argamassas. O tipo de grão que a pedra possui é também um indicador da sua trabalhabilidade. Por exemplo, o granito de grão fino é um material facilmente trabalhável e adere bem à argamassa.

A disponibilidade das pedras para a construção está dependente do mapa geológico (fig. 3.2). Como é de esperar, nas regiões onde determinada rocha é abundante, esta será mais acessível.



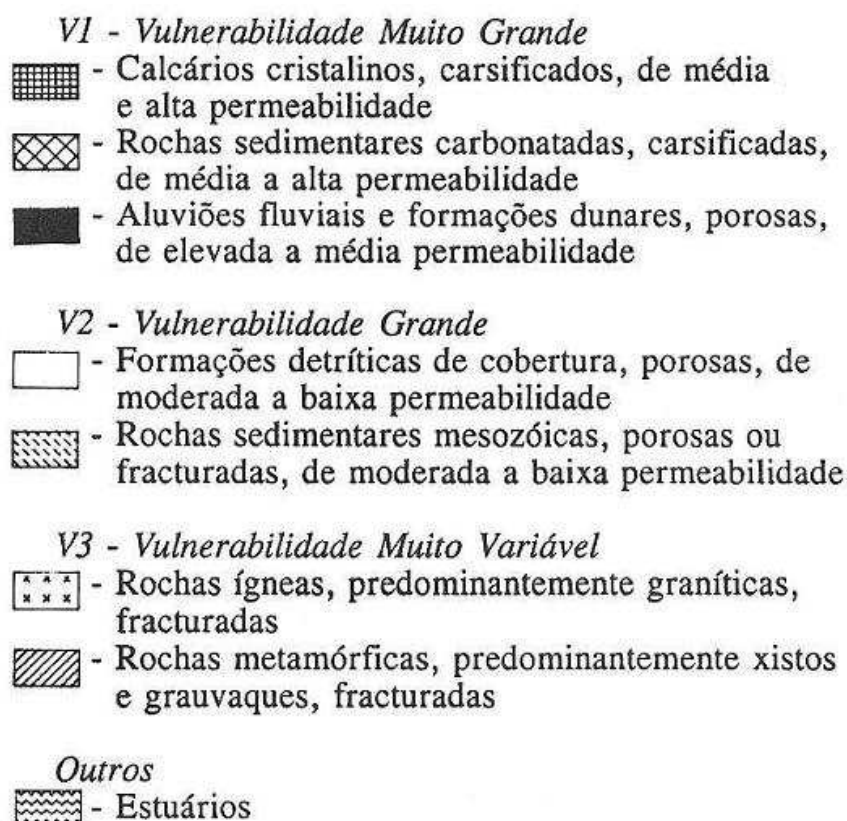


Fig.3.2 – Mapa geológico de Portugal

### 3.2.3. RESISTÊNCIA AO FOGO

Relativamente ao risco de incêndio, um edifício deve ser projectado de forma a facilitar a evacuação dos utentes num tempo aceitável, de modo a favorecer a intervenção dos bombeiros no seu combate, e ainda, limitar o risco de deflagração e propagação do incêndio, através de meios de combate ao fogo. As exigências de segurança face aos riscos de incêndio estão relacionadas com os elementos da construção, a organização físico-espacial do edifício e a existência de instalações especiais de combate a incêndios.

Relativamente aos elementos da construção, as características resistentes dos materiais são muito influenciadas pelas altas temperaturas. No caso das alvenarias resistentes, é importante que o material utilizado tenha uma elevada resistência ao fogo, uma vez que as elevadas temperaturas influenciam as capacidades resistentes das paredes. Exige-se a total incombustibilidade e uma elevada resistência ao fogo quando se fala em alvenarias resistentes. Estas devem manter as suas características resistentes durante o maior intervalo de tempo possível quando são sujeitas a um incêndio. Uma das vantagens da alvenaria de pedra é possuir um bom comportamento ao fogo, uma vez que a pedra é um material não combustível, como se pode ver no Quadro 3.4. Em Portugal, a segurança contra o risco de incêndios é regulada pelo RSCIE – Regulamento de Segurança contra Incêndios de Edifícios.

Quadro 3.4 – Características de combustibilidade dos diferentes materiais de construção

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| a) Pedras naturais (calcário, granito, ardósia)         | M0 |
| b) Argamassa (cimento, cal, gesso)                      | M0 |
| c) Betões, fibrocimento, vermiculite e argila expandida | M0 |
| d) Metais e ligas metálicas                             | M0 |
| e) Produtos cerâmicos (mosaicos, tijolos, telhas)       | M0 |
| f) Vidro (em chapa ou celular)                          | M0 |

De acordo com o RSCIE

Classe M0 – Materiais não combustíveis

Classe M1 – Materiais não inflamáveis

Classe M2 – Materiais dificilmente inflamáveis

Classe M3 – Materiais moderadamente inflamáveis

Classe M4 – Materiais facilmente inflamáveis

#### 3.2.4. ESTANQUIDADE AO AR E À ÁGUA

A estanquidade de uma parede exterior deve ser entendida como a capacidade dos seus elementos resistirem à penetração da água e impedirem a passagem de ar e gases. Para determinar o desempenho de uma parede em relação à sua estanquidade, devem-se ter em conta as características individuais dos elementos que a constituem, como a porosidade, a permeabilidade e a capilaridade, assim como a estanquidade das juntas de ligação. Nas construções antigas, a subida de água por capilaridade é muitas vezes a causa de degradação das alvenarias. As fachadas estão diariamente sujeitas a acções como a incidência directa do sol, a acção da chuva e do vento, agentes poluentes, entre outras. Exige-se estanquidade à água a uma parede de fachada com o intuito de minimizar os efeitos associados à incidência da água da chuva, uma vez que esta incidência se pode traduzir em infiltrações para o interior ou na própria superfície da parede, provocando o seu humedecimento exagerado e prolongado e importando elevados custos de manutenção.

A acumulação de humidade é uma das principais causas de degradação dos edifícios, sendo responsável por:

- Um consumo mais elevado de energia, uma vez que diminui o poder isolante das superfícies onde se acumula;
- Uma degradação dos materiais de construção;
- O aparecimento de manchas acinzentadas;
- O descolar de papéis de parede e empolamento do estuque [11].

Sabe-se que o clima e exposição dos locais, a constituição dos revestimentos, a configuração arquitectónica do edifício e a qualidade de execução são decisivos para a medida de estanquidade da parede. Em fase de projecto, podem ser tomadas algumas medidas no sentido de proteger as zonas do edifício mais expostas à acção da chuva e do vento, como a realização de detalhes construtivos que minimizem os efeitos directos dos agentes exteriores (sacadas, cornijas e elementos salientes que limitem o impacto da acção desses agentes) [4].

As paredes de pedra argamassada exercem de forma satisfatória as funções de estanquidade, sobretudo se forem bem ventiladas.

O aumento do teor de humidade, devido a uma acumulação excessiva de vapor de água, leva à condensação do ar, o que pode provocar manchas de humidade no tecto. Uma melhor ventilação permite a substituição do ar interior, mais húmido, pelo ar exterior, mais seco, permitindo assim um controlo mais eficaz da durabilidade da alvenaria.

### 3.2.5. ESTABILIDADE

#### **Resistência mecânica:**

A resistência mecânica das paredes é a capacidade que esta apresenta de manter a sua integridade física quando solicitada pelas diversas acções mecânicas previstas no projecto. A resistência mecânica é, assim, responsável pela segurança estrutural da construção. O edifício deverá ser dimensionado de modo a garantir a segurança em relação aos estados limite últimos e os estados limite de utilização. A maior ou menor resistência mecânica de um edifício traduz a sua capacidade de resistir aos esforços transmitidos pela estrutura e pelas cargas que possam vir a ser aplicadas, em condições correntes de serviço, solicitações de ocorrência excepcional e solicitações de ocorrência accidental.

No caso de uma alvenaria resistente, a sua resistência mecânica tem uma importância muito significativa. O edifício deve resistir a solicitações de pesos próprios da construção, a sobrecargas de utilização e a solicitações climáticas correntes típicas da região e local da construção.

A resistência à compressão das alvenarias resistentes é fundamental uma vez que várias características da parede se vão relacionar directa ou indirectamente com o modo como a alvenaria responde a esforços de compressão. A resistência mecânica de uma parede está relacionada principalmente com:

- Características dos componentes da alvenaria – resistência e características de deformação dos blocos utilizados;
- Características das juntas de argamassa de assentamento – Proporcionam monoliticidade ao conjunto;
- Resistência de aderência do conjunto (componentes e juntas);
- Espessura e disposição das juntas – Para valores diferentes de espessura de juntas obtêm-se resistências diferentes.
- Propriedades geométricas das paredes;
- Tipo de fixação da parede de vedação à estrutura.

A forma como se procede a rotura da parede depende das características mecânicas dos blocos e da argamassa. Assim, a forma da parede romper, quando sujeita a esforços de compressão, processa-se com o desenvolvimento de fendas de tracção paralelas à direcção da carga. É de notar que a resistência dos blocos em separado é superior à resistência do conjunto de blocos que formam a parede.

A resistência à compressão da argamassa não influi de forma muito significativa na resistência à compressão da parede. No entanto, para valores de resistência inferiores a 40% da resistência do bloco, essa influência pode ser significativa. É aconselhável que a argamassa de assentamento possua uma resistência entre 70% e 100% da própria resistência do bloco. Pode-se afirmar que não ocorrerão diferenças significativas na resistência de uma parede estrutural se a argamassa possuir até mesmo 50% da resistência do bloco [13].

Relativamente à geometria dos blocos, verifica-se que a uma menor relação altura-espessura do bloco corresponde uma maior resistência da alvenaria.

A espessura das juntas influencia também a resistência da parede, verificando-se que uma espessura de juntas inferior é aconselhável no sentido que com o aumento dessa espessura a resistência da alvenaria diminui. A explicação para isso é que o aumento da espessura das juntas diminui o confinamento da argamassa e é exactamente esse confinamento, promovido pela aderência da argamassa no bloco, que torna a argamassa pouco susceptível à ruptura, mesmo que a resistência à compressão seja relativamente baixa. No entanto a espessura não pode ser muito pequena pois assim, se existirem pequenas falhas na execução ou blocos com dimensões ligeiramente diferentes, há a possibilidade de ocorrer contacto pontual entre duas unidades de alvenaria, concentrando e consequentemente aumentando as tensões neste local, prejudicando a resistência da parede [5].

O modo de execução da parede pode também afectar a resistência da alvenaria. Os defeitos de execução que mais influenciam a resistência da parede são a deficiente preparação da argamassa, o incorrecto preenchimento das juntas e condições de cura desfavoráveis.

Em Portugal, o regulamento existente para as alvenarias é o EC6, utilizado nos projectos de estruturas de alvenaria resistente.

As alvenarias resistentes em pedra possuem um bom comportamento às acções gravíticas, uma vez que o material que as constitui tem uma excelente resistência à compressão, possuem um elevado peso próprio – que estabiliza as forças horizontais derrubantes e deslizantes – e uma boa resistência à encurvadura (devido à sua elevada espessura), que diminui a sua esbelteza e também o risco de instabilidade por encurvadura. No entanto, com o aumento do edifício em altura, a carga vertical aumenta também, ficando a alvenaria mais susceptível à encurvadura.

### **Comportamento aos sismos:**

A vulnerabilidade sísmica dos edifícios está relacionada com as características dos sistemas estruturais e tipologias construtivas. Podemos distinguir os principais factores de vulnerabilidade das construções face aos sismos como sendo o tipo de elementos resistentes, a configuração dos sistemas estruturais (dimensões e forma em planta, número de pisos e disposição em altura, distribuição da massa), as disposições de dimensionamento do projecto, a qualidade da construção, os materiais utilizados, os métodos construtivos e a tecnologia próprios da região e época em que se insere a construção. As zonas sísmicas onde este se insere, a intensidade do sismo, as condições geológicas do local etc. são também condicionantes no comportamento dos edifícios a acções sísmicas. Perante este tipo de solicitações, nomeadamente a ocorrência de sismos e de outras catástrofes naturais, o edifício deverá ser dimensionado de forma a que, mesmo na eminência de ruína com a sua consequente inutilização, permita que os seus utentes possam ser evacuados sem correrem risco de vida.

Portugal insere-se numa zona com algum risco sísmico, que resulta da proximidade geográfica da fronteira entre as placas tectónicas Euro Asiática (EU) e Africana (AF). Este factor leva a que existam algumas limitações construtivas especialmente no que toca a alvenarias resistentes. A rotura das alvenarias tradicionais é essencialmente de tipo frágil, ou seja, a parede de alvenaria é pouco dúctil.

Uma das maiores limitações das alvenarias resistentes é o seu comportamento aos sismos. A rotura da parede é do tipo frágil, fazendo com que em zonas sísmicas a alvenaria esteja condicionada e seja utilizada apenas em edifícios pequenos e de planta regular. Note-se que os edifícios que resistiram ao sismo de 1755 caracterizavam-se por serem em alvenaria resistente, possuírem um pé direito reduzido e poucas aberturas para o exterior, e terem entre 2 e 3 pisos. Uma solução viável para a resolução do problema do comportamento aos sismos das alvenarias resistentes é a utilização de alvenarias armada ou confinada. Vários especialistas acreditam ser esta a melhor maneira de contornar o problema uma vez que este tipo de alvenaria tem um comportamento mais satisfatório em zonas sísmicas pois são

alvenarias capazes de absorver esforços de tracção e que possuem alguma ductilidade. Desta forma, a parede aproxima-se mais do comportamento das estruturas de betão face à ocorrência de um sismo.

Como se refere atrás, o comportamento aos sismos de um edifício não depende apenas de aspectos ligados as técnicas de construir, mas também da forma do edifício. De facto, algumas formas provenientes da construção vernacular utilizam práticas, materiais e elementos que resultam em bom desempenho sísmico. Em muitos casos, são práticas que possuem bons resultados e que foram alcançadas sem qualquer conhecimento técnico específico, mas sim através de um tipo de "selecção natural" aplicado ao processo de construção de edifícios. Devido à constante ameaça de sismos, a população local aprendeu os princípios da resistência aos sismos através da construção num processo de "tentativa e erro". É de referir também o facto de uma série de diferentes culturas, vivendo em circunstâncias semelhantes, independentemente terem chegado a técnicas similares, sem qualquer comunicação ou intercâmbio de conhecimento técnico. Existem algumas estratégias gerais a que um edifício deve responder de forma a ter um desempenho sísmico satisfatório. De seguida são apresentadas algumas delas [12]:

- Construção com materiais dúcteis;
- Construção com formas arquitectónicas robustas:
  - Chão plano e regular (forma de distribuição das paredes);
  - Aberturas uniformes (pequenas e espaçadas);
  - Pavimentos com rigidez e resistência suficientes de modo a assegurar uma eficaz distribuição das forças horizontais por todas as paredes;
- Construção com uma determinada configuração estrutural:
  - Conexões eficientes (parede-parede, chão-paredes, parede-fundação, etc);
  - Fundação contínua para evitar a sua rotura;
  - Mão-de-obra qualificada (fabricantes, construtores);
- Construção que reduz as forças sísmicas:
  - Telhados com um peso reduzido;
  - Habitções baixas (um ou dois pisos).

O Eurocódigo8 (EC8 - Disposições para o projecto de estruturas sismo-resistentes) apresenta alguns valores mínimos a cumprir nas paredes em alvenaria de pedra, relativamente às suas dimensões: (ver Quadro 3.5)

Quadro 3.5 – Requisitos mínimos para as paredes de alvenaria de pedra (EC8)

| Tipo de Parede                                                                          | e             | $h_{ef}/e$ | h/l            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|----------------|
| <b>Alvenaria não reforçada de pedra natural (com formato irregular)</b>                 | $\geq 400$ mm | $\leq 9$   | $\leq 2$       |
| <b>Alvenaria não reforçada de pedra natural (talhada)</b>                               | $\geq 300$ mm | $\leq 12$  | $\leq 2$       |
| <b>Alvenaria não reforçada de pedra natural (talhada) em zonas de fraca sismicidade</b> | $\geq 175$ mm | $\leq 15$  | $\leq 2,5$     |
| <b>Alvenaria confinada</b>                                                              | $\geq 240$ mm | $\leq 15$  | $\leq 3$       |
| <b>Alvenaria reforçada</b>                                                              | $\geq 240$ mm | $\leq 15$  | Sem restrições |

e = espessura da parede;  $h_{ef}$  = altura efectiva da parede; h = altura das aberturas da parede; l = altura da parede

Para além das estratégias acima referidas, tecnologias avançadas tais como isolamento sísmico estão a começar a surgir e podem ser utilizadas para proteger as alvenarias resistentes das consequências resultantes de um sismo.

O sistema estrutural dos edifícios de pequeno porte em alvenaria é essencialmente constituído por um conjunto de paredes resistentes de alvenaria ortogonais, ligadas aos pavimentos e cobertura. A rigidez deste tipo de sistemas é normalmente bastante elevada e a sua resistência sísmica é principalmente determinada pela capacidade dos elementos estruturais transmitirem à fundação, sem colapso, as forças de inércia induzidas pelo sismo. Sob a acção de um sismo na direcção horizontal, geram-se nas paredes forças de inércia proporcionais às suas massas, no próprio plano, nas paredes paralelas à direcção da acção, e transversais ao plano, nas paredes perpendiculares. Estas forças são acrescidas devido à força transmitida pelos pavimentos e pela cobertura.

O comportamento das alvenarias resistentes às acções sísmicas é muito variável, uma vez que é um comportamento que depende de vários factores como referido atrás. Se a pedra constituinte da parede for de boa qualidade e os blocos estiverem montados correctamente, observa-se um bom travamento da parede e isso melhora o comportamento sísmico. É também sabido que as alvenarias com um comportamento aos sismos mais limitado são as que não utilizam argamassa de ligação, ou que utilizam um ligante fraco.

### 3.2.6. CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO

Um aspecto que é sempre tido em conta pelos arquitectos e vários projectistas da especialidade é o conforto e bem-estar dos ocupantes de um edifício. Este conforto e bem-estar depende da conjugação de um conjunto de factores que passam pelo conforto térmico e acústico.

Um edifício de habitação bem concebido do ponto de vista térmico traz para o seu interior apenas as qualidades do clima, ou seja, as suas temperaturas médias que são as mais confortáveis ao ser humano, reduzindo também as suas necessidades energéticas. O contributo da inércia térmica e do arrefecimento passivo poderá também representar uma redução significativa no consumo de energia. O ambiente interno dos edifícios deverá permitir que os seus habitantes, com vestuário adequado, possam desenvolver as suas actividades sem sensação de desconforto proveniente de trocas exageradas de calor/frio com o exterior.

A protecção contra ruídos é também uma condição fundamental para salvaguardar o conforto dos ocupantes de um edifício. Um ambiente acústico deficiente pode causar desconforto, redução das capacidades auditivas e até doenças no sistema nervoso [6].

O isolamento térmico e acústico de uma habitação deve ser seleccionado em função das diferentes exigências para as diferentes zonas do país. As exigências do isolamento térmico são estabelecidas consoante as condições climáticas da região onde se insere o edifício, condições de implantação como a orientação da fachada ou aberturas para ventilação e renovação de ar, e propriedades térmicas dos materiais utilizados como a sua condutibilidade térmica ou o seu coeficiente de transmissão térmica. No caso do isolamento acústico, este é seleccionado de modo a reduzir os níveis de ruído e índices de vibração no edifício, sobretudo quando este se localiza numa região com elevados níveis de poluição sonora

Por fim, é de referir que a aplicação cuidada de materiais de isolamento térmico e acústico não tem apenas a função de proporcionar conforto ao utilizador do edifício mas também a de garantir um menor consumo de energia e um prolongamento da vida dos materiais, que ficam assim protegidos dos choques térmicos.

### 3.2.6.1. Térmica

O aquecimento e a iluminação dos edifícios são responsáveis pela maior quota individual de utilização da energia, 42% dos quais 70% para aquecimento, e produzem 35% de todas as emissões de gases com efeito de estufa. Uma das maiores preocupações na hora de conceber um edifício é fazer com que ele não precise de consumir energia para aquecimento. A optimização da solução térmica tem uma importância fulcral. O RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico, regula as exigências de conforto térmico em Portugal, e apresenta o conforto térmico como um direito das pessoas, estabelecendo um patamar mínimo que deve ser atingido em todas as habitações. Este patamar tornou-se mais exigente com a introdução da certificação energética dos edifícios. Associado ao conforto térmico é também quantificado o consumo de energia necessário para garantir esse conforto, existindo um valor máximo autorizado.

Os parâmetros principais que condicionam o comportamento térmico dos edifícios são:

- Inércia térmica do local;
- Coeficiente de transmissão térmica dos elementos;
- Sombreamento das paredes exteriores;
- Cor e textura dos paramentos exteriores.

O objectivo do isolante térmico é evitar a perda de calor ou frio, reduzindo assim a energia necessária para manter a temperatura desejada. O bem-estar dos utentes e a durabilidade e desempenho dos materiais são beneficiados quando a transmissão de calor se verifica uniformemente. Caso contrário, ocorrem pontes térmicas que podem levar à formação de condensações. Outro aspecto a controlar numa parede de alvenaria é a ocorrência de humidade, de forma a garantir o bem-estar dos ocupantes do edifício e a durabilidade dos materiais de construção (sobretudo em relação à manutenção de propriedades isolantes).

No que respeita ao processo de transmissão de calor, este deve ser o mais uniforme possível, de modo a serem evitadas as pontes térmicas, que levam à formação de bolores e condensações, ficando assim o elemento construtivo sujeito a uma deterioração que irá reduzir o seu tempo de vida.

O aproveitamento da arquitectura bioclimática e de desenho passivo pode ser feito através de medidas tais como [15]:

- Orientação a sul com grandes vãos que proporcionam um maior ganho directo de calor e menores perdas de energia;
- Utilização de vidros duplos que proporcionam menores ganhos de calor nos meses quentes e maiores ganhos de energia nos períodos frios; Estes dois factores são muito importantes para o conforto térmico;
- Colocação de paredes de armazenamento térmico, que funcionam como um acumulador de calor através da captação dos raios solares directos; Deste modo o calor é transmitido para o interior sem gastos energéticos adicionais. (Deverão estar orientadas a Sul);
- Colocação de protecções solares que permitem o sombreamento e arrefecimento do edifício e protegem o edifício dos raios solares directos nos meses de maior radiação solar;
- Colocação de um adequado isolante térmico que tem como função manter o conforto térmico no interior de uma construção impedindo que o calor acumulado no interior do edifício saia para o exterior e que o calor exterior não penetrem no interior do mesmo.
- Inércia térmica do edifício elevada;

- Optar por um sistema de ventilação cruzada; Este tipo de ventilação tira proveito das brisas naturais para arrefecimento do interior dos edifícios; Por intermédio de aberturas junto ao chão e ao tecto o ar quente sobe fazendo entrar o ar frio;
- Vidros de baixa emissividade que permitem a redução das perdas térmicas do edifício;
- Utilização de coberturas ajardinadas que funcionam como um elemento importante para o arrefecimento do edifício.

A pedra, com uma estrutura densa à base de cristais, micas e quartzos faz com que as paredes compostas por este material tenham uma grande inércia térmica, o que garante uma adequada estabilidade higrométrica no interior do edifício. No entanto, o seu comportamento térmico não é tão bem conseguido como o das paredes de tijolo ou de blocos de betão, sobretudo se estes forem duplos. Relativamente à inércia térmica, um estudo concluiu que para as mesmas condições, um edifício com inércia térmica forte possui necessidades energéticas 20% inferiores às de um edifício de inércia térmica fraca. A análise permitiu ainda concluir que uma inércia térmica crescente permite uma redução significativa na espessura do isolamento a usar (ver Quadro 3.6 e 3.7).

Quadro 3.6 – Valores da condutibilidade térmica do granito e do betão

| Material | Massa Volúmica (kg/m <sup>3</sup> ) | $\lambda$ [w/(m. °C)] |
|----------|-------------------------------------|-----------------------|
| Granito  | 2500 - 2700                         | 2,8                   |
| Betão    | 2200 - 2400                         | 1,75                  |

Quadro 3.7 – Coeficientes de transmissão térmica do granito e do betão (U)

| Material | U [w/(m <sup>2</sup> °C)]   |
|----------|-----------------------------|
| Granito  | 3,1 (espessura 0,40m)       |
| Betão    | 1,1 (espessura 0,10 e 0,15) |

O coeficiente de transmissão térmica é a quantidade de calor que passa através de uma superfície por unidade de área, na unidade de tempo e quando o gradiente térmico entre as duas superfícies é de 1 °C, se a parede tiver 1 cm de espessura.

### 3.2.6.2. Acústica

A acústica preocupa-se com a localização, construção e organização dos edifícios em termos de minimizar os impactes e inconvenientes de um ambiente acústico inadequado. O objectivo é proporcionar conforto acústico aos ocupantes de um edifício, conforme o tipo de utilização desse edifício. Existe um limite de ruídos suportáveis pelo ouvido humano, que não deve ultrapassar os 70db. O projecto arquitectónico pode ajudar a controlar ou reduzir o ruído proveniente do exterior.

Em Portugal, as exigências de conforto sonoro são reguladas pelo RGR – Regulamento Geral sobre o Ruído.

As paredes devem assegurar as seguintes condições:

- Isolamento sonoro a sons aéreos – limitar a transmissão de ruídos de um local para outro, geralmente entre dois espaços com uma parede comum;
- Absorção sonora dos paramentos;
- Isolamento a ruídos de percussão;
- Isolamento a ruídos transmitidos pelas paredes.

As janelas são a zona mais crítica no que respeita a entrada de ruído dentro da habitação. Deve existir o cuidado de escolher janelas com capacidade isolante de acordo com os ruídos vindos do exterior, sendo o mais eficaz a utilização de vidros duplos. Pode ser necessário ultrapassar as especificações exigidas para um bom desempenho térmico e responder simultaneamente a um melhor desempenho acústico. Por exemplo, ao especificar um vidro duplo com 20mm (6+6+8) de espessura para responder de forma mais completa às várias exigências do edifício.

É importante que os pavimentos sejam flutuantes para evitar que os ruídos de percussão sejam transmitidos para outros apartamentos ou divisões do edifício. Um pavimento flutuante pode ter qualquer tipo de acabamento, desde que se garanta que a camada resiliente com as características técnicas relevantes seja aplicada de forma contínua, eliminando todos os pontos de contacto entre a camada sobre a qual se anda e as paredes e a laje. É essa camada resiliente que absorve todos os ruídos de impacto que, de outra forma, seriam transmitidos para outras divisões.

Todos os equipamentos que produzem ruído, como os ventiladores mecânicos e os sistemas de extracção nas casas de banho e nas cozinhas devem possuir silenciadores nas saídas de ar.

As características a que deve obedecer uma parede para possuir um bom isolamento acústico são:

- Elevada massa;
- Ser rígida e não porosa;
- Superfície lisa e contínua;
- Estabilidade;
- Isolamento térmico colocado pelo exterior (isolamento este que também tem uma função acústica).

### 3.2.7. DURABILIDADE

As paredes devem garantir que, quer a sua segurança, quer as características funcionais dos materiais não sejam afectados durante o tempo de vida do edifício, em média 50 anos, admitindo que durante esse período a parede seja submetida aos cuidados de manutenção necessários.

Os materiais constituintes de uma parede de alvenaria resistente deverão possuir uma série de características que lhes permitam obter uma durabilidade elevada, que passam por:

- Resistência aos agentes climáticos (choques térmicos, humidade, etc.);
- Resistência à abrasão e à erosão;
- Resistência a agentes químicos e biológicos;
- Possuir elementos facilmente substituíveis;
- Serem de fácil limpeza e desinfecção.

A durabilidade das alvenarias de pedra é considerada boa. As alvenarias possuem uma boa resistência à deterioração pela acção de agentes agressivos do meio exterior, nomeadamente a permanência de humidades, a acção da chuva, vento e poeiras e a acção dos agentes químicos e orgânicos dos materiais e do solo, sendo até muitas vezes utilizadas para albergar materiais altamente corrosivos. De facto, o granito destaca-se pela sua dureza e resistência, pois dificilmente risca ou consegue ser

agredido por produtos químicos. No entanto, a durabilidade pode ser comprometida por fissuração e rupturas localizadas, que dependem da estabilidade dimensional e da capacidade de absorver deformações da alvenaria, que por sua vez são muito variáveis e são funções do tipo de alvenaria empregada. São também muito estáveis termicamente, e conseqüentemente não alteram as suas características com a mudança de temperatura. É importante também a durabilidade da argamassa utilizada no assentamento dos blocos e no reboco. A manutenção da parede tem, como referi atrás, grande influência na durabilidade da parede.

### **3.3. SISTEMAS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS DA ALVENARIA DE PEDRA**

A alvenaria em pedra é um sistema construtivo milenar, que perdurou até aos nossos dias, e que foi ao longo dos tempos sendo alvo de uma evolução nas tecnologias e matérias que a compõe, sempre com o intuito de encontrar a disposição mais eficaz e que garanta melhor a travacção horizontal e vertical da parede. As regras de composição de uma parede de alvenaria, a distribuição das suas unidades, a relação entre a espessura da junta e das unidades, etc., designam-se por aparelho de alvenaria. No caso das alvenarias resistentes, o aparelho assume uma importância acrescida, uma vez que é o aparelho que garante a estabilidade e a forma da parede e do edifício.

As primeiras referências às diferentes maneiras de construir uma parede em blocos de pedra ou blocos de terra, são dedicadas à descrição das formas de construir usadas na Antiguidade por Egípcios, Persas, Gregos e Romanos. As construções dessa época são ainda hoje referência na forma de bem construir, devido à sua elevada durabilidade. A adaptação das formas mais antigas de construir aos materiais disponíveis em cada região originou posteriormente a grande variedade de alvenarias que se foram construindo em Portugal e também noutras partes da Europa.

A escolha do sistema construtivo a utilizar numa parede depende de vários factores, relacionados com custos, prazo de execução, natureza de recursos, materiais de ligação, técnicas construtivas, etc. A diferentes matérias-primas, aparelhos e sistemas construtivos, correspondem diferentes características da parede, quer ao nível da cor, textura, forma e comportamento da parede.

A construção de alvenarias, exigiu desde sempre regras de execução que residem no conhecimento do funcionamento estrutural global, de modo a garantir a sua resistência ao longo do tempo. É importante garantir, durante a construção da parede, uma boa arrumação das pedras, constituindo camadas o mais coesas e horizontais possível, sem descurar o tratamento da parede nas esquinas, podendo ou não fazer-se uso da argamassa, segundo a técnica escolhida.

Durante a aplicação da pedra, é necessário observar alguns cuidados básicos tais como:

- Assentar a pedra em argamassas à base de cimento e areia;
  - Ter o cuidado de molhar a pedra antes de proceder à sua colocação;
  - Sempre que possível, devem-se proteger as pedras permeáveis;
  - Ao ser utilizada para revestimento a pedra deverá ser gateada ou fixada com elementos metálicos de alumínio ou cobre e o tardo da pedra deve ser rugosa;
  - Deve-se evitar variações bruscas de temperatura durante a sua colocação e armazenamento.
- [14]

Podemos dividir as paredes de pedra em três grupos: com aparelhamento, seca e sem aparelhamento. As características da pedra influenciam o modo de execução da parede no sentido em que uma alvenaria de pedra com aparelhamento é feita com pedras que possam ser talhadas, uma alvenaria de duas faces utiliza-se nos casos onde a pedra é de dimensões variáveis ou estratificada, e finalmente

uma alvenaria sem aparelhamento aplica-se quando a pedra possui dimensões irregulares. Apresentam-se as características básicas de cada um dos sistemas (ver fig. 3.3).

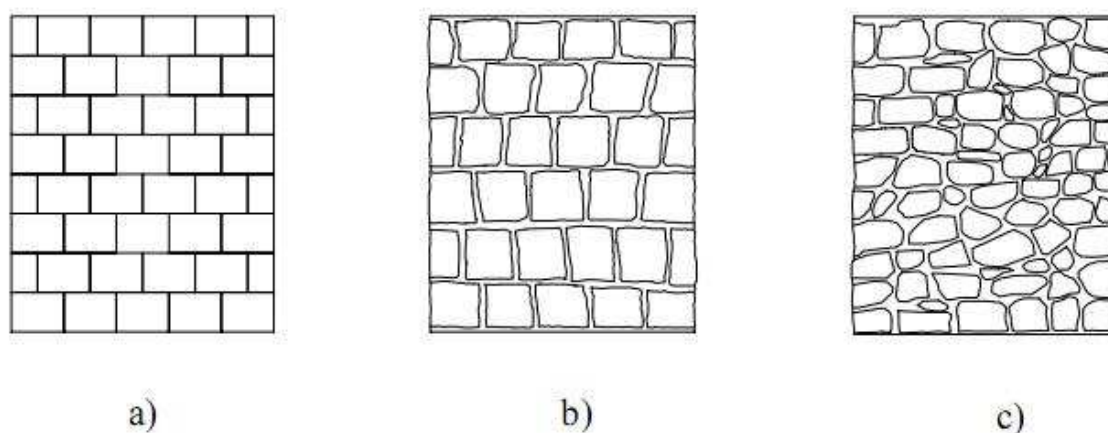


Fig.3.3 – Tipologia das paredes: a) parede de alvenaria seca; b) alvenaria com aparelhamento; c) alvenaria sem aparelhamento

### 3.2.1 ALVENARIA DE PEDRA SEM APARELHAMENTO

As paredes sem aparelhamento são paredes de pedras toscas, angulosas e irregulares, tanto em forma como em dimensão, ligadas entre si por argamassa ordinária. As pedras devem ser assentes nas duas direcções, de forma a conferir um melhor travamento à parede. Grande parte das paredes das casas rurais são construídas com recuso a argamassa pois esta é a solução que oferece a melhor relação entre facilidade de execução, rentabilidade do material e desempenho da parede. [2] A utilização de argamassa permite à parede obter uma maior resistência e solidarização, permitindo assim a construção de vãos maiores e paredes menos espessas. O seu modo de execução é análogo ao de alvenaria aparelhada, no entanto os trabalhos na construção de uma alvenaria de pedra sem aparelhamento são mais fáceis e rápidos. Esta alvenaria é normalmente executada para ser revestida com reboco. De qualquer modo, as pedras devem ser assentes pela parte mais lisa para não oscilarem, nem deixar espaços vazios sem argamassa. [3] Este tipo de aparelho é caracterizado pela pouca importância dada à forma dos blocos antes de serem assentes em obra e pela importância da aderência e resistência da argamassa de ligação. A forma e dimensão de cada bloco são influenciados pelo processo utilizado para a sua extracção e os blocos podem ser utilizados em qualquer zona da alvenaria. Desta forma, as alvenarias de pedra sem aparelhamento podem possuir variadíssimas características, dependendo do modo como são posicionados cada um dos blocos entre si.



Fig.3.4 – Exemplo de muro de alvenaria em pedra sem aparelhamento

A metodologia de construção de uma alvenaria de pedra sem aparelhamento passa pelas seguintes tarefas [2]:

- Abrem-se os caboucos e enchem-se com alvenaria até atingirem o nível do terreno, a fim de se estabelecer o ensoleiramento;
- Marcam-se os vãos das portas e janelas com o riscador sobre as lajes ou espalhando uma porção de argamassa consistente e de pequena espessura sobre a qual o pedreiro risca com a colher e uma régua;
- Executa-se a base da parede com pedras maiores dispostas com a maior dimensão perpendicularmente à direcção da parede, colocando-as de uma forma estável;
- Procede-se à execução da parede colocando as pedras com a sua maior dimensão no sentido horizontal;
- Os pedreiros dispõem de fasquias verticais, que permitem controlar a verticalidade da parede, e sobre os quais pregam uma cruzeta, em que marcam a espessura do muro, por meio de um entalhe ou de pequenos pregos;
- Depois de humedecer as pedras, de modo a não absorverem rapidamente a água das argamassas, coloca-se uma camada de argamassa, retirando a excedente;
- Chegando à altura das faixas, a parede deve ser nivelada horizontalmente.

### 3.2.2 ALVENARIA DE PEDRA COM APARELHAMENTO

Paredes em que as pedras são desbastadas para que o seu acabamento final seja o mais plano possível. Os blocos de pedra são talhadas pelo menos nas faces que ficam à vista sendo as unidades de alvenaria ligadas também por argamassa. As arestas podem ser aperfeiçoadas, não para lhes dar forma regular mas a fim de lhes tirar as asperezas e maiores irregularidades, de maneira a que, a pedra apresente no paramento à vista, o aspecto de um polígono irregular

Quando a dimensão das pedras preenche toda a espessura das paredes, designa-se pedra aparelhada em perpianho (figura 3.4). Caso contrário, designa-se pedra aparelhada em silharia. Esta tecnologia das alvenarias com aparelhamento era utilizada sobretudo no alto Minho e Trás-os-Montes pois é mais vantajosa nas zonas onde a pedra é abundante e o desempenho do edifício em relação a viabilidade construtiva e recursos disponíveis era satisfatório. A pedra ideal para esta tecnologia deve permitir o aparelhamento em todas as direcções sem perder as suas características, como o granito ou o calcário.

Existe uma série de regras para a execução do aparelho das paredes de pedra talhada, que são resumidamente as seguintes:

Os blocos de uma mesma fiada devem ter a mesma altura de modo a constituírem fiadas regulares

As juntas verticais devem ser descontínuas, ou seja, as juntas de uma fiada não devem coincidir com as juntas das fiadas contíguas de forma a garantir um melhor travamento das pedras entre si.

Evitar que existam juntas na zona de intersecção de duas paredes de modo a evitar deslocamentos e fracturas por falta de ligação nos ângulos e cunhais.

Se a pedra é de formação lamelar deverá a alvenaria ser executada por fiadas horizontais, contínuas ou não, mas procurando repetir na parede a situação e formação dos bancos de onde a pedra foi retirada, devem-se corrigir apenas as irregularidades das faces paralelas e aparelhar-se o canto escolhido para ficar à vista. Os topos serão apenas regularizados para facilitar o encontro das pedras adjacentes sem necessidade de recorrer a enchimentos.

Se a rocha é de formação compacta e a pedra é extraída sob a forma de blocos irregulares deve-se utilizar o mais possível as formas originais da pedra. Deve-se por norma escolher as pedras maiores e simultaneamente as mais resistentes para os paramentos das paredes. Não se devem deixar vazios entre as pedras que não sejam preenchidos por argamassa ou por pedras pequenas. Convém o mais possível acamar as pedras segundo leitos horizontais para que melhor resistam a esforços de compressão. [3]

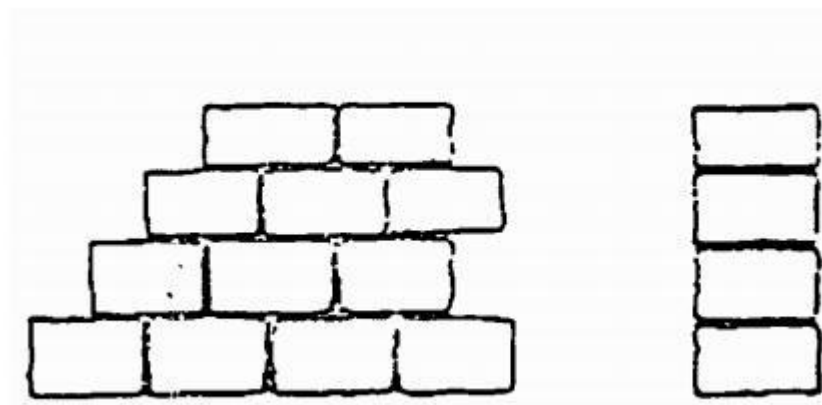


Fig.3.5 – Perpianho (alçado e corte)

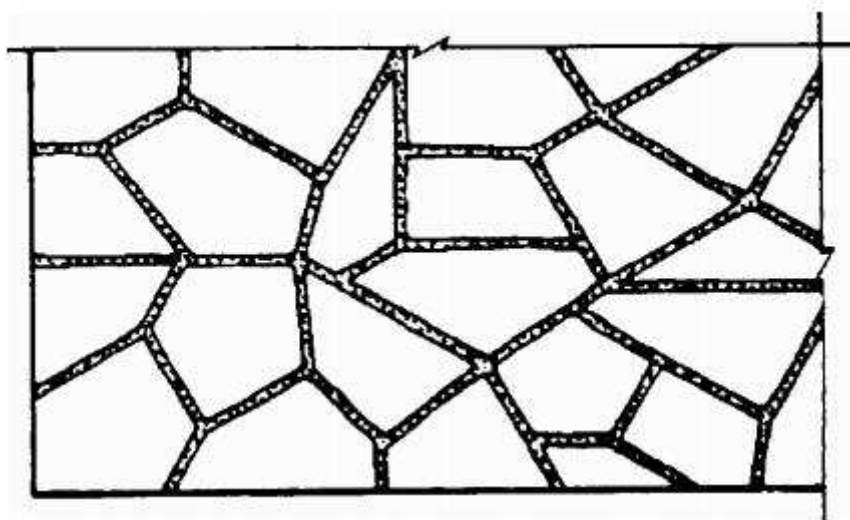


Fig.3.6 – Exemplo de muro de alvenaria em pedra com aparelhamento (aparelho rústico)

De seguida são apresentadas as tarefas a executar [3]:

- Abrem-se os caboucos e enchem-se com alvenaria até atingirem o nível do terreno, a fim de se estabelecer o ensoleiramento.
- Marcam-se os vãos das portas e janelas com o riscador sobre as lajes ou espalhando uma porção de argamassa consistente e de pequena espessura sobre a qual o pedreiro risca com a colher e uma régua.

- Desbastam-se as pedras convenientemente para lhes dar uma forma rígida, depois molham-se para as limpar
- Inicia-se o processo de montagem da parede, colocando as pedras maiores na base;
- Cobre-se as pedras com uma camada de argamassa sobre a qual se coloca outra fiada de pedras
- Bate-se com um maço sobre as pedras até sair os excedentes de argamassa pelas juntas
- As juntas das pedras são tomadas como as da cantaria. É muito vulgar fazê-las salientar vincando-se de um lado e do outro da junta seguindo o contorno da pedra

### 3.2.3 ALVENARIA DE PEDRA SECA

É uma técnica onde não se recorre ao uso da argamassa na ligação das pedras entre si, tendo-se desenvolvido principalmente nas zonas onde a cal era escassa. É um método que ainda hoje é utilizado na construção de muros ou até na construção de alvenarias em xisto ou granito. No entanto, quando é utilizada na construção de alvenarias resistentes, deve-se ter especial cuidado na escolha dos materiais e na própria construção da parede e não se deverá aplicar em zonas sísmicas. Apesar de se poder usar este termo técnico a toda e qualquer alvenaria de pedra que não utiliza argamassas de ligação, vulgarmente ela é associada à alvenaria de pedra irregular.

Uma vez que esta técnica não utiliza argamassa de ligação, é necessário compensar a sua estabilidade através de um cuidado redobrado no seu travamento, sendo necessário efectuar um encaixe cuidado das pedras e utilizar escassilhos. O assentamento deve ser efectuado de forma que as pedras individuais fiquem firmemente coesas, eventualmente por meio de encaixes de calhaus e seixos, a fim de formar uma estrutura compacta e travar a estrutura. Esta montagem vai determinar a forma e dimensões da parede. É importante saber que para garantir a união das pedras, tanto vertical como horizontalmente, as pedras devem ser colocadas segundo o seu leito natural bem encaixadas entre si ou travadas pelos escassilhos, devendo evitar-se que as fiadas fiquem perfeitamente horizontais.

Uma vez que as pedras vão estar aparentes, deve existir um cuidado especial na sua escolha, quer ao nível da aparência (cor, textura) quer ao nível da sua constituição. As pedras mais adequadas a utilizar nesta técnica são o granito e o xisto, uma vez que possuem uma aparência e estabilidade que se adequa às suas exigências. As pedras maiores são apenas ligeiramente talhadas de modo a permitirem um bom assentamento, nas pedras mais pequenas é aconselhável controlar o seu comprimento, que deve ser inferior a 4 ou 5 vezes a sua altura.

Existe uma série de regras elementares para o aparelhamento da parede que são a seguir descritas.

Escolha do tipo de pedra a utilizar de acordo com a sua forma e dimensão de modo a garantir uma boa variedade, aconselhando-se a utilização de pedras que sejam resistentes aos esforços mecânicos ditados pela construção. Normalmente é usado o granito e xisto.

Metodologia de execução da alvenaria de pedra seca:

- Abrir roços com a largura da parede no pavimento para se efectuar o embasamento das paredes;
- Fazer uma regularização com uma argamassa de cal e barro para fortalecer a ligação entre a pedra e o terreno;
- Encher a vala com enrocamento compacto;
- Colocar as primeiras pedras perpendicularmente à direcção da parede;
- Levantar a parede com o auxílio do fio-de-prumo, do esquadro e duma régua de nível;

- Rachear a parede, isto é, colocar escassilhos entre as pedras maiores;
- Colocar vigas de madeira ou de pedra para orlar os vãos;
- Encaixar as vigas nas paredes durante a sua construção.

Este tipo de técnica exige um processo de construção à fiada, ou seja, em cada nível de fiada deve-se garantir ao mesmo tempo a fixação de cada pedra e o travamento da própria parede. Deste modo, para além de se fixarem as pedras entre si, cada fiada deve procurar endentar-se na outra inferior, pelo que é necessário manter certas irregularidades das pedras e evitar o alisamento do topo da fiada. Ao mesmo tempo, cada fiada deve interromper as juntas verticais existentes na fiada subjacente garantindo o travamento vertical da parede.

Quando se queiram abrir vãos de portas e janelas o cuidado a ter será nos lintéis, devendo estes ser de madeira ou de pedra de cantaria. As aduelas não necessitam de ser feitas em cantaria ou madeira podendo ser realizadas pela própria alvenaria seca. Em alguns locais estes vãos abertos na alvenaria são maciçados com argamassa de revestimentos caiados, de forma a proteger o seu desgaste.

A construção dos pavimentos dos pisos bem como a construção da cobertura deverão ser feitos com base no encaixe de vigas de madeira nas paredes em construção, normalmente fixadas por escassilhos. [3]

#### 3.2.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ALVENARIAS SEGUNDO A SUA SECÇÃO

Podemos ainda classificar as alvenarias quanto à sua secção, podendo estas ser:

- De paramento simples
- De dois paramentos sem ligação
- De dois paramentos com ligação
- De três paramentos com núcleo de fraca qualidade

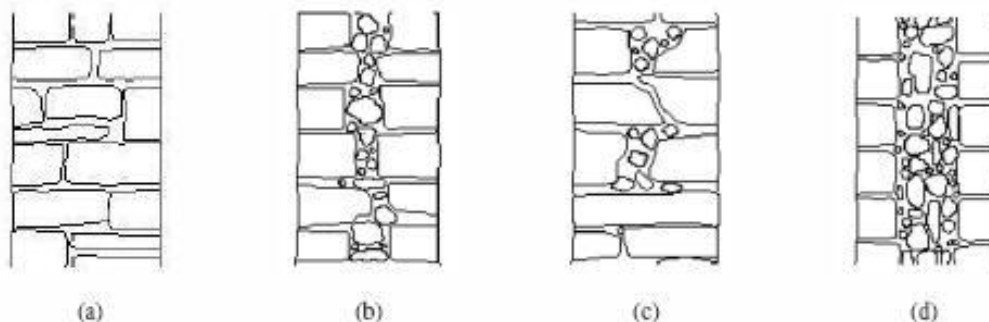


Fig.3.7 – Classificação da secção das paredes de alvenaria. a) Paramento simples; b) Dois paramentos sem ligação; c) Dois paramentos com ligação; d) Três paramentos com núcleo de fraca qualidade

### 3.4. CONSTRUÇÃO EM TERRA

#### 3.4.1. O MATERIAL

A terra crua tem sido usada na construção desde há cerca de dez mil anos, e estima-se que um terço da população do nosso planeta vive hoje em habitações de terra. [10] A construção em terra, geralmente associada a pequenas habitações, foi também utilizada na construção de edifícios de grande escala, como por exemplo as pirâmides de Daqqarah no Egipto ou o palácio de Potala no Tibete. Em Portugal,

existem grandes manchas de construção em terra nas zonas mais secas do país e onde é escassa a pedra, como no Alentejo e no Algarve.

A terra crua, como material construtivo, pode ser escavada, empilhada, modelada, prensada, recortada, pode servir de enchimento, de cobertura, de recobrimento, entre outros. Existem distintos modos de construir e podem ser utilizadas diversas técnicas construtivas, consoante a região e o tipo de terra disponível, mas as duas técnicas mais utilizadas são a construção em adobe e a construção em taipa. A construção em taipa designa o princípio de construção de paredes espessas e monolíticas (com 50 cm de espessura geralmente) colocando a terra em moldes laterais, que vão sendo deslocados à medida que o trabalho avança. A construção em adobe designa os tijolos de terra crua preparados em moldes, secos ao sol e utilizados em seguida à maneira clássica para erguer paredes.

Dentro da grande variedade de terras, nem todas são susceptíveis para serem utilizadas na construção. Essa grande diversidade resulta de diversos factores como a natureza do local, a estrutura da rocha mãe (granito, calcário, etc.), o clima, o grau de transformação do solo pela acção dos seres humanos, etc. A extracção de terra faz-se na camada do solo abaixo da terra orgânica, pois é uma camada rica em componentes como cascalhos e areias e com poucas ou nenhuma argilas. Em caso algum se podem utilizar solos orgânicos na construção. Para a caracterização deste material, são feitas análises e testes que indiquem a sua granulometria (natureza e quantidade de agregados), plasticidade (aptidão a ser modelada), compressibilidade (possibilidade de densificação e redução de porosidade) e coesão (propriedade de ligação dos agregados entre si). De um modo geral, o estudo da granulometria permite definir a composição da terra. Este estudo, para além de servir de base à escolha da técnica construtiva a utilizar, permite saber como corrigir a curva granulométrica e a composição através da adição de elementos, que se designa estabilização. Na realidade, a estabilização da terra para a utilização como material de construção é uma prática de longa data, mesmo na arquitectura tradicional. De um modo geral, os principais objectivos da estabilização são: obter um melhor comportamento mecânico, uma melhor coesão, reduzir a porosidade e as variações de volume, melhorar a resistência à erosão do vento e da chuva, reduzir a abrasão da superfície e impermeabilizar [8].

#### 3.4.2. DURABILIDADE

Esta tecnologia já é utilizada há milhares de anos, existindo exemplos de edifícios, com vários séculos de existência, que ainda se encontram em perfeito estado de conservação. Regra geral, as construções em terra apresentam uma elevada durabilidade e mantêm a sua estabilidade estrutural durante séculos, desde que devidamente protegidas contra as condições climáticas mais severas – por exemplo, através da existência de beirais nos telhados e de sistemas de drenagem das águas pluviais e/ou através de uma manutenção adequada. Regra geral, este tipo de construção necessita de uma adequada protecção contra a chuva forte e não deve ficar exposto durante muito tempo a teores de humidade elevados. Devido à natureza porosa da terra, esta deve ficar protegida da chuva e não deve ficar exposta a longos períodos de humedificação. É essencial proteger o topo da parede da humidade da chuva e a sua base da humidade do terreno. Assim, as paredes de terra são executadas sobre fundações de alvenaria de pedra ordinária com cerca de 60 cm acima do solo, evitando assim as humidades ascendentes. A exposição continuada à humidade pode degradar a estrutura interna da taipa, pois a humidade reverte os processos de estabilização com cimento e permite a expansão da argila. A resistência à humidade pode ser melhorada através da utilização de aditivos impermeabilizantes em paredes muito expostas à humidade. As paredes de taipa podem vir a ser revestidas, isso ocorre principalmente com rebocos à base de cal apagada. No entanto, a utilização destes aditivos compromete a permeabilidade destas paredes ao ar e ao vapor de água, pelo que deve ser evitada [8].

### 3.4.3. TRABALHABILIDADE E DISPONIBILIDADE

A terra é um material facilmente trabalhável e maleável.

Quanto à sua disponibilidade, o material em si é o mais disponível, no entanto nem todas as zonas possuem terras com as características requeridas para a construção. Relativamente à disponibilidade de técnicos que dominem a construção em terra, a existência de um baixo número de empresas com conhecimentos técnicos e técnicos preparados para lidarem com estas soluções construtivas constitui uma desvantagem competitiva relativamente à solução convencional. No Sul do país, nomeadamente no Algarve, existe uma empresa de construção especializada em sistemas construtivos em adobe que produz os componentes necessários a este tipo de construção: blocos de adobe com tamanhos diversos, blocos de adobe leves com cortiça, elementos para arcadas, reboco pré-doseado, argamassa pré-doseada, entre outros).

### 3.4.4. RESISTÊNCIA AO FOGO

A terra possui um excelente comportamento ao fogo, uma vez que é um material incombustível.

### 3.4.5. ESTABILIDADE

#### **Comportamento aos sismos:**

Este material tem a vulnerabilidade de ser fraco na estabilidade face a sismos e a esforços laterais provocados pela fluência das cargas da cobertura. Para contrariar estas fraquezas, eram em muitos casos reforçadas com a introdução de testemunhos ou gigantes. Por isso não era técnica indicada para a construção de grandes edifícios. O comportamento sísmico das paredes em taipa, é melhor de que o comportamento das alvenarias resistentes de tijolos ou blocos, pois enquanto que na primeira as paredes funcionam como um elemento monolítico, nas restantes, a parede é constituída por um elevado número de elementos. O adobe oferece uma construção muito limitada ao nível da resistência sísmica, no entanto, existem algumas estratégias para melhorar a resistência sísmica destes edifícios, tais como:

- Boa escolha da forma do edifício (de preferência um plano circular). A forma rectangular, apesar de ser melhor em termos de condições de vida, é menos favorável em relação à forma redonda em termos de resistência sísmica. O problema da forma rectangular é que esta é mais frágil nos cantos e ligações com a parede de separação.
- Uso de madeira para reforçar as paredes. O reforço em madeira pode conferir ductilidade e segurança às ligações. O reforço deve ser adequadamente protegido contra a humidade e insectos a fim de garantir a integridade estrutural de longo prazo.
- Utilização de um telhado leve de forma a reduzir o peso existente em cima das paredes. Um tecto bem seguro à parede ligação é essencial para o desempenho satisfatório da habitação.

#### **Resistência mecânica:**

A resistência das paredes de taipa à compressão é elevada, o que torna esta solução adequada a edifícios de paredes resistentes, com vários pisos. Em situações em que se pretenda aumentar a

resistência da taipa, é possível utilizar armaduras tal como na construção em betão armado. No entanto, a colocação de varões horizontais não é recomendável pois podem causar problemas de fissuração. [8]

#### 3.4.6. CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO

##### 3.4.6.1. Térmica

Do ponto de vista térmico, distingue-se a excelente massa térmica associada ao muro de terra, o que permite no Inverno, conservar o calor no interior da habitação e no Verão, reter no espaço interior, o ar fresco. A elevada inércia térmica actua como volante de inércia nas mudanças de temperatura do interior dos edifícios, atrasando o aquecimento dos espaços interiores quando a temperatura exterior é mais elevada e diminuindo o ritmo com que a temperatura interior baixa durante a noite, através da libertação da energia armazenada nas paredes durante o dia. [8] O barro tem a capacidade de absorver e expelir humidade mais rápido e em maior quantidade que os outros materiais construtivos, regulando o clima interior. [9]

Como as paredes em terra são densas, estas possuem porosidade reduzida pelo que a transferência de calor se encontra facilitada. Igualmente aos outros materiais densos, em zonas climáticas onde as diferenças de temperatura são amplas, a terra pode balancear o clima interior. Apesar de não ser uma solução tradicional, é possível aplicarem-se revestimentos termicamente isolantes neste tipo de paredes de modo a melhorar o seu comportamento térmico. Se a concepção do edifício o permitir é também possível, em certos climas, prescindir por completo dos sistemas de isolamento. A terra acumula 30% mais de humidade do que um tijolo normal, como é um elemento mais ou menos permeável permite filtrar o ar, a densidade do material permite não só acumular calor mas oferece também um bom isolamento acústico.

##### 3.4.6.2. Acústica

###### Taipa

Uma das soluções para garantir um bom isolamento sonoro é utilizar soluções construtivas monolíticas, o que é uma característica da taipa. Para além de ser uma solução monolítica, a sua elevada massa amortece a transmissão das ondas sonoras, o que torna a taipa um bom isolante sonoro. Os espaços envolvidos por paredes de taipa sem revestimento possuem excelentes características de reverberação. A taipa possui um coeficiente de absorção sonoro superior ao das paredes convencionais, o que evita os incómodos ecos. [8]

###### Adobe

Uma parede em adobe bem construída apresenta bom isolamento sonoro devido à sua elevada massa. O seu comportamento acústico é em tudo semelhante ao comportamento de uma parede monolítica de elevada massa. [8]

### 3.5. SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE ALVENARIAS EM TERRA

O sistema construtivo existente actualmente é uma evolução de sistemas existentes há vários séculos. Apesar da terra estar presente na maior parte dos edifícios do mundo e de ser um dos materiais tradicionais mais antigos, a maior parte das suas propriedades e potencial continuam pouco desenvolvidos e investigados.

### 3.5.1. TAIPA

A palavra taipa designa o princípio de construção de paredes espessas de 50 cm de espessura aproximadamente, colocando a terra em moldes laterais, que vão sendo deslocados à medida que o trabalho avança. Antigamente, as paredes de taipa eram construídas colocando a terra húmida entre dois taipais de madeira desmontáveis, que eram removidos logo após a terra estar completamente seca. Este processo na sua utilização tradicional implicava prazos de obra muito longos. Actualmente o processo agilizou-se através da aplicação de cofragens metálicas deslizantes, sistemas mecânicos de compactação da terra e da utilização de sistemas de projecção mecânica. [8]

A terra para a construção em taipa deve ser muito arenosa, rica em pedras e cascalho (desde que a sua dimensão não ultrapasse os 20 mm) e pouco argilosa, à volta de 30 a 40% de argila, visto que se tiver uma grande quantidade de argila, ao secar terá a tendência a originar fendilhações de retracção. Por outro lado, se tiver pouca argila, não apresenta as características aglutinantes para manter a forma. Os solos de origem glaciária ou de aluvião são considerados propícios para a realização desta técnica. Após a extracção, esta deve ser arejada, e depois colocada num molde e prensada, com a ajuda de um pilão manual ou pneumático (figura 3.8).

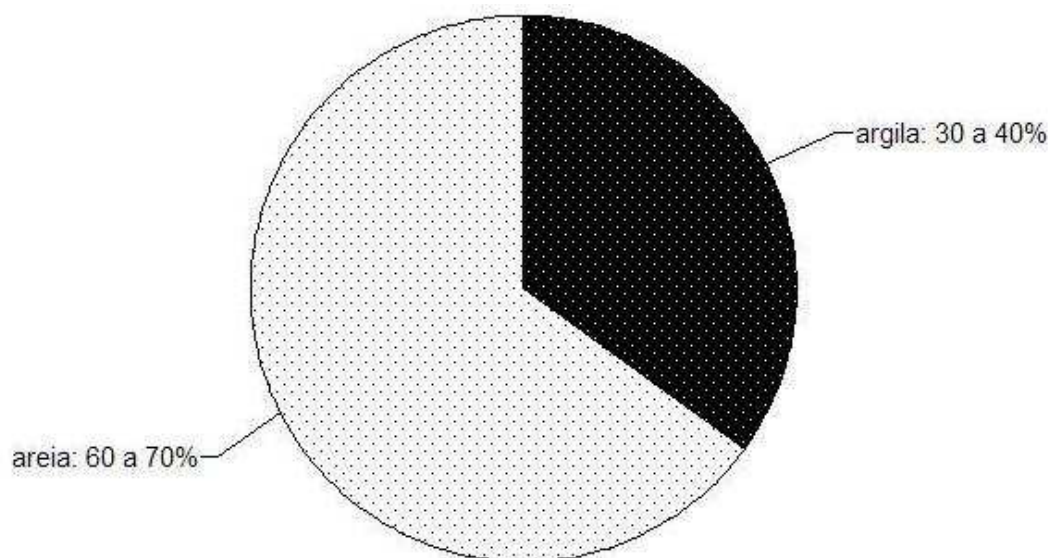


Fig.3.8 – Granulometria para a taipa

De seguida são apresentadas as fases construtivas da taipa:

- Preparação das terras (extrair, desagregar, misturar e homogeneizar);
- A base para a construção em taipa é feita em alvenaria de pedra local, mais ou menos a cinquenta centímetros do chão, pois se assentasse directamente no solo, as águas rapidamente a desagregariam;
- Após a delimitação da área de construção e da implantação das guias que definem o alinhamento das paredes, a terra, ligeiramente húmida, é colocada nos taipais em camadas de, aproximadamente, 10 cm;

- A terra vai sendo então compactada (Figura 3.9) com a ajuda de um pilão com um peso de quatro/cinco quilogramas. Actualmente, o processo de compressão da terra é feito com pilões pneumáticos;
- Execução das fiadas (secagem, coesão);
- Execução das juntas (verticais desencontradas ou oblíquas e horizontais);
- Execução dos cunhais (contrafiada, pedras, tijolos maciços ou travessas de madeira);
- Só após a execução da parede é que os vãos das portas e janelas destas casas são abertos. Para isso, são demolidos os espaços correspondentes.

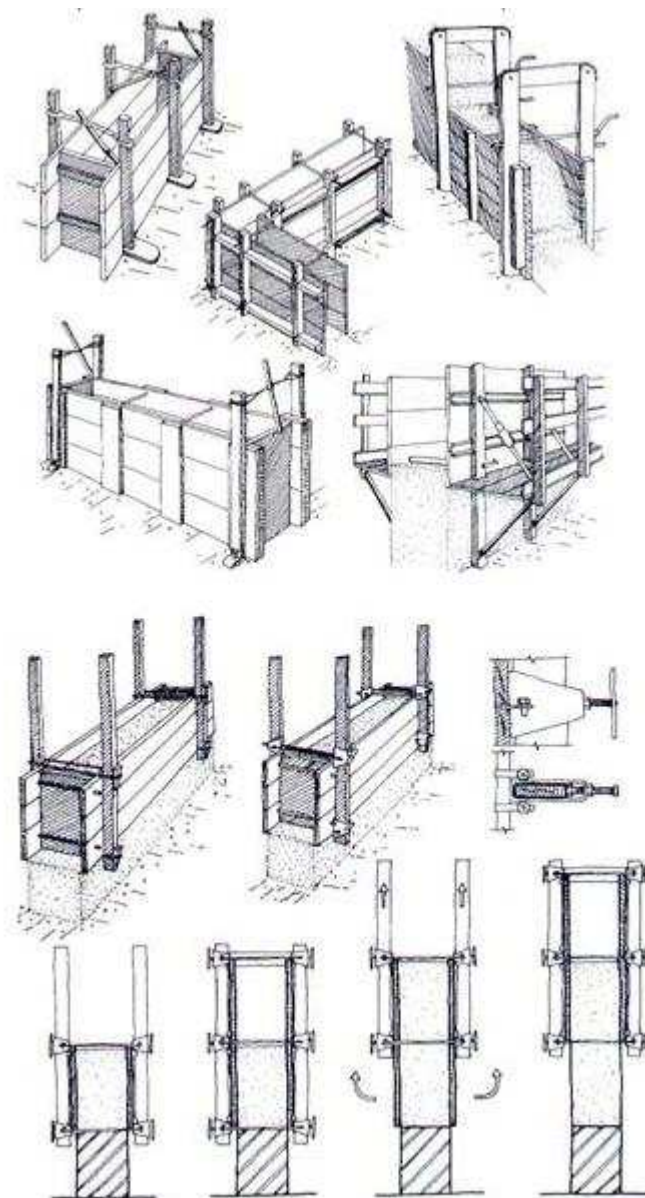


Fig.3.9 – Esquema da construção em taipa

### 3.5.2. ADOBE

Designa-se por adobe o pequeno bloco de forma regular de argamassa de barro ordinário amassado com areia e palha, cortado em forma de tijolo e seco ao sol. Para a construção em adobe, a terra é escolhida em função da sua natureza e da sua composição e depois é misturada com água e fibras vegetais. A terra deve possuir alguma argila, até 30%, e muito arenosa (figura 3.10).

Junta-se água à terra até se obter uma pasta semi-dura, depois é modelada à mão ou preparada num molde. Depois de desenformar o adobe, este é seco ao sol durante pelo menos 15 dias, podendo este tempo variar de região para região, do grau de humidade do ar e da estação do ano. Os adobes podem ter várias dimensões, sendo as mais usadas 5x10x20, 8x10x40 e 10x15x30, mas pode-se fazer também moldes com formas diferentes.

A argamassa utilizada para o assentamento do adobe é normalmente à base de cal e areia, mas nalgumas regiões como por exemplo no Alentejo utilizam-se na composição da argamassa e dos rebocos, misturas de barro, areia, palha fina e água. Este é um dos factores que destaca esta tecnologia da alvenaria de tijolo, pois a utilização de uma argamassa composta com a mesma matéria-prima da unidade não só unifica materialmente a parede como uniformiza a sua cor e textura [2].

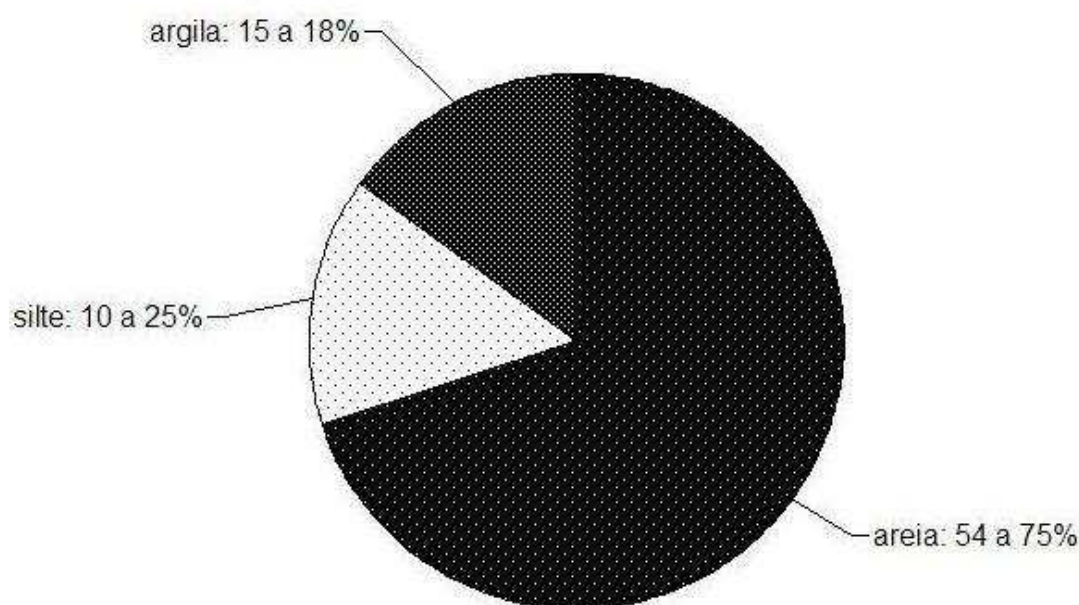


Fig.3.10 – Granulometria para o adobe

As fases construtivas do adobe são as seguintes:

- Após a selecção e mistura da terra, esta é colocada em moldes de madeira, previamente molhados. A mistura varia com as tradições de cada região, com as estações do ano e com a

humidade do ar, mas é essencialmente composta por terra, argila, areias, cascalhos e água, e por vezes palha para fortalecer a sua consistência;

- Segue-se um período de secagem no mínimo de 15 dias (quanto mais tempo melhor) e armazenamento dos tijolos;
- Execução das fundações (em alvenaria de pedra ou betão) e das fiadas. Montam-se as fiadas de adobe perpendicularmente à direcção da parede, até atingir uma espessura mínima de 40 cm;
- Preenchem-se as juntas com argamassa de barro;
- Abertura de vãos;
- Reboca-se a face interior da parede com reboco à base de barro;
- Depois de seco deve-se proceder à aplicação do reboco exterior enriquecido com cal.



# 4

## PROCESSOS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS

### 4.1. EVOLUÇÃO E COMPETITIVIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL

A **alvenaria** é uma das mais antigas técnicas construtivas, tendo sido alvo de aperfeiçoamentos e reinvenções ao longo dos séculos, de forma a poder acompanhar o crescimento das exigências por parte das civilizações. Através da observação das diversas construções que foram sendo feitas ao longo da História, podemos observar a evolução dos sistemas construtivos e tecnologias utilizadas na arquitectura vernacular, sendo notório o elevado conhecimento e mestria com que então se dominava a construção. No entanto, o nosso conhecimento sobre o seu comportamento foi esquecido e é actualmente bastante limitado. A reduzida utilização das alvenarias em Portugal como solução construtiva está relacionada com a ausência de normas e regulamentos para o efeito e com a pouca adesão e motivação por parte dos técnicos e arquitectos. O que se passa nos países estrangeiros mais desenvolvidos em relação às alvenarias é muito diferente do panorama português. Existem regulamentos e ferramentas adequadas, o que transparece no equilíbrio observado entre as diferentes soluções estruturais. Hoje em dia, tanto nos países mais desenvolvidos como nalguns países em fase de desenvolvimento, tem-se vindo a observar uma aposta na investigação e consequente desenvolvimento tecnológico das alvenarias resistentes, o que tem contribuindo para o desenvolvimento da eficácia deste sistema construtivo. Através da investigação feita nesta área nos últimos anos, tem-se vindo a conseguir fabricar componentes cada vez mais eficazes, que permitem uma maior facilidade de montagem do sistema e uma redução do tempo de construção, tornando-a mais económica e com um melhor desempenho. Este aumento da qualidade e eficácia da parede contribui também para uma redução das necessidades de manutenção e todos os custos que esta envolve [1].

O **cimento** é um material com cerca de 100 anos de existência. Desenvolveu-se no século XIX e desde então tem sido largamente utilizado na construção, geralmente reforçado com uma armadura interna em aço, o que o torna extremamente resistente. No entanto, apesar de ser muito resistente, possui uma durabilidade limitada e carece de processos de manutenção e reabilitação eficazes. É também um material não reciclável, sendo que o destino dos entulhos resultantes da demolição de edifícios em betão é ainda um problema por resolver. A construção de edifícios em cimento e aço utiliza tecnologias muito avançadas e consome elevadas quantidades de energia. Sendo a redução de energia um dos objectivos principais a atingir actualmente, quer na construção quer noutras áreas que consomem recursos finitos, é necessário reduzir a energia gasta na construção e na fabricação dos materiais, sem perder de vista os actuais padrões de conforto e exigências funcionais das habitações. Sendo assim, somos conduzidos a uma procura constante de materiais alternativos de menor consumo

energético, maior durabilidade e que respondam de forma satisfatória aos padrões exigidos. Um desenvolvimento sustentado passa pela consideração de materiais já existentes e utilizados na construção, tais como a pedra, a terra ou a madeira. Não há bons nem maus materiais. Há materiais com características próprias, correcta ou incorrectamente utilizados, no desenho, na imagem, na relação com o local. Assim, não é um bom material que faz uma boa obra; é antes a utilização correcta de todos os materiais no conjunto da construção que o fazem. Não devemos, de forma alguma rejeitar ou recusar o uso de materiais e tecnologias industriais, devemos sim aprender a tirar melhor partido dos materiais locais, e tentar harmonizar o seu uso com outros, se necessários [2].

A **pedra** perdeu o seu peso na construção enquanto material estrutural. É um material de extracção difícil e utilizado hoje em dia quase exclusivamente em folha de revestimento. As paredes de alvenaria de pedra são muitas vezes associadas a preços mais elevados, mas o seu bom comportamento térmico proporciona alguns ganhos com a sua utilização ao nível de uma menor necessidade de isolamentos. Tudo depende das necessidades e condições locais. Pode ser utilizada em zonas onde é de fácil aquisição, ficando o cimento com uma função de material aglutinante. É um tipo de construção bastante permeável à água, retendo a terra transportada por esta, sendo um bom material a utilizar em zonas de chuvadas súbitas. Há ainda muita investigação a desenvolver sobre este material, quer em termos estruturais, quer em termos técnicos, mas é ainda hoje difícil encontrar um material com as suas características estéticas e de resistência ao desgaste.

#### **COMPETITIVIDADE**

É necessário que o sistema vernacular inspire confiança e credibilidade de forma a que a escolha do tipo de solução estrutural a adoptar passe pela ponderação do seu uso face a outros sistemas existentes. Actualmente a sociedade vive uma fase de maior exigência e informação por parte do consumidor. O consumidor ao conhecer o produto que está a adquirir, procurará ofertas de baixo impacto ambiental e com garantia de qualidade arquitectónica e de desempenho, quer imediato, quer ao longo da vida. Desta forma, o custo global e a garantia serão cada vez mais importantes. O que se passava antes era que, o consumidor, conhecendo pouco o produto que ia adquirir, centrava a sua preocupação essencialmente no custo imediato em detrimento de outros aspectos, como a qualidade, o custo a longo prazo ou os impactes ambientais.

Atendendo ao elevado número de soluções e sistemas construtivos disponíveis, para a selecção do mais adequado, será necessário averiguar as vantagens e desvantagens de cada um deles, dependendo do tipo de clima, distância até à fonte do recurso, disponibilidade económica, estilo arquitectónico e estética pretendidos.

É importante então que as técnicas de construção tradicionais, nomeadamente as alvenarias resistentes, possuam não só um bom desempenho estrutural mas também que sejam competitivas em relação ao seu desempenho funcional, que passa pelo comportamento térmico, conforto acústico, bom comportamento ao fogo, estética, impermeabilização, em suma, deve-se salientar o seu bom desempenho construtivo e melhorar aspectos menos vantajosos em relação à construção actual dominante. No entanto, o grande número de produtores de materiais para a construção convencional e a abundância de industriais da construção/empreiteiros especializados nas soluções construtivas convencionais, tornam estas soluções mais competitivas ao nível do custo de construção, quando comparadas com outras em que o número de empresas especializadas é muito menor. Desta forma, é de salientar a importância do envolvimento de todos os agentes da construção nesta questão, desde os produtores, investindo na inovação e evolução dos produtos, aos construtores permitindo a implementação de outros sistemas além da estrutura porticada de betão, ao dono de obra arriscando o seu investimento em soluções menos correntes, e finalmente aos projectistas aprofundando não só o

conhecimento deste sistema mas principalmente voltando a apreender os princípios elementares da construção para que a opção construtiva seja um instrumento de desenho da linguagem arquitectónica [3].

A sua utilização tem, tal como todos os sistemas que se utilizam em construção civil, vantagens e desvantagens, no entanto é perfeitamente capaz de se adaptar às novas exigências estéticas, tecnológicas e ambientais.

## **4.2. SUSTENTABILIDADE**

No que diz respeito à sustentabilidade, a construção vernacular demonstrou ser, até ao presente, a mais equilibrada e a melhor adaptada ao meio em que se integra. É normal que assim seja, uma vez que este tipo de construção resulta de séculos de empirismo na adaptação da construção a esse meio. A construção sustentável passa pela utilização de ecomateriais e soluções que permitam economizar recursos finitos como a água e a energia, a redução de poluição, a melhoria da qualidade do ar no interior do edifício e o conforto dos utilizadores. Desde os tempos mais remotos que existe uma consciência ambiental e o aproveitamento das condições do terreno e dos materiais disponíveis e a resposta adequada ao clima eram uma regra. Isto verificava-se na arquitectura vernacular.

Estudos de impactes ambientais salientam a importância de propostas arquitectónicas que tenham uma data de validade elevada em relação às propostas actuais que utilizam produtos com uma reduzida data de caducidade. A escolha de materiais na construção sustentável deve obedecer a critérios de preservação, recuperação e responsabilidade ambiental. Um dos aspectos a considerar nas medidas para a sustentabilidade é a durabilidade dos materiais de construção, assegurando assim um maior tempo de utilização do edifício e reduzindo a procura de materiais e consequentemente, os impactes ambientais.

Só muito recentemente se começaram a debater conceitos de “Arquitectura Bioclimática”. A origem desta arquitectura está na arquitectura tradicional. Os conceitos básicos são importados de uma época em que a inexistência de tecnologias de climatização e iluminação artificiais implicavam uma construção eficiente, optimizada para o local de implantação. Na construção vernacular estamos perante um tipo de construção que incorpora a continuada evolução tecnológica e social em que foi construído e desenvolvido. Construção bioclimática é aquela que permite trazer o melhor do clima exterior para o interior da habitação. Como a arquitectura tradicional se adapta às condições de cada região, a casa tradicional adapta-se às condições climáticas da sua envolvente, possuindo uma relação muito directa com o tipo de clima da região onde se insere.

Do ponto de vista da evolução tecnológica dos métodos construtivos, esta nem sempre tende para uma redução dos impactes. Por vezes tem como único objectivo obter um lucro maior ou uma rapidez maior de execução. No caso do sector da construção civil, a evolução tecnológica traduziu-se em consumos energéticos cada vez mais elevados e uma mobilização cada vez maior de recursos. Com o crescimento da consciência ecológica e com a aplicação da ciência à construção, espera-se que se reúnam cada vez mais esforços de modo a compreender melhor e corrigir o comportamento de alguns sistemas construtivos do passado, que são bastante mais compatíveis com o equilíbrio dos ecossistemas, do que os actuais sistemas construtivos amplamente implementados e disseminados.

### **4.2.1. CONSTRUÇÃO EM TERRA**

A construção em terra possui qualidades que importam tanto a países em vias de desenvolvimento, como a países desenvolvidos, já que responde às incertezas das necessidades energéticas do planeta e do seu meio ambiente. Aliás, o actual renascimento das construções em terra nos países mais industrializados teve origem na resposta à necessidade de se encontrar um material de construção que fosse “emprestado” pela natureza e devolvido depois de ser utilizado, com o menor impacte ambiental possível.

O consumo de água para a produção de uma habitação em terra é sessenta vezes menor que para a do cimento. Não gera vapores contaminantes e não apresenta perigo na sua manipulação, pois sofre um processamento pouco significativo, caracterizado por um baixo consumo energético e onde a energia utilizada é na sua maior parte a solar. Como tal, a energia incorporada neste material é bastante baixa, o que torna esta tecnologia numa possível resposta à crescente necessidade de racionalização do consumo energético. No entanto, apesar da energia incorporada ser a mais baixa entre os materiais de construção conhecidos, a utilização de aditivos, o transporte excessivo e a utilização de certos meios mecânicos podem aumentar a incorporação de energia na construção de terra, pelo que esta só é económica e ecológica quando usada localmente. Com a baixa incorporação de energia, as emissões de gases de efeito estufa (GEE's) associados a esta solução são muito reduzidas, sendo necessário para este tipo de construção apenas 2% da energia utilizada numa construção similar em betão. [3].

Considerando a necessidade crescente da utilização de materiais não poluentes, renováveis e de baixo custo, em oposição aos industrializados, que têm muitas vezes alto consumo de energia, é de fundamental importância que tecnologias como esta sejam resgatadas, porque além de gerarem trabalho e cidadania, possibilitam a integração do profissional com a comunidade em projectos de auto construção [5].

Quadro 4.1 – Consumo de energia na construção de alguns materiais

| <b>Material</b>              | <b>Quantidade</b> | <b>Consumo de energia (kW/h)</b> |
|------------------------------|-------------------|----------------------------------|
| Tijolo maciço cerâmico       | 1 Tijolo          | 3,98                             |
| Bloco de betão               | 1 Tijolo          | 8,5                              |
| Adobe (compactação mecânica) | 1 Tijolo          | 0,73                             |
| Adobe (compactação manual)   | 1 Tijolo          | 0                                |

#### 4.2.2. CONSTRUÇÃO EM PEDRA

A extracção e a refinação da pedra são processos que, por serem mais centrados num trabalho de mão-de-obra, a utilização de energia é bastante menor que o equivalente para o betão ou tijolo. Consequentemente, a pedra não é responsável por um grande nível de gastos energéticos. A extracção da pedra é normalmente um processo mecânico que não necessita de altas temperaturas e podem ser utilizadas várias fontes de energia, como o vento ou a água. Relativamente ao transporte, o elevado peso da pedra faz com que seja preferível a sua utilização em locais próximos da sua extracção. Os principais inconvenientes do local de extracção das pedras são o barulho, as vibrações e o pó. Quanto mais trabalhada a pedra for, maior o efeito destes inconvenientes, o que pode ser evitado usando pedras menos trabalhadas.

Todas as pedras são recicláveis e podem ser reutilizadas na maior parte das vezes. Os materiais recicláveis apresentam vantagens ambientais, pelo facto de esgotada a sua vida útil poderem vir a gerar outros materiais. Sempre que se optar pela reciclagem de produtos, em vez do fabrico de novos materiais, pode-se reduzir o impacto negativo ambiental. Na indústria de construção, grande parte dos

materiais têm baixo potencial de reciclagem. No entanto, há produtos que podem ser reciclados várias vezes mas, hoje em dia, este potencial raramente é aproveitado. [8]

#### 4.3. TRADIÇÃO E CULTURA

Outros aspectos também considerados são os culturais e sociais, que devem ser respeitados, de forma a melhorar ou manter o ambiente e a paisagem da zona onde a construção se insere.

A procura por uma melhoria na qualidade de vida e a busca pelo aperfeiçoamento sempre foi uma característica impulsionadora da sociedade, pois desde sempre o Homem procurou respostas para os problemas da sua coabitação com a natureza. Mergulhou-se num processo interminável de pesquisa que conduziu a novas descobertas, que quase sempre trouxeram consigo mudanças de comportamentos sociais, praticas económicas, tecnológicas e culturais.

Charles Siegel, no seu trabalho *Architecture for Our Time* refere “Ao longo dos anos 60, a visão moderna foi sendo posta em prática e foi fracassando. Os projectos de habitação modernos, construídos por governos idealistas, converteram-se em bairros degradados, erguidos na vertical, que se revelaram piores que os bairros degradados que vieram substituir. As auto-estradas destruíram vizinhanças, e os protestos dos cidadãos locais tornaram virtualmente impossível construir novas auto-estradas no centro das cidades. Nos anos 70, moderno era o *status quo*, e este resultava opressor.”

A arquitectura moderna desencadeou uma ruptura com o passado e com as formas tradicionais de construir. Os arquitectos modernos, de um modo geral, não consideravam a evolução histórica que havia conduzido a construção até à altura, as especificidades de cada cultura e as condições da natureza local. Ignoravam as razões porque os povos tinham elegido determinados modelos arquitectónicos em detrimento de outros, e redefiniram os cânones estéticos considerando irrelevante a herança do passado. Partiam de um pressuposto que todas as pessoas possuíam as mesmas necessidades em relação à habitação, independentemente da região onde residiam, etnia, nível cultural, crenças e religiões. Este tipo de arquitectura tinha a seu favor a rapidez de construção e a diminuição dos custos financeiros e adaptava-se aos objectivos da produção em série da sociedade capitalista. A juntar à imposição de um modelo único para todas as sociedades, juntou-se a ausência de um estudo da relação entre a casa e o local onde se inseria, que deve abranger estudos de ordem ecológica e social [6].

A globalização que se tem desenvolvido a nível cultural, económico e social tem vindo a gerar duas reacções que se contradizem: por um lado torna-se cada vez mais importante a afirmação da identidade de cada país e cada região através da divulgação e continuidade das tradições de cada cultura; Por outro lado observa-se também uma maior exigência de qualidade, apontando para uma massificação de soluções para responder aos parâmetros estabelecidos. Saber resistir a esta uniformização é fundamental e é uma tarefa que envolve não só as diferentes comunidades, mas também os governos, os urbanistas, os arquitectos, os conservadores e vários especialistas noutras áreas disciplinares.

Actualmente, com o “esgotamento” e repensamento da euforia desenvolvimentista que deixou marcas profundas um pouco por todas as cidades do mundo, em época de crise de emprego e de reconversões industriais, talvez o ofício artesanal volte a fazer algum sentido se visto pelo lado qualificador das suas componentes de produção singular [2].

Com a construção Vernacular recuperam-se elementos de singularidade nacional e é possível criar-se uma imagem única e genuína. Este tipo de construção e arquitectura aposta no edifício como uma continuação do ambiente envolvente, respeita o contexto onde este se insere, aproveitando também a topografia do terreno, como se fosse uma extensão da envolvente. O objectivo é integrar o homem no meio ambiente e não separá-lo. Como se sabe, a construção sustentável não é um estilo arquitectónico,

o que significa que os seus conceitos e medidas poderão ser aplicados em praticamente todas as expressões e linguagens estilísticas que existem. É importante voltarmos a olhar para as formas de construir próprias de cada região. A tradição passa a ser um desafio aliciante para o arquitecto e engenheiro, que devem redescobrir e definir uma imagem e um método de construção que se relacione com a cultura e o lugar onde o edifício se insere, aplicando ao mesmo tempo conhecimentos técnicos mais avançados. O desafio significa fazermos com que se salvaguardem os valores culturais que nos vêm do passado sem recusar a transformação que a evolução da sociedade nos exige, rumo ao desenvolvimento sustentável. É importante facilitarmos a implementação de todas as medidas que promovam a atractividade e a optimização do desempenho energético ambiental do meio edificado.

Em “O Problema da Casa Portuguesa”, Fernando Távora comenta que a verdadeira arquitectura nasce da união do Homem com a Terra e será na fusão da verdadeira tradição vernacular (não estudada na data) com os preceitos da arquitectura actual que reside a verdadeira modernidade (não em copiar o passado ou prever o futuro, mas em equilibrá-los no presente).

A integração da arquitectura no meio ambiente deveria ser considerada uma prioridade, uma vez que qualquer acção que provoque desequilíbrios no meio ambiente acabará por se reflectir na qualidade de vida do próprio homem. Esta ausência de qualquer tipo de identificação entre a arquitectura e um determinado lugar, quer se tratando da cultura local quer da natureza, resultou numa rejeição do movimento moderno pelos cidadãos e numa necessidade de o redefinir, tendo em conta a herança vernacular do passado e a consideração pela natureza, quer por parte dos arquitectos quer por parte dos cidadãos. A revalorização da construção tradicional, em tempos associada a subdesenvolvimento e a uma arquitectura menor característica de zonas remotas, começa agora a surgir como resposta ao movimento moderno na tentativa de redefinição da arquitectura contemporânea. Esta revalorização coincide também com a contestação do sistema capitalista, o aumento das preocupações ecológicas e o receio do esgotamento de recursos.

Na Suíça, desenvolvem-se projectos de grande escala em vários pontos do mundo, estudando as tecnologias de cada cultura e usando esses conhecimentos na procura de uma nova linguagem. Em Portugal, numa escala inferior, têm-se desenvolvido projectos de pequenas dimensões onde se aposta na procura das tecnologias mais antigas. As alvenarias resistentes têm sido uma das tecnologias adoptadas nas reconstruções, reabilitações e até mesmo em casos mais pontuais em novas construções. É graças a um trabalho de equipa que envolve os projectistas e os artífices que estas tecnologias não se têm perdido ao longo dos tempos [1].

#### **4.4. ASPECTOS ECONÓMICOS**

Vários estudos realizados em Portugal demonstraram a vantagem técnico-económica de construir paredes em alvenaria resistente face a outras soluções construtivas correntes.

##### **4.4.1. CONSTRUÇÃO EM TERRA**

As crescentes exigências em relação à habitação têm originado uma dificuldade no sector da construção, uma vez que, usando materiais industrializados, a capacidade de produção e os meios económicos requeridos são cada vez maiores e mais exigentes, e por isso, mais difíceis de suportar.

Uma solução que parece viável face a este fenómeno é utilizar materiais naturais locais, mão-de-obra e ferramentas apropriadas, assim como uma integração das técnicas de auto-construção, para o qual a terra é ideal. A terra é o material mais disponível, acessível e

económico no planeta. É um material gratuito, de fácil emprego e inesgotável. A facilidade de obtenção deste material faz com que o seu custo de transporte seja reduzido. É importante mostrar não só com residências e projectos especiais de moradias de baixo custo, mas também com edificações públicas como hospitais, escolas e escritórios, que a terra utilizada correctamente é um material disponível, duradouro e económico [4]. Os custos da construção em terra representam uma questão bastante discutida e que merece opiniões díspares por parte dos técnicos da construção. Para a sua execução em obra ser eficaz, são necessárias máquinas que não estão disponíveis no mercado Português, a manutenção das máquinas é também um factor a considerar, assim como a preparação da mão-de-obra para a condução dessas máquinas. No entanto, o que o cliente pondera na hora de tomar uma decisão é o custo da obra em função das técnicas que estão ao alcance do empreiteiro local, a comparação de custos de execução é feita com o processo convencional de paredes de alvenaria em tijolo. O custo da construção em terra encarece consoante o ritmo de realização da parede. A um ritmo de realização da taipa de 4 a 6 m<sup>2</sup> por dia por 4 operários, por exemplo, a construção encarece entre 5 a 10 % relativamente à construção convencional. Como actualmente se podem conjugar os processos mecânicos com os manuais, tanto na preparação da terra como na sua compactação, este reduzido ritmo de construção das paredes deve-se à falta de conhecimento e especialização de operários e empreiteiros relativamente a esta técnica [10]. Apesar dos custos da construção em terra poderem por vezes ser um pouco superiores à construção convencional, a longo prazo o investimento é compensado com a baixa manutenção e os gastos inferiores em energia. O gráfico apresentado em baixo apresenta os resultados de um estudo comparativo dos custos da construção entre a terra e as técnicas correntes em Portugal. A construção corrente refere-se a uma estrutura em betão armado e alvenarias de enchimento de tijolo furado cozido. A construção em taipa possui paredes exteriores em taipa e paredes interiores em adobe. Para a construção em adobe, utilizou-se uma estrutura em betão armado e a alvenaria de enchimento em adobe. Todas as fundações foram efectuadas em betão. A solução em taipa apresenta um aumento significativo do tempo de obra, pois a execução das alvenarias implica prazos superiores. O custo da mão-de-obra na execução deste tipo de parede torna-a numa solução mais dispendiosa. A solução em adobe fica mais dispendiosa tendo em conta a sua construção, e os prazos são superiores, no entanto este valor é compensado na redução dos gastos de energia na própria execução e a longo prazo (fig. 4.1).

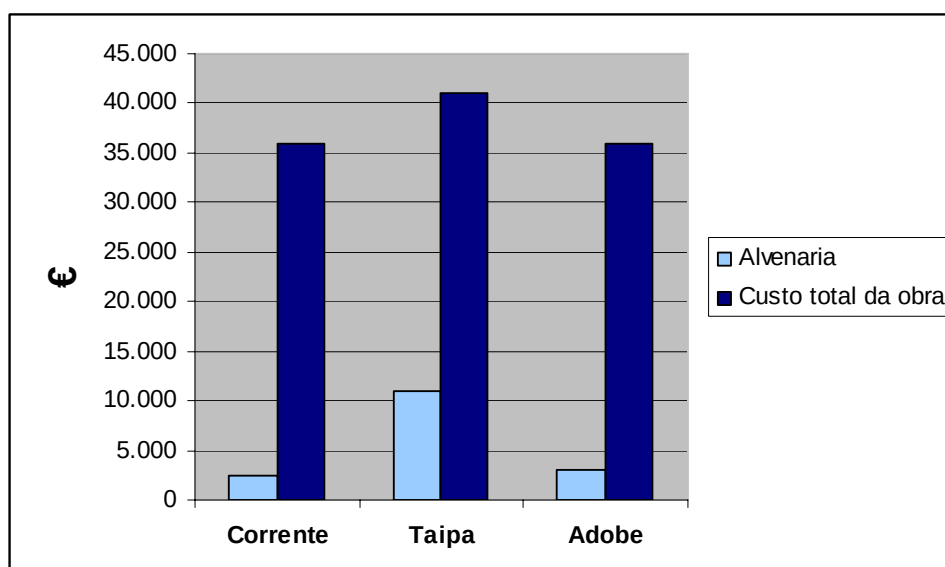


Fig.4.1 – Comparação de custos

#### 4.4.1.1. Taipa

A técnica tradicional da **taipa** é utilizada hoje ainda em países em desenvolvimento, no entanto, é também uma solução apropriada para países industrializados, especialmente onde o clima seja moderado e árido e não existam grandes requerimentos de isolamento térmico.

Sistemas de formas mais sofisticados e uma compactação mediante a utilização de pilões eléctricos ou pneumáticos reduzem os custos de mão-de-obra significativamente. Se for empregado o equipamento adequado e tecnologia mecanizada, esta tecnologia também pode ser económica em países desenvolvidos.

#### 4.4.1.2. Adobe

Apesar da matéria-prima utilizada no **adobe** ser bastante barata, o facto de se utilizarem técnicas artesanais com a elevada incorporação de mão-de-obra nas fases de fabrico dos blocos e assentamento, este tipo de construção só se torna efectivamente mais económica se for executada pelos próprios utilizadores (autoconstrução). Existem actualmente algumas empresas especializadas na produção de blocos de terra, mas o seu preço é bastante elevado, e às vezes até superior ao preço dos tijolos. Segundo uma empresa nacional especializada neste sector, o custo de construção relacionado com esta solução é superior em 10% ao custo médio da construção convencional [12].

#### 4.4.2. CONSTRUÇÃO EM PEDRA

Estudos técnico-económicos efectuados em Portugal [7, 14] referem as vantagens económicas de utilizar paredes em alvenaria resistente em edifícios de pequeno e médio porte. Estas vantagens no entanto dependem bastante da rapidez de execução das estruturas, da distância dos materiais à obra, entre outros factores relevantes.

### 4.5. ASPECTOS TÉCNICOS DA CONSTRUÇÃO EM PEDRA

Como material de construção apresenta algumas vantagens, mas também desvantagens. Como se sabe, o factor que levou à utilização da pedra como material de construção foi o facto de a pedra ser um material que se encontrava facilmente na natureza.

#### 4.5.1. COMPORTAMENTO ESTRUTURAL

Tendo em conta as características dos materiais utilizados, as paredes de alvenaria em pedra estão preparadas para funcionar à compressão, no entanto não suportam tão bem esforços de flexão ou tracção. No caso das acções gravíticas, estas paredes possuem um bom comportamento, sendo que à medida que a parede aumenta em altura, a carga vertical será maior, e nesses casos é necessário ter em especial atenção a encurvadura, que prejudica o comportamento da parede às acções gravíticas. Em suma, a alvenaria de pedra apresenta bom comportamento a acções verticais, sendo preferível a sua utilização em edifícios que não excedam os 3 pisos. Este comportamento satisfatório refere-se a paredes com um aparelho montado segundo uma série de regras já referidas.

Quanto às acções horizontais, o comportamento da parede é variável, desde muito fraco a satisfatório, dependendo do tipo de parede. Se a pedra utilizada for de boa qualidade e as unidades estiverem bem encaixadas, o travamento da parede é satisfatório e melhora o comportamento sísmico. As paredes de pedra regular com aparelho paralelepípedo e com as unidades abrangendo toda a largura da parede são consideradas como a melhor solução quanto ao comportamento às acções sísmicas. As alvenarias com pior comportamento são as de aparelho de pedra seca e com unidades irregulares, pelo que devem ser evitadas em zonas de risco sísmico. Relativamente aos materiais constituintes da parede, em zonas

sísmicas, é indicado para a pedra um valor mínimo de tensão de rotura à compressão de 3Mpa, e as argamassas devem ter um valor característico de tensão à rotura à compressão aos 28 dias superior a 8Mpa [7].

#### 4.5.2. OUTROS ASPECTOS TÉCNICOS

##### 4.5.2.1. Trabalhabilidade e disponibilidade

Quando há falta de mão-de-obra especializada, a alvenaria é mais fácil de construir do que uma estrutura em betão armado que tem muitos pormenores construtivos importantes. No entanto, a pedra é dificilmente trabalhável, especialmente o granito.

##### 4.5.2.2. Resistência ao fogo

A pedra é um material incombustível (classe M0).

##### 4.5.2.3. Estanquidade ao ar e à água

As paredes de pedra argamassada possuem um comportamento satisfatório no que respeita à estanquidade, devendo estas ser bem ventiladas para que esse comportamento seja mais eficaz.

##### 4.5.2.4. Conforto térmico

As paredes de pedra possuem um comportamento térmico menos satisfatório que as paredes em tijolo ou betão, sobretudo se estas forem duplas. É muito difícil conseguir um isolamento térmico que satisfaça o grau de conforto desejável recorrendo apenas à alvenaria. Para isso, é necessário a incorporação de outros materiais como a cortiça, a espuma rígida de poliuretano, o poliestireno expandido moldado ou extrudido, a espuma de PVC, a lã mineral (placas ou mantas), os grânulos de argila expandida, etc.

##### 4.5.2.5. Conforto acústico

O isolamento aos ruídos aéreos nas alvenarias de pedra é satisfatório, devido à elevada massa das paredes.

##### 4.5.2.6. Durabilidade

As paredes de alvenaria em pedra possuem uma elevada durabilidade, superior às alvenarias de outros materiais. No entanto, qualquer material, por mais resistente que seja, está sujeito à degradação, pelo que se devem conhecer os principais factores que levam à degradação de cada material de forma a protegê-los melhor. Os agentes climatéricos e atmosféricos são considerados os causadores principais de alterações nos materiais de construção. No caso das pedras, a acção do clima (chuva, vento e temperatura) é um factor que integra o ciclo geológico natural, sendo o principal responsável pela degradação destas.

Alguns factores que podem determinar a alteração das pedras utilizadas na construção são [7]:

- O tipo de pedra, nomeadamente a sua composição química, a estrutura de vazios interiores da pedra, as propriedades mecânicas dos minerais que a compõe e do tipo de alterações a que foi submetida;
- O clima, a acção da água, do gelo, do vento e da variação de temperatura;
- As cargas a que está sujeita, eventuais rachas provocadas por sismos ou por assentamentos do terreno;
- A presença de sais solúveis e de compostos minerais que reajam com os gases atmosféricos devido à poluição;

- Factores microbiológicos, como o ataque de fungos.

No Quadro 4.2 são apresentadas comparações entre as alvenarias resistentes e as estruturas reticuladas em betão armado

Quadro 4.2 – Comparação entre estrutura reticulada em betão armado e estrutura em alvenaria resistente

| <b>Parâmetro a analisar</b>  | <b>Estrutura reticulada em betão armado</b>          | <b>Estrutura em alvenaria resistente</b>                                    |
|------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Alvenaria                    | É normalmente considerada como uma acção permanente  | Constitui o sistema estrutural                                              |
| Fundações                    | Concentra as cargas no solo                          | Reparte as cargas em maiores áreas do solo                                  |
| Cofragem e armaduras         | Em maior número e mais complicadas                   | Cofragem e armaduras reduzidas e simples                                    |
| Consumo de aço e betão       | Superior à estrutura em alvenaria resistente         | Inferior à estrutura em betão                                               |
| Paramentos                   | Descontinuidade nas espessuras de parede \ estrutura | Continuidade nas espessuras de parede                                       |
| Revestimentos                | Quantidades superiores, mais dificuldade             | Quantidades inferiores, simplicidade                                        |
| Execução                     | Trabalhos mais longos, elevada racionalização        | Trabalhos mais rápidos, permite trabalhos simultâneos, menor racionalização |
| Mão-de-obra                  | Mais diversificada                                   | Menos diversificada                                                         |
| Argamassa                    | Simples, controlo reduzido                           | Exigem controlo                                                             |
| Modificações arquitectónicas | Simples                                              | Execução difícil e dispendiosa                                              |
| Limitações arquitectónicas   | Reduzidas                                            | Exige concepção específica                                                  |

#### 4.5.3. LIMITAÇÕES

As principais patologias das alvenarias, como material estrutural, relacionam-se frequentemente com:

- Muito fraca resistência à tracção;
- Resistência à compressão muito dependente do volume de vazios e, no caso de paredes compostas, do grau de confinamento dos paramentos;
- Fraca resistência ao corte;
- Mecanismo de rotura frágil.

As patologias em paredes, como elemento estrutural, relacionam-se com fenómenos de instabilidade, local ou global, associados geralmente a:

- Deficiente integridade estrutural (fraca ligação entre elementos estruturais);
- Fraco imbricamento na secção da parede;
- Esbelteza excessiva;
- Deficiente contraventamento;

- Reduzida ductilidade.

Interessa identificar e distinguir entre patologias inerentes ao comportamento estrutural (aspectos ligados à concepção/construção) e patologias inerentes ao comportamento da alvenaria como material (dependente das características dos materiais utilizados, das técnicas construtivas, da tipologia da secção, etc). No entanto, as patologias nas alvenarias estruturais manifestam-se, geralmente, como uma combinação destas vertentes, sendo por vezes difícil atribuir-lhes uma origem específica [13].

As patologias observadas neste tipo de parede estão quase sempre relacionadas com o comportamento que apresentam face à ocorrência de um sismo, ou ainda em causas relacionadas com o comportamento deficiente das fundações e da própria parede. No caso de surgirem, no seu interior, tensões de tracção ou de flexão, a tendência é para a abertura quase imediata de fissuras. A durabilidade da pedra pode ser comprometida por essas eventuais fissuras que possam surgir, ou por uma porosidade desadequada. Nestes casos, pode-se aplicar uma pintura com revestimento protector do tipo verniz, e preencher as fissuras com uma argamassa tixotrópica monocomponente à base de cimento, areias seleccionadas, sílica de fumo, resinas sintéticas e reforçadas com fibras de poliamida [7].

De um modo geral, a vulnerabilidade sísmica dos edifícios de alvenaria é elevada e os danos mais correntemente observados, após ocorrência de um sismo intenso, são devidos à desagregação das alvenarias, que resulta principalmente das acelerações elevadas que se desenvolvem perpendicularmente ao plano das paredes, mais importantes nas zonas superiores dos edifícios. Mesmo que os elementos estruturais tenham capacidade para, por si, resistirem a esforços elevados, se não estiverem interligados adequadamente, não ficará assegurada a estabilidade global do sistema e pode ocorrer colapso. Pode considerar-se a existência de ligações deficientes ou inadequadas a causa principal da elevada vulnerabilidade dos edifícios de alvenaria. Quando as ligações entre paredes perpendiculares são insuficientes ou aparentam alguma deficiência, o efeito benéfico de contraventamento conferido pelas paredes transversais reduz-se consideravelmente.

A elevada espessura exigida às paredes de alvenaria resistente conduz a um baixo aproveitamento da área potencial habitável: A grande espessura, geralmente superior a 40cm, está ligada, não apenas ao facto destas paredes serem resistentes, mas também à necessidade de fornecerem uma suficiente capacidade de isolamento térmico e acústico, bem como disporem de massa térmica.

O elevado custo, tanto no material como na mão-de-obra, é também uma desvantagem deste tipo de parede.

Por fim, temos a execução bastante morosa e a cada vez maior dificuldade em garantir mão-de-obra especializada, necessária neste tipo de construção; A dureza dificulta o trabalho da pedra, sendo por isto vantajoso executar este trabalho próximo à extracção, porque a água da pedreira, que permanece em seus interstícios e vazios, facilita muito a acção das ferramentas.

#### 4.5.4. TECNOLOGIAS APLICÁVEIS NAS ALVENARIAS RESISTENTES

Como se refere no capítulo 3, uma solução viável para a resolução do problema do comportamento aos sismos das alvenarias resistentes é a utilização de alvenaria armada ou confinada.

##### 4.5.4.1. Elementos de confinamento

O recurso a elementos de confinamento nas pedras de alvenaria tem como função a solidarização global do edifício. Melhora a resistência à compressão das alvenarias através do seu confinamento e de uma melhor ligação entre os paramentos. São geralmente utilizados montantes e cintas, que devem ser

colocados em lugares estratégicos da parede. As cintas, que são elementos horizontais de confinamento, devem localizar-se no mínimo em cada pavimento, nunca com distâncias entre elas superior a 4 metros, e também no topo das paredes suportando a cobertura. Os montantes (elementos verticais) devem ser introduzidos no cruzamento, cunhais, intersecções e mesmo no pano de paredes, ou seja, em pontos escolhidos mediante alguns cálculos, para que o seu afastamento seja equilibrado.

Os elementos de confinamento devem ser em betão armado, de preferência com uma classe não inferior a C12/15. A betonagem dos elementos de confinamento deve ser feita directamente contra os elementos da alvenaria, e estes devem ter uma secção transversal que ocupe toda a espessura da parede.

#### 4.5.4.2. Reforço

As resistências das alvenarias podem ser melhoradas com recurso a reforços, que podem ser introduzidos nas paredes de alvenaria na de sua construção para fornecer uma resistência adicional e controlar a fissuração, ou posteriormente, em reparações ou reabilitações decorrentes de acções accidentais. Existem vários tipos de reforços, normalmente este é efectuado através de ligadores metálicos ou varões de aço, sendo comuns as seguintes situações:

- Reforço horizontal

Os reforços são introduzidos nas juntas entre os blocos de pedra, espalhados na argamassa de assentamento, e conferem um aumento da resistência da parede às acções horizontais (fig. 4.2 e 4.3).

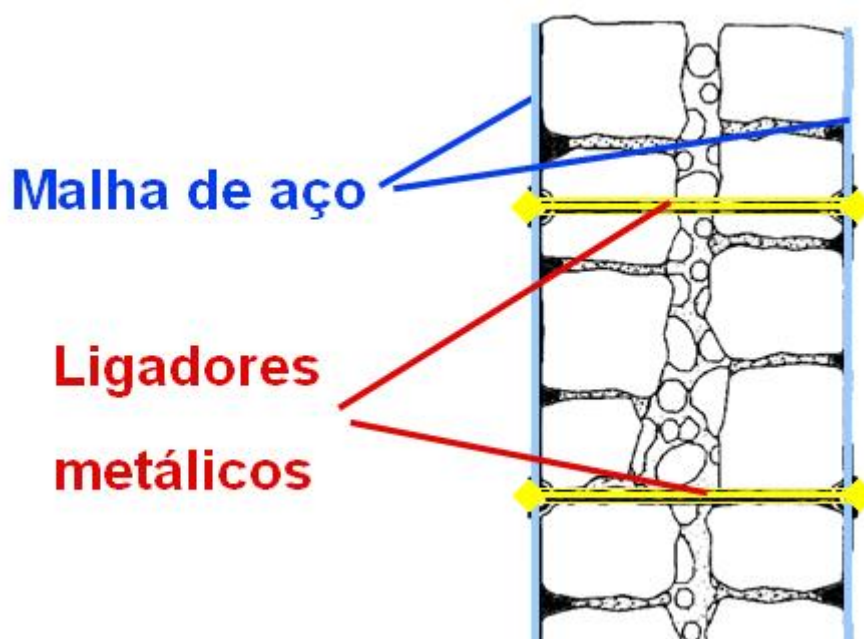


Fig.4.2 – Pormenor de uma parede de alvenaria de pedra com reforço



Fig.4.3 – Pormenor de reforço horizontal

- Reforço vertical

São colocados na alvenaria ao alto e ao longo da argamassa de assentamento e se a parede possuir reforços horizontais, devem ficar ligados a estes, o que garante um comportamento monolítico da parede. Os reforços verticais conferem à parede resistência à compressão e ductilidade, sendo que as alvenarias de pedra não precisam muito deste tipo de reforço uma vez que possuem um bom comportamento à compressão. Geralmente este tipo de reforço é executado em montantes de betão armado, que conferem um comportamento dúctil à estrutura, e por vezes, por razões estéticas, os montantes de betão são substituídos por tirantes verticais metálicos que podem ser introduzidos no interior da alvenaria ou ser colocados no exterior.

A execução das uniões de alvenaria aos montantes de betão deve ser efectuada mediante algumas regras. É frequente que entre a alvenaria (blocos de pedra) e os elementos de betão armado (montantes e travessas) ocorram esforços consideráveis devido ao espaço que normalmente é deixado entre estes dois elementos. Deve deixar-se metade de um bloco de pedra em média para se efectuar um enchimento com o betão do próprio montante de modo a solidarizar a ligação.

#### 4.6. ASPECTOS TÉCNICOS DA CONSTRUÇÃO EM TERRA

Como material de construção, apresenta tal como a pedra, algumas vantagens e desvantagens. O actual renascimento das construções em terra nos países mais industrializados teve origem na resposta à necessidade de se encontrar um material de construção que fosse “emprestado” pela natureza e devolvido depois de ser utilizado, com o menor impacte ambiental possível. É, por isso, importante estudar e melhorar o seu comportamento, de modo a estimular a sua utilização. Do ponto de vista construtivo, a construção em terra pode ser articulada com sistemas de construção contemporânea, quer seja de madeira, betão, aço ou outro material compósito. Esta articulação requer cuidados específicos nas ligações entre os diferentes materiais, sendo desde sempre um motivo de estudo por parte de arquitectos e engenheiros.

##### 4.6.1. COMPORTAMENTO ESTRUTURAL

Vários estudos se têm feito relativamente ao comportamento estrutural das alvenarias de terra e ao seu melhoramento. As paredes em taipa ou em adobe possuem uma boa resistência à compressão, no entanto o seu comportamento aos sismos possui algumas limitações. Os problemas estruturais das alvenarias em terra surgem associados a uma má concepção estrutural ou a solicitações muito fortes como é o caso dos sismos, movimentos das fundações, etc. A humidade ou o contacto da parede com a água é também responsável pelas patologias a nível estrutural pois são fenómenos que destroem a resistência do material.

A título de exemplo, pode-se referir a iniciativa que o “Building Construction Board of Appeals” lançou, criando uma norma para as construções em adobe no condado de San Diego, de modo a que estas construções sejam consideradas satisfatórias, com as seguintes regras:

- A altura da parede não poderá exceder 8 vezes a sua espessura;
- A estrutura deverá possuir apenas um piso;
- Os tijolos em adobe devem ser testados num laboratório reconhecido de forma a assegurar a resistência e durabilidade do tijolo;
- Um lintel de betão tem de ser construído no topo da parede de adobe de forma a amarrar o telhado e sôtão às paredes de forma consistente;
- Na construção do telhado e sôtão só deve ser utilizada madeira maciça ou contraplacados prensados;
- Todas as estruturas deverão ser calculadas por um engenheiro ou arquitecto licenciado na Califórnia.

#### 4.6.2. OUTROS ASPECTOS TÉCNICOS

##### 4.6.2.1. Trabalhabilidade e disponibilidade

O material utilizado na construção em terra está ao alcance de todos, sendo inesgotável e fácil de trabalhar. A particularidade da construção em terra é que para a sua realização, é sobretudo necessário um esforço laboral elevado. Não é tanto um gasto em energia e dinheiro mas mais em mão-de-obra. Numa investigação levada a cabo pelo “Norwegian Building Research Institute” descobriu-se que a construção de uma parede em betão com o respectivo acabamento demora 3,3 horas por metro quadrado, uma parede em tijolo demora 3 horas por metro quadrado e uma parede em terra demora entre 5 e 7 horas por metro quadrado, dependendo dos recursos mecânicos ou manuais que utiliza [11].

##### 4.6.2.2. Resistência ao fogo

Sendo a terra uma material incombustível, apresenta um óptimo comportamento ao fogo.

##### 4.6.2.3. Conforto térmico

As características naturais da terra igualam as melhores características isolantes de outros bons materiais, nalguns casos até com vantagens. Em termos de conforto térmico, podemos contar com a excelente massa térmica associada ao muro de terra, o que permite no Inverno, conservar o calor no interior da habitação e no Verão, reter no espaço interior, o ar fresco.

##### 4.6.2.4. Conforto acústico

A elevada massa associada ao muro de terra amortece a transmissão das ondas sonoras, o que torna a taipa um bom isolante sonoro.

##### 4.6.2.5. Durabilidade

Existem edifícios em terra com vários séculos de existência, que ainda se encontram em perfeito estado de conservação. Regra geral, as construções em terra apresentam uma elevada durabilidade, mantêm a sua estabilidade estrutural durante séculos, desde que devidamente protegidas contra as condições climáticas mais severas, ou seja, é necessário efectuar uma manutenção cuidada neste tipo de construção para que esta possua longevidade. A água é sem dúvida o principal problema que tem a construção com terra. O desgaste face à chuva, as infiltrações do terreno e a condensação de vapor nas paredes são os factores com os quais se deve ter especial atenção.

#### 4.6.3. LIMITAÇÕES

Este material tem dois pontos onde ainda é necessário desenvolver algum trabalho e que limitam o seu pleno funcionamento, que são a sua fraca resistência à água e à humidade, e a fraca resistência à tracção. Existem várias situações que podem comprometer a eficácia da terra na construção, como por exemplo:

##### 4.6.3.1. Acções mecânicas

Algumas acções mecânicas (quando sujeitam a parede a esforços de tracção ou flexão) podem provocar danos estruturais nas paredes de terra, como a fendilhação (que facilita o acesso da água) até à própria rotura e colapso da construção. Os efeitos da acção sísmica são talvez os mais gravosos, especialmente se existirem deficiências ao nível do contraventamento das construções.

##### 4.6.3.2. Erosão

A acção da chuva, do vento, dos seres vivos e dos sais solúveis higroscópicos pode provocar erosão nas paredes de terra crua. O impacto da chuva, directo ou repetido, vai alterando a superfície dos elementos exteriores dos edifícios, provocando desgaste. As escorrências de água da chuva sobre uma superfície contribuem para a erosão dessa superfície. O vento tem uma acção mecânica, tanto mais forte quanto maiores forem as partículas em suspensão. Esta acção poderá ainda ser reforçada se houver contacto com água.

##### 4.6.3.3. Infiltração e absorção da água

A presença da água em contacto com os elementos de construção conduz à absorção dessa água por parte das paredes de terra crua por ascensão ou difusão capilar ou por infiltração pela fendilhação existente. As consequências principais da infiltração e da absorção da água são uma diminuição da resistência mecânica e do isolamento térmico, a dilatação/retracção do material (provocando novas fendilhações, a que se seguem maiores infiltrações) e o desenvolvimento de vegetação parasitária.

##### 4.6.3.4. Condensação de vapor de água

A existência de vapor de água em excesso e a ocorrência de situações propícias a que esse vapor de água condense à superfície ou no interior dos elementos da construção pode provocar um humedecimento do material, geralmente localizado na superfície interior do elemento em contacto com o exterior, ou na interface interna entre materiais diferentes, ou ainda na espessura de um material. As consequências da condensação são o risco de degradação por desenvolvimento de fungos e bolores, a redução do isolamento térmico, a diminuição local da resistência mecânica e o risco de descolamento do acabamento ou do revestimento (mais ou menos associado a uma espessura da parede) pela acção da hidratação/cristalização dos sais solúveis higroscópicos.

Pode-se ainda referir aspectos a evitar como a construção da habitação sobre um terreno com fraca resistência às cargas transmitidas, a má concepção da estrutura – fundações sub dimensionadas, excentricidade da estrutura, paredes não travadas, sobrecarga na cobertura, punçoamentos locais, etc.

A limitada resistência mecânica e à água podem ser melhoradas através de disposições construtivas adequadas e através de diferentes processos de estabilização de solos, que permitem conferir à terra determinadas características específicas. Através da estabilização pode tornar-se um solo que, à partida, não apresentava muito boas condições para ser utilizado em construção (por exemplo por ser demasiado argiloso), num solo adequado a este tipo de construção. A estabilização pode ser de três tipos [9]:

- Mecânica – sem introdução de nenhum material exterior, mas resultando apenas do recurso, por exemplo, a técnicas de compactação ou extrusão;
- Física – através da introdução, em mistura com a terra crua, de estabilizantes inertes – minerais ou fibras;
- Química – recorrendo à introdução de componentes de que resulte uma acção química ou físico-química – como seja o caso de ligantes ou hidrófugos.

De uma forma genérica (e exceptuando acções mecânicas) pode dizer-se que o estado de conservação das construções em terra crua dependerá, essencialmente, da eficiência de três aspectos fundamentais: um bom corte de capilaridade nas fundações e uma boa protecção do soco das paredes exteriores, um revestimento das paredes que efectivamente as proteja e uma boa cobertura (se possível inclinada, com prolongamento em beiral, afastando da superfície da parede).

#### 4.6.4. NOVAS TECNOLOGIAS NA APLICAÇÃO DE TERRA NA CONSTRUÇÃO

O abandono deste material na construção civil, ou a redução da sua utilização, deveu-se em parte a uma falta de conhecimentos relativamente a aspectos ligados à resistência estrutural e a processos construtivos adequados. A introdução de técnicas inovadoras pode desfazer preconceitos em relação a este tipo de construção e promover a sua utilização no mercado da habitação e construção. A terra não tem uma resistência a esforços de compressão tão elevada como outros materiais actuais, e praticamente não resiste a esforços de tracção. Com os avanços quer da qualidade e durabilidade, quer das exigências funcionais que se observa actualmente, a construção em terra para ser competitiva deve incorporar outro tipo de materiais e técnicas. Para credibilizar a sua utilização é necessário um aprofundamento de conhecimentos e de processos e técnicas construtivas, que é o que se tem vindo a fazer desde há algum tempo, sobretudo no meio académico. As inovações neste tipo de construção consistem, sobretudo, no desenvolvimento de soluções de estabilização do solo que trazem melhorias significativas em termos de durabilidade, economia, sustentabilidade e estética.

A construção em terra actualmente é feita recorrendo a técnicas que podem ser rudimentares até procedimentos mais sofisticados e mecanizados. A **fase da produção** tem uma importância considerável sobre a qualidade do produto final e sobre a sua economia. Desta forma, uma aposta na optimização da produção pode ser decisiva para a aceitabilidade e fiabilidade económica do produto final. Qualquer técnica de construção em terra actualmente recorre a outros materiais para reforço estrutural. Para execução da laje de fundação é comum utilizar o betão. Para os lintéis de coroamento é utilizado o betão armado e a madeira, e a cobertura tem por vezes uma estrutura em madeira ou derivados da madeira de modo a garantir uma maior leveza da cobertura.

A aposta na melhoria de técnicas de **estabilização** é também de extrema importância, uma vez que esta garante à terra uma melhor resistência mecânica (une ou melhora as ligações existentes entre as partículas), um aumento da coesão, reduz a porosidade e as variações de volume, melhorando assim a resistência à erosão do vento e da chuva, reduz a abrasão da superfície e permite uma maior impermeabilização do material (pois preenche os vazios que não se podem suprimir). O processo de estabilização da terra é uma prática utilizada desde há muitos anos, no entanto só recentemente se começou a pesquisar de forma científica, daí que estejam sempre a aparecer técnicas melhoradas e mais eficazes. Relativamente à estabilização física, a adição de fibras permite aumentar a resistência mecânica da terra, uma vez que diminui a fissuração no processo de secagem, permitindo distribuir as fendas de retracção da argila por todo o material. Vários estudos indicam que a adição de fibras permite aumentos de resistência na ordem dos 15% para esforços de compressão, em relação ao mesmo material sem adição de fibras. A adição de cimento à terra permite a aglomeração das partículas estáveis e uma reacção com a argila, tornando-a mais estável. A utilização de betume

aumenta a resistência da terra à água, melhorando a coesão de solos pouco colantes. Actualmente as pesquisas no campo da estabilização centram-se na estabilização química através de resinas sintéticas.

Temos também a técnica de **isolamento sísmico**, aplicável geralmente em edifícios mais importantes ou edifícios onde outras técnicas sejam rejeitadas. O seu funcionamento actua através da absorção e dissipação das forças sísmicas e vibrações, com o recurso a aparelhos colocados entre a fundação e a supra-estrutura.



# 5

## CASOS DE ESTUDO

Têm-se desenvolvido em Portugal projectos de pequenas dimensões onde se aposta na procura das tecnologias mais antigas. Alguns autores fazem referência a um novo entendimento da arquitectura, fazendo uso de materiais e sistemas construtivos vernaculares, pelo que, em zonas onde a pedra é um material abundante e se continuou a utilizar na construção “popular”, encontram-se hoje em dia exemplos de arquitectura “erudita” nos quais a utilização de pedra estrutural se apresenta com aspectos inovadores.

Alguns exemplos disto podem-se encontrar por exemplo no Norte do país, onde uma arquitectura tradicional de pedra e algumas intervenções de arquitectos conseguem ser conjugadas e reinventadas. Estes projectos são conseguidos através da pesquisa e experiência de alguns profissionais relativamente a essas tecnologias ou pelo trabalho directo com os artífices de cada região, estabelecendo uma relação entre projectista e mestre-de-obras apenas possível numa escala de trabalho mais pequena. É graças a um trabalho de equipa que envolve os projectistas e os artífices que estas tecnologias não se têm perdido ao longo dos tempos.

Os projectos apresentados seguidamente demonstram como é possível obter resultados excelentes conjugando técnicas tradicionais com uma linguagem e metodologia mais actual e contemporânea.

### 5.1. QUINTA DA GRAMELA

#### 5.1.1. FICHA TÉCNICA

**Data do projecto de arquitectura** Janeiro de 2003

**Data de construção** Janeiro de 2004/Dezembro de 2005

**Local** Bairro da Bela Vista, Quinta da Gramela, Pombal

**Projecto de Arquitectura** Pedro & Rita arquitectos, Lda.

**Projecto Geral** Pedro Santos, Rita Cordeiro

**Engenharia** João Catarino

**Empreiteiro geral** Cirun Construções

**Canalização/Electricidade** Canalfixe

**Carpintarias** Manuel António

**Serralharias** Carlos Cozinheiro

**Impermeabilizações** Lusomi

**Cobertura** Joaquim Mendes

**Vidros** Biseladoram

**Pintura** Paulo José

**Mobiliário** Móveis80

## Automatismo Emsd

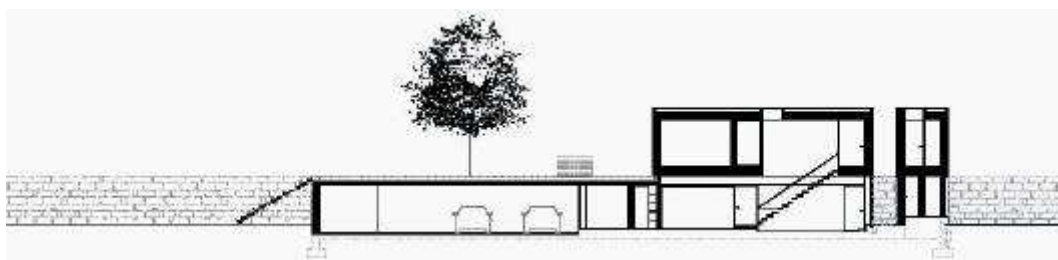


Fig.5.1 – Corte

### 5.1.2. CARACTERIZAÇÃO

#### 5.1.2.1. O terreno e as funções ecológicas do solo

É importante manter a inclinação do solo para que a implantação do edifício possa ser feita de forma integrada no relevo da área em causa e aproveitado as potencialidades que este pode dar. Pretende-se com esta estratégia a remoção mínima de solo e consequentemente a sua compactação e degradação. Ao assegurarmos as áreas de infiltração natural garante-se que a água se infiltra no solo e subsolo recarregando os lençóis freáticos e os aquíferos [1].

A área de implantação de um edifício deve ser a mínima possível mas adequada de modo a obter-se boas condições de implantação e orientação no terreno. Cada metro quadrado da natureza que ocupamos com construções inertes para albergar as actividades humanas reduz a capacidade da terra de se regenerar e de produzir o que precisamos para nos alimentar e para os demais produtos consumíveis que ela nos fornece [1].

O terreno envolvente desta habitação, situada no limite das planícies do rio Arunca, é marcado por um talude, e é fortemente caracterizado pelos diferentes níveis de cota. O projecto foi adequado às duas cotas distintas existentes.



Fig.5.2 – Pormenor do desnível do terreno envolvente

#### 5.1.2.2. Materiais

Relativamente aos materiais, existem três aspectos a ter em conta na selecção dos mesmos:

- A distância que os materiais percorrem para chegar ao local onde são utilizados na construção de um edifício, que tem um impacto na medida em que o respectivo transporte utiliza energia. A utilização de materiais locais contribui para a integração da construção no local em termos de aspecto e economia, uma vez que utiliza produtos da região;
- O edifício deve também ser projectado de modo a que dure o maior tempo possível; A selecção de materiais com elevada durabilidade contribui para a durabilidade do edifício, para a minimização do consumo de materiais e para a minimização da produção de recursos;
- Por fim, com o objectivo de reduzir a necessidade de extracção de novos materiais, é preferível a utilização de materiais reciclados, reutilizáveis ou renováveis.

Esta casa localiza-se em Pombal, concelho de Amarante, zona onde o granito é abundante e construir em pedra ainda é economicamente viável. A utilização do granito na construção desta habitação e na modelagem do terreno (fig. 5.3) foi uma das premissas do projecto, impostas não só pelo cliente como também pelas características do local. O granito é, neste caso, um material local, com uma excelente durabilidade e reutilizável. O desafio de projectar uma casa com uma distribuição espacial que respondessem a uma vivência actual e usar uma matéria-prima utilizada na construção tradicional da região foi assim bem conseguido.



Fig.5.3 – Pormenor dos materiais utilizados



Fig.5.4 – Pormenor de muros em granito

#### 5.1.2.3. Integração na paisagem e valorização local

Este é também um critério de sustentabilidade que visa minimizar os impactes da implementação de uma estrutura no local, e ajudar a melhorar a integração desta na área que a envolve, do ponto de vista paisagístico. O desenho desta habitação foi feito a pensar na sua relação com o exterior, tentando-se captar e realçar a serenidade da zona rural onde este se insere. As qualidades visuais, acústicas e tácteis dos materiais, especialmente da pedra, criam um mapa da habitação e da paisagem que a rodeia. Os edifícios circundantes são também predominantemente em pedra.

#### 5.1.2.4. Sistema construtivo

O sistema construtivo adoptado teve por base a utilização das paredes exteriores de alvenaria de granito no piso inferior como função resistente e de suporte para a estrutura do piso superior em betão armado. Desta forma, o piso térreo é constituído por um largo muro de suporte em pedra, que alberga todo o programa de serviços domésticos e garagem. O piso superior dos quartos descansa sobre o dito muro, projectando-se sobre a sala de estar limitada a panos de vidro, fragilizado pelo deslocamento do pilar no limite da viga. O volume de betão esconde os vãos e valoriza a privacidade [2].

As paredes interiores de tijolo e as exteriores de pedra de granito com 40 cm de espessura são elementos resistentes contínuos, verificando-se assim que os espaços interiores seguem uma rígida composição ortogonal, que corresponde à concepção estrutural do edifício, e são cobertos por uma grande pala poligonal, assente em duas grandes paredes de alvenaria de granito.

A casa tem uma planta quadrada. Uma das esquinas encontra-se aparentemente apoiada na parte superior do talude (na realidade apoia-se sobre o piso inferior) e as outras três esquinas apoiam-se sobre a parte baixa do terreno.



Fig.5.5 – Sistema Construtivo

#### 5.1.2.5. Plantas e perfis

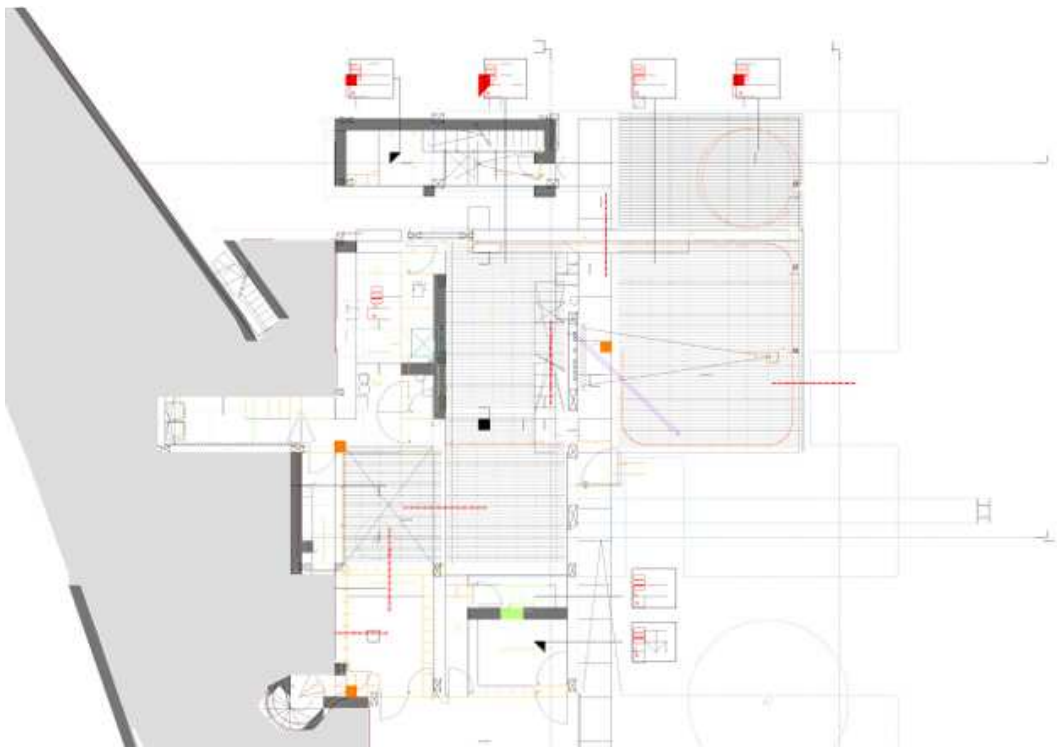


Fig.5.6 – Planta do piso 0

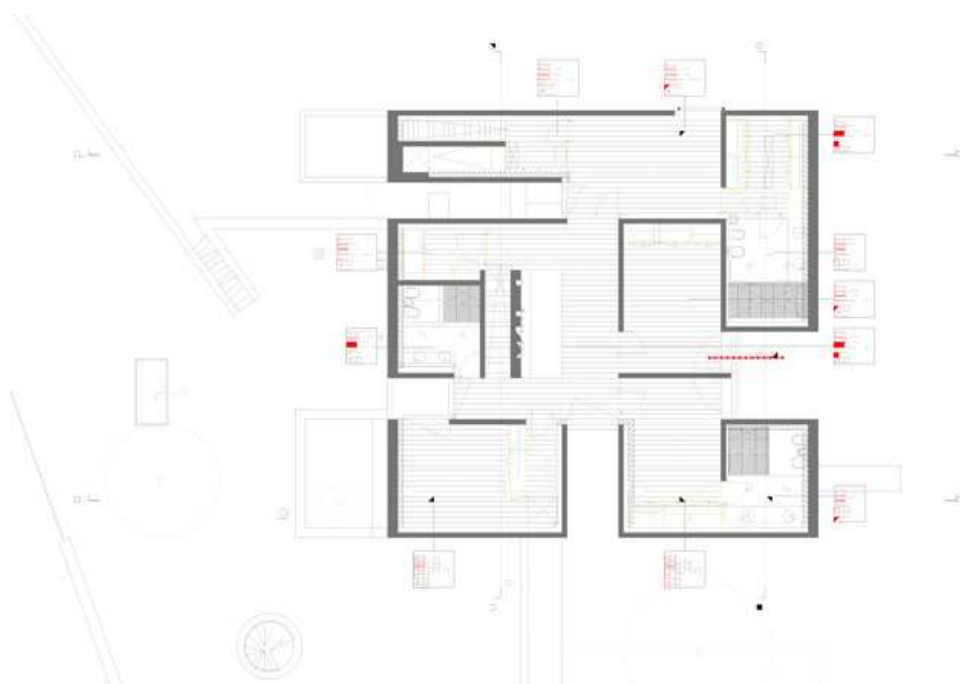


Fig.5.7 – Planta do piso 1

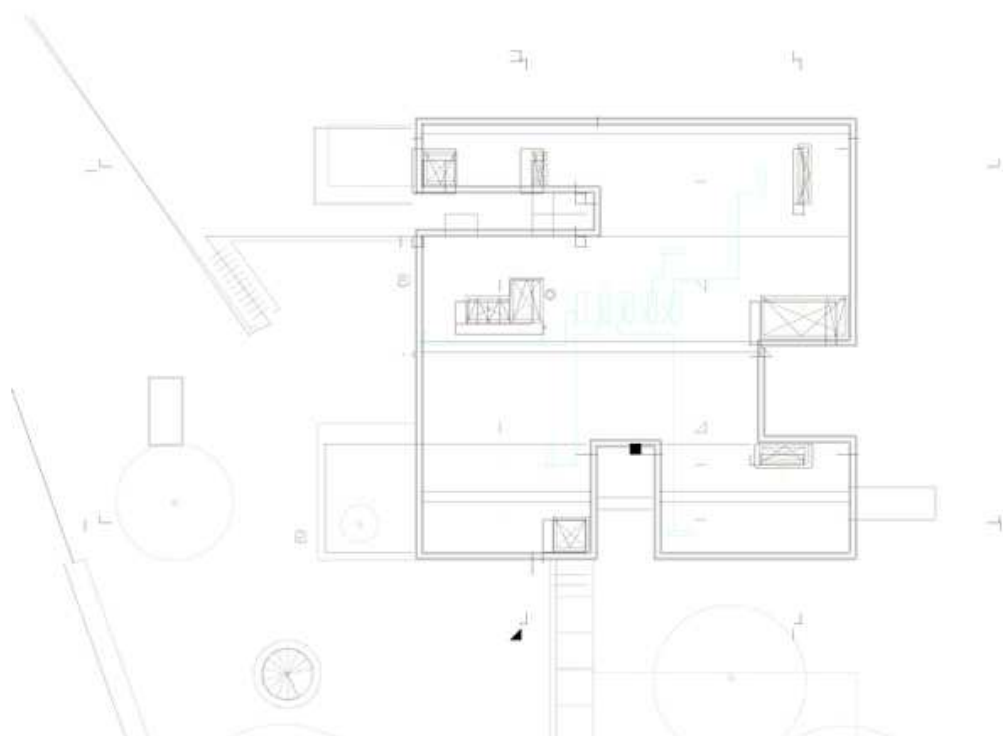


Fig.5.8 – Planta do piso 2

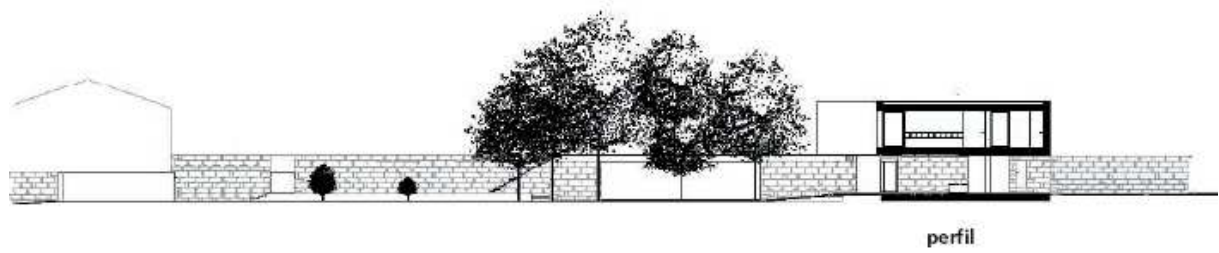


Fig.5.9 – Perfil 1

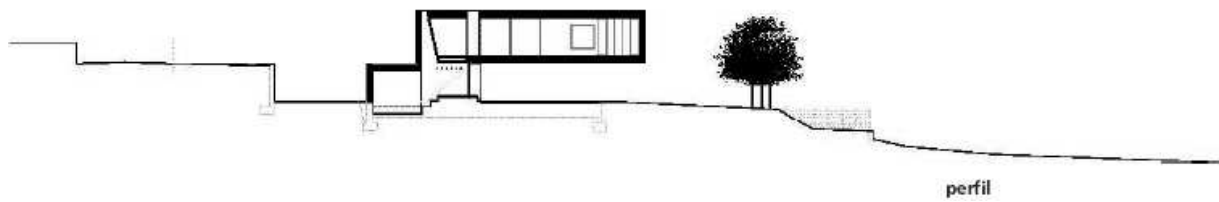


Fig.5.10 – Perfil 2

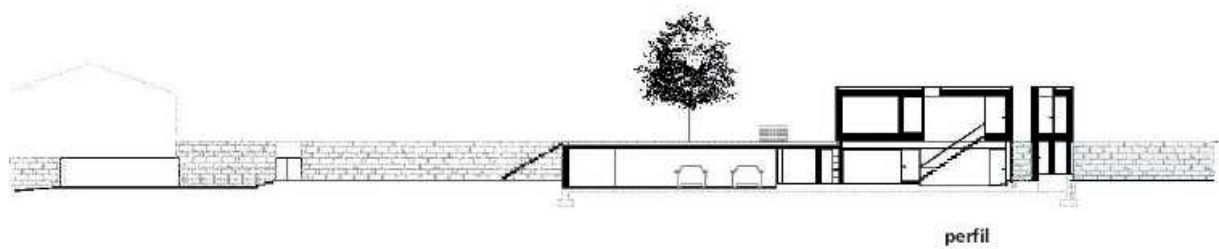


Fig.5.11 – Perfil 3

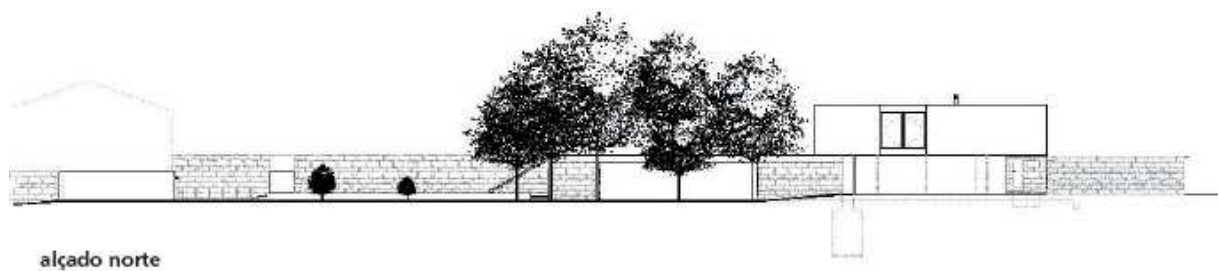


Fig.5.12 – Alçado norte

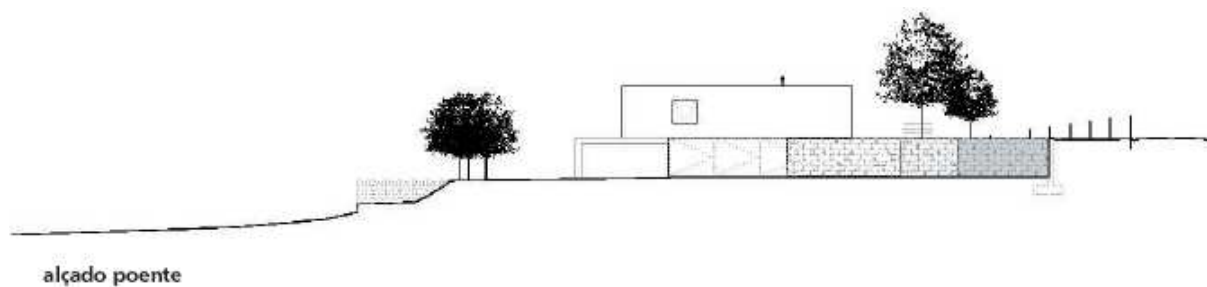


Fig.5.13 – Alçado poente

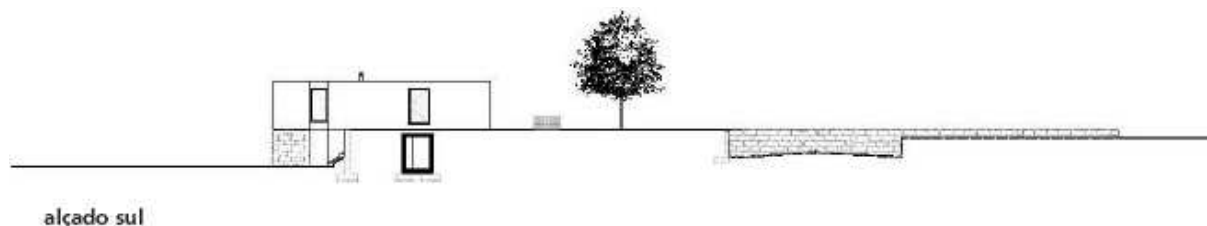


Fig.5.14 – Alçado sul

#### 5.1.2.6. Sustentabilidade

As preocupações com o meio ambiente também se reflectiram no desenho. Além de ser uma estrutura que está relacionada com a topografia e com a paisagem, foi procurada a eficácia energética, apesar das grandes dimensões da casa. O perfil e a orientação da casa proporcionam um aquecimento solar passivo no Inverno e sombra durante as calorosas tardes de Verão. A colocação de protecções solares permite o sombreamento e arrefecimento do edifício a protecção do edifício dos raios solares directos nos meses de maior radiação solar.



Fig.5.15 – Pormenor do sombreamento

#### 5.1.2.7. Iluminação

Consoante as necessidades de cada área do edifício ou das actividades, deve-se assegurar um bom nível de iluminação, natural ou artificial. Desta forma, a luz natural existente deve ser largamente aproveitada. A vantagem da luz natural deve-se à redução dos consumos de electricidade, à melhoria do conforto dos utentes e a um aumento de produtividade. Boas condições de iluminação natural devem ser sempre uma prioridade na hora de projectar uma habitação. A iluminação interior depende do desenho dos edifícios, pelo que na fase de projecto, os espaços interiores devem ser pensados tendo em conta a luz necessária aos diversos usos que pode ter.

A disposição dos diversos pisos do edifício possibilita a entrada de luz natural desde diversos pontos e durante todo o dia. Houve esse cuidado de conduzir a luz a todas as zonas da habitação de uma forma simples e directa, sem se sobrepor à envolvente. A luz atravessa os volumes em todas as direcções e nos vários sentidos.



Fig.5.16 – Pormenor da iluminação natural



Fig.5.17 – Pormenor da iluminação natural

Este edifício é pois exemplar na forma como consegue conjugar uma tecnologia tradicional, e a eficácia da construção em betão armado, garantindo um perfeito funcionamento de todo o edifício como um sistema integrado, com uma imagem contemporânea.

## **5.2. MONTE NOVO DOS TROVISCALIS**

A casa localiza-se na aldeia dos Troviscais, concelho de Odemira, situada na encosta do rio Mira, e foi projectada pela Arquitecta Graça Jalles, que se tornou adepta da construção em taipa quando, após duas décadas de trabalho, projectou pela primeira vez uma habitação recorrendo a esta técnica.

### **5.2.1. EXTERIOR (FIG. 5.18 E 5.19)**

Trata-se de uma construção em taipa cuja opção foi deixar as paredes com a terra à vista, o que lhe dá um ar inacabado. Nesta casa a terra é o material predominante, com excepção de duas paredes de pedra de xisto, e também a madeira, outro elemento a acompanhar a terra, notando-se a sua presença especialmente nos travejamentos do telhado e no mezanino. A intenção foi proteger a privacidade de quem está no interior, face à chegada de forasteiros pela estrada em frente.



Fig.5.18 – Aspecto exterior da habitação

A arquitecta conseguiu criar um espaço versátil, graças à opção pela distribuição das divisões em diferentes patamares.



Fig.5.19 – Fachada da habitação

### 5.2.2. PROJECTO

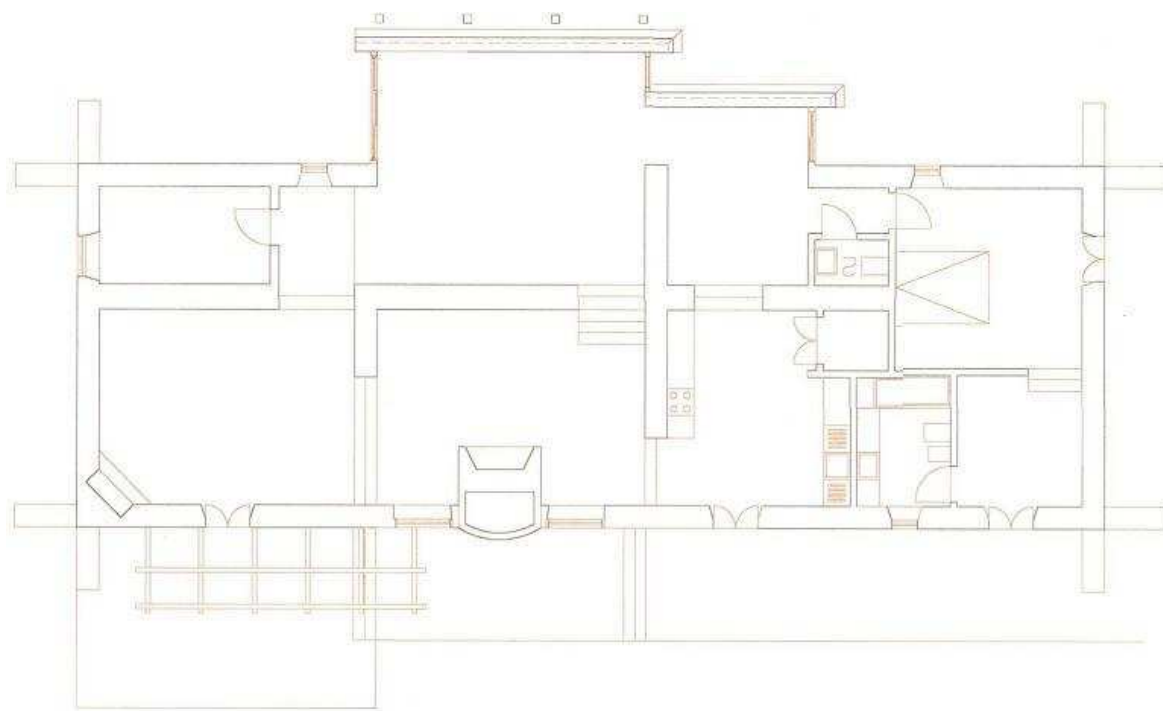


Fig.5.20 – Planta da habitação

A criação de um ambiente construído saudável requer a consideração da ligação entre o ambiente construído e o ambiente natural, o uso de materiais não tóxicos na sua concepção, fase de operação e demolição e a incorporação de valores na fase de projecto compatíveis com o tipo de uso do edifício. Ao observarmos este projecto, é notória a presença dos diversos valores a partir dos quais se tentou desenvolver a habitação, tentando criar um edifício saudável. É um projecto com uma componente de reabilitação de técnicas tradicionais onde podem ser encontradas as seguintes preocupações:

A ideia de transformação, recriação e reciclagem dos materiais;

A preservação de alguns valores da arquitectura tradicional, tais como a simplicidade das suas linhas arquitectónicas e a cêrcea baixa da construção, a introdução da pedra de xisto, na construção dos muros, com a aplicação de técnicas tradicionais e a utilização de mão-de-obra especializada na sua execução, e claro está, o uso da terra;

Por fim, o aspecto económico, o qual se traduziu pelo constante equilíbrio de construir o mais barato possível, em contraste com a utilização de certos materiais e formas tradicionais de construções mais trabalhosas.

### 5.2.3. CARACTERIZAÇÃO

Foram utilizadas técnicas e materiais tradicionais como:

- Paredes construídas em taipa, método construtivo bastante utilizado na região ao longo de várias gerações (fig. 5.21);



Fig.5.21 – Parede em taipa

- Foram construídos muros e paredes em xisto, material natural e reutilizável;
- Aplicou-se argamassa de barro e cal na junção das paredes e reboco de cal e areia nos cunhais, socos e molduras de remate de portas e janelas;
- Utilizou-se madeira nos elementos estruturais da cobertura (madeira de choupo) e no revestimento interior (pinho nórdico), fig. 5.22;



Fig.5.22 – Pormenor das aplicações em madeira

- O revestimento exterior da cobertura foi feito com telhas antigas das casas das redondezas;
- Os pavimentos foram revestidos com xisto, madeira e tijoleira artesanal;
- As portas foram executadas em madeira de castanho e pinho.

Foram também aplicadas técnicas modernas de construção aliadas às tradicionais atrás descritas:

- Utilizou-se betão nas fundações, nas vergas das portas e lintel em todo o perímetro da habitação;
- Aplicou-se betão armado nalguns pilares estruturais em paredes interiores (fig. 5.23);
- Recorreu-se também a um processo mecânico de compactação da taipa executada em moldes mecânicos e através de um compressor mecânico.



Fig.5.23 – Exemplo de um pilar em betão no interior da habitação

A habitação tem cerca de 220 metros quadrados distribuídos numa planta rectangular, a disposição comum da casa tradicional alentejana.

Em suma, esta obra é uma tentativa de comunicação entre os materiais tradicionais naturais e os materiais modernos artificiais, entre a linguagem arquitectónica tradicional e a linguagem arquitectónica moderna, entre a escala arquitectónica tradicional e a escala arquitectónica moderna, entre a luminosidade exterior e a luminosidade interior, entre o claro-escuro exterior e o claro-escuro interior, entre os habitantes da casa e os habitantes de Troviscais. [3]

### 5.3. NK'MIP DESERT CULTURAL CENTRE

#### 5.3.1. FICHA TÉCNICA

**Arquitectos** Hotson Bakker Boniface Haden arquitectos + urbanistas

**Localização** Osoyoos, British Columbia, Canadá

**Director de Obra** Bruce Haden

**Arquitecto principal** Brady Dunlop

**Equipa de projecto** Norm Hotson, Stephanie Forsythe, Tina Hubert, Julie Bogdanowicza

**Ano do projecto** 2006

**Área do local** 1,600 acre

**Área construída** 1.115,00 m<sup>2</sup>

**Estrutura** Equilibrium Consulting Inc.

**Construtor** Greyback Construction

**Arquitecto paisagista** Phillips Farevaag Smallenberg

**Cliente** Osoyoos Indian Band

**Fotografias** Nic Lehoux Photography



Fig.5.24 – Entrada do Centro Cultural

#### 5.3.2. CARACTERIZAÇÃO

O centro cultural NK'Mip, situa-se perto do deserto Great Basin, e surge da tendência local cada vez mais expressiva de explorar o potencial da arquitectura como uma forma de revelar o próspero passado e o futuro em constante transformação da cultura aborígene.



Fig.5.25 – Vista geral da entrada

#### 5.3.2.1. Valorização ecológica

O edifício apresenta características interiores e exteriores que enaltecem a cultura e a história dos aborígenes, e foi concebido para ser como que uma extensão da paisagem envolvente, ficando desta forma perfeitamente integrado no local, como se pode verificar na figura 5.25. Ao reduzirmos o impacto visual da estrutura estamos a contribuir para uma boa integração e adaptação desta ao local. O facto do edifício estar semi-enterrado e ser uma construção típica da região, ao nível de cores e materiais, permite uma redução do impacto deste na paisagem envolvente.



Fig.5.26 – Iluminação nocturna do centro

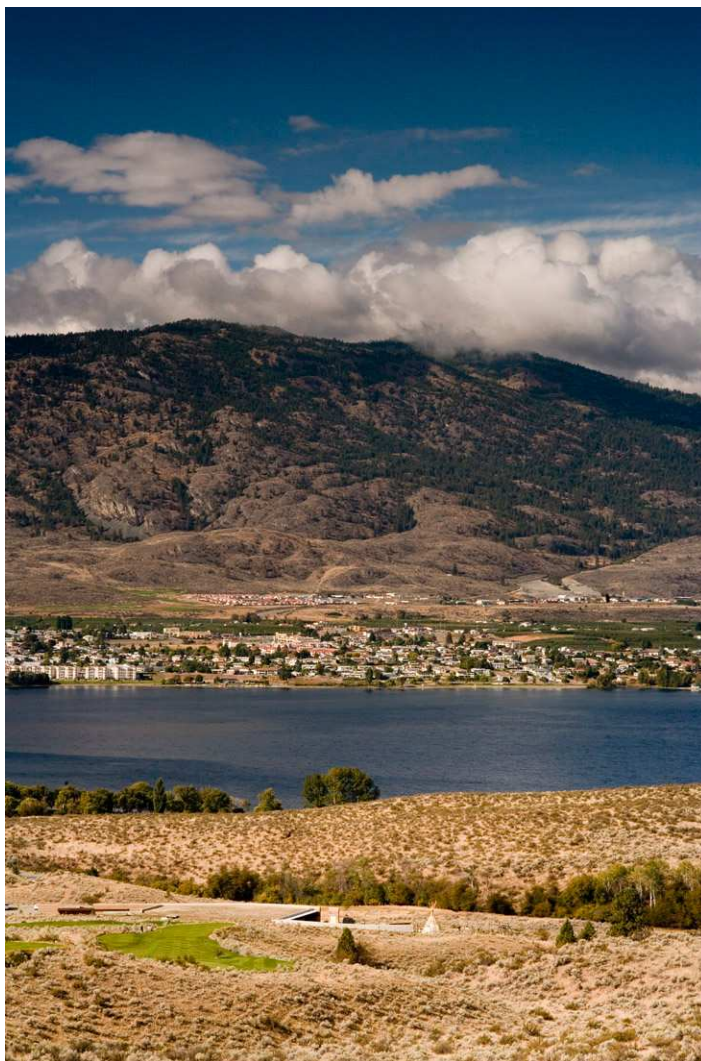


Fig.5.27 – Zona envolvente



Fig.5.28 – Integração do Centro na paisagem

O edifício parcialmente soterrado localiza-se num local estratégico e consegue assim centrar a atenção dos visitantes, graças à altura da parede, que foi pensada para criar um efeito da continuação do aspecto do deserto, com a montanha como pano de fundo. O objectivo é evitar que os olhares se desviem para o lado oeste de Osoyoos, caracterizado por uma paisagem que se tem vindo a desenvolver de forma intrusiva.

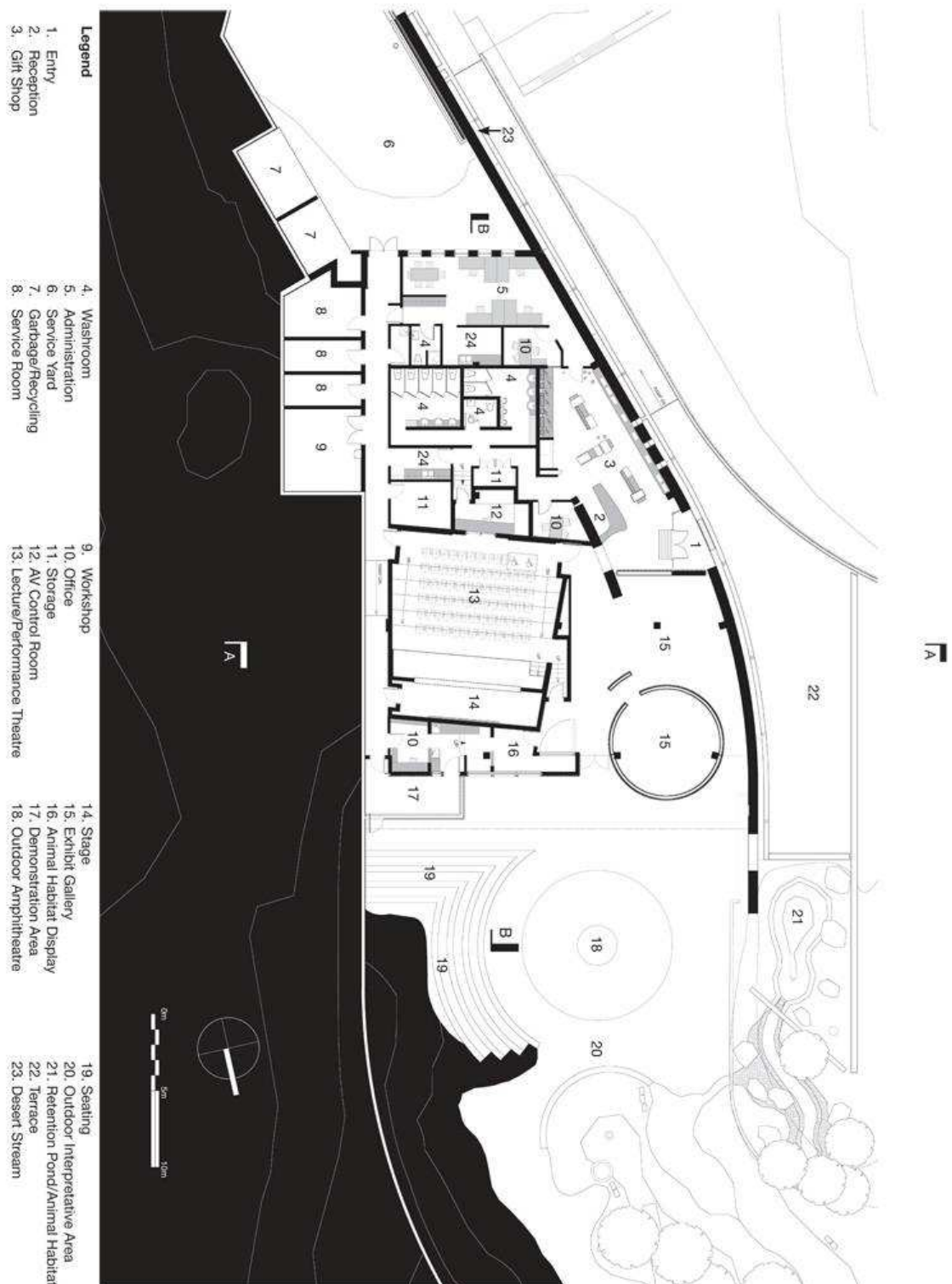


Fig.5.29 – Planta do piso 0

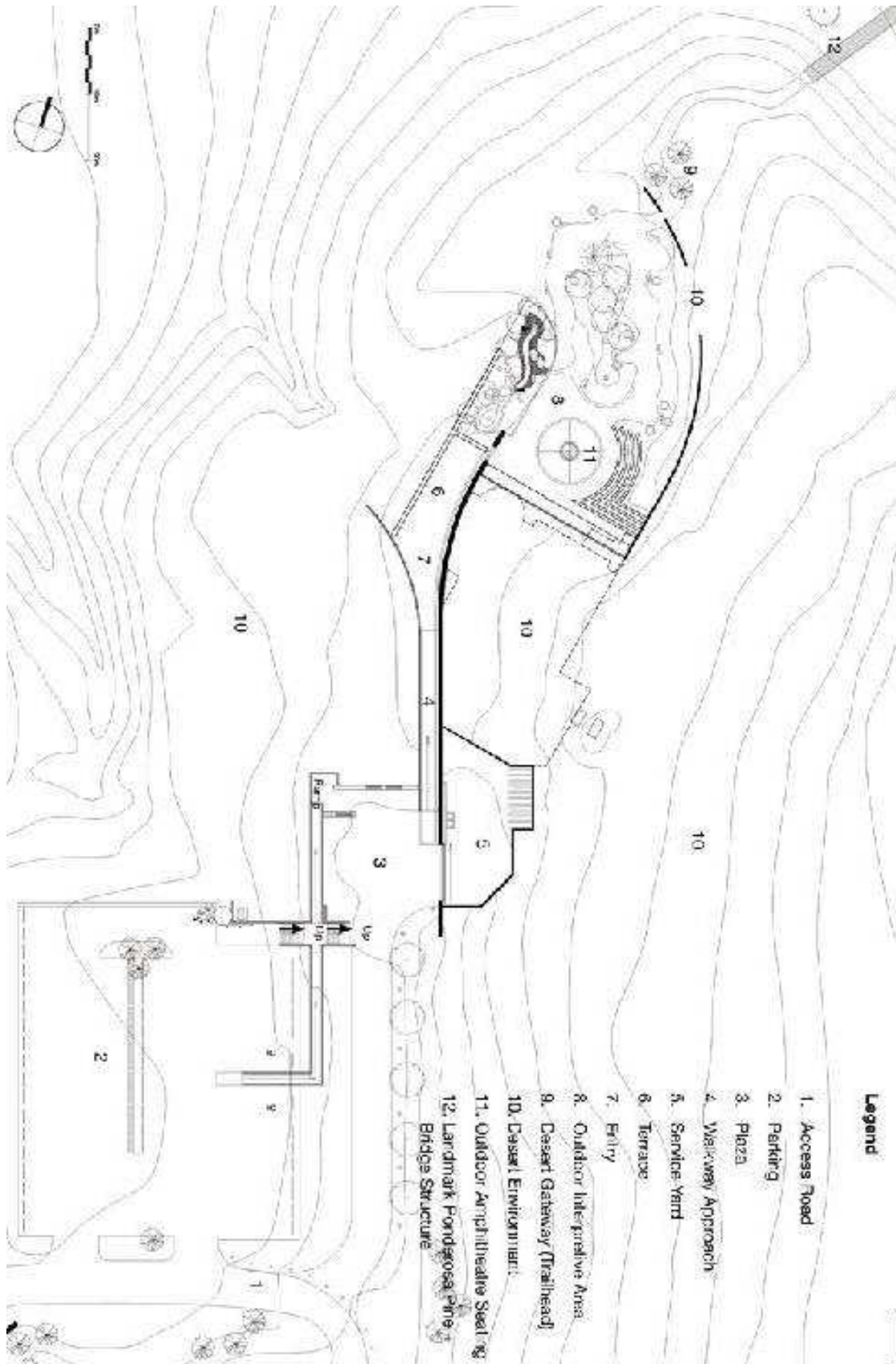


Fig.5.30 – Planta de implantação

#### 5.3.2.2. Acessibilidade

Desde a chegada, ao parque de acolhimento dos visitantes até à praça da entrada principal do Centro, somos guiados por uma parede de betão em perfeita harmonia com o espaço original – que representa a tonalidade acastanhada do arenoso deserto – que contém entre outras especificidades turísticas, informações sobre as actividades desenvolvidas no local. Este muro separa o edifício de todo o deserto envolvente até terminar por fim numa parede de terra para demarcar claramente a preocupação do desenho do espaço em se coadunar à perfeição com a paisagem árida exterior.



Fig.5.31 – Escadaria da entrada



Fig.5.32 – Pormenor do Interior

#### 5.3.2.3. Sustentabilidade

Este centro cultural está localizado num ecossistema em vias de extinção, sendo a missão deste empreendimento promover o respeito e a coexistência da cultura ainda viva do povo de Okanagan com a cultura Canadiense actual. O projecto tem profundas preocupações de sustentabilidade, devido em parte à fragilidade desta paisagem, e reflecte a história e valores fundamentais dos aborígenes.

#### 5.3.2.4. Desempenho solar passivo

O clima agressivo que se faz sentir nesta zona tornou-se num desafio acrescido na altura de elaborar o projecto. É comum o Verão ser quente e seco e o Inverno frio e húmido. Oscila entre temperaturas que vão dos -18 aos +33, subindo por vezes aos +40 no Verão. Desta forma, a localização e orientação do edifício são a primeira preocupação estratégica para um desenho sustentável. A estrutura parcialmente enterrada atenua as temperaturas extremas e a sua orientação optimiza o desempenho solar passivo, possuindo menos vidros nas orientações sul, este e oeste.

#### 5.3.2.5. O Muro de terra

Além de aspectos relacionados com o desempenho solar passivo, este projecto possui ainda outros factores com um desenho sustentável, tais como o grande muro em terra. Com 80 metros de comprimento, 5,5 metros de altura e 600 milímetros de espessura, esta parede isoladora estabiliza as variações de temperatura que se fazem sentir. Construída a partir de solos locais misturados com betão e aditivos para dar cor, a parede mantém o calor no Inverno e o arrefecimento no Verão devido á sua elevada massa térmica (fig. 5.33).



Fig.5.33 – Muro de terra

As sucessivas camadas de solos com cores diferentes foram colocadas numa forma de 600 mm de largura e a compactação foi feita por um compactador pneumático. A parede é extremamente estável e não liberta qualquer gás tóxico nem produz efeito de estufa. A técnica utilizada resulta assim numa parede fisicamente forte, durável e com excelentes qualidades térmicas, aquecendo lentamente durante o dia no calor forte do deserto e libertando esse calor durante a noite. Na base do muro, foi construído um canal (fig.5.34) por onde escorre água até uma pequena piscina.



Fig.5.34 – Canal na base do muro de terra



Fig.5.35 – Pormenor das camadas de terra do muro

#### 5.3.2.6. Acessibilidade a relações com a comunidade

A acessibilidade a relações com a comunidade refere-se à interação dos utentes do edifício com a comunidade e ao contributo do edifício para a interação entre os diversos elementos da população circundante. A dimensão do desempenho social dos empreendimentos influencia o grau de identificação que as pessoas sentem com os espaços privados que habitam e com os espaços públicos que utilizam. Quanto maior for a interactividade com o meio que nos rodeia, mais os nossos sentidos podem colher informação e transformá-la em estímulos que nos fazem aprender, crescer ou mesmo reagir. [1]

A sustentabilidade do processo de construção deste centro cultural passou também desta forma pelo envolvimento dos aborígenes na construção da parede, contribuindo assim para uma sustentabilidade ambiental a longo prazo da região, da cultura e proporcionando uma oportunidade para utilizar uma técnica de construção típica da região. O projecto permitiu aos aborígenes de Osoyoos que desenvolvessem as suas capacidades relativamente a técnicas artesanais de construção em terra a uma grande escala, tendo estes trabalhado com a empresa contratada para a construção do muro.



# 6

## CONCLUSÕES

Este trabalho procurou demonstrar que as técnicas construtivas presentes na construção vernacular podem ser, quando combinadas com as novas tecnologias, uma solução económica, progressista e sustentável, quer em termos ambientais quer em termos funcionais no universo da construção.

É importante reflectir sobre os sistemas construtivos tradicionais, nomeadamente numa altura onde assuntos como as patologias associadas à construção mais recente, os elevados consumos energéticos que lhes estão associados e a preocupação nas soluções escolhidas para os materiais são uma preocupação constante.

Neste estudo, utilizou-se uma série de parâmetros através dos quais se procurou caracterizar os processos construtivos tradicionais. Numa primeira fase são referidas as exigências funcionais de uma habitação e dos seus materiais. Acrescentaram-se depois critérios de sustentabilidade, critérios económicos e critérios culturais.

### **6.1. SOBRE O ESTUDO DE PARÂMETROS E MODELOS DE CONSTRUÇÃO SELECIONADOS**

#### **6.1.1. CONSTRUÇÃO EM TERRA**

A construção em terra é um sistema geralmente proposto por via da ecologia, da nostalgia estética, da economia ou das vantagens técnicas que este possui em certos parâmetros.

É um material que está ao alcance de todos, sendo inesgotável, fácil de trabalhar e duradouro, quando tomadas as devidas precauções. Uma casa construída em terra apresenta uma boa resistência à compressão, bom comportamento térmico e acústico devido à grande inércia das suas paredes, que se comportam como uma barreira eficaz contra as intempéries, e sendo a terra um material incombustível, apresenta um óptimo comportamento ao fogo. A terra é o material perfeito em termos de recursos, poluição e clima interior, e quando o edifício não é mais necessário, o material pode regressar ao seu estado anterior.

As construções em terra apresentam uma elevada durabilidade desde que devidamente protegidas, é necessário efectuar uma manutenção cuidada neste tipo de construção.

Em termos ambientais, a produção de uma habitação em terra destaca-se pelo baixo consumo de água e baixo consumo energético, especialmente quando se recorre a materiais existentes nas proximidades do seu local de implantação.

Este material tem dois pontos onde ainda é necessário desenvolver algum trabalho e que limitam o seu pleno funcionamento, que é a sua fraca resistência à água e à humidade, e a fraca resistência à tracção. Têm sido feitos vários estudos e investigações com o intuito de reduzir estas limitações da construção em terra, como é o exemplo das técnicas de estabilização e do isolamento sísmico, que actualmente são aspectos que condicionam bastante a opção por este sistema construtivo em detrimento de outros com melhor comportamento nestes domínios.

A viabilidade deste tipo de construção será determinada pela capacidade de responder a questões práticas e de ultrapassar as suas principais limitações, onde a rapidez de construção, a resistência sísmica e a estanquidade à água são exemplos. São desafios que apelam à criatividade própria dos arquitectos e engenheiros e também à utilização combinada deste material com outros. É uma técnica que existe há muitos anos e deve ser uma alternativa existente e viável para quem a queira pôr em prática, pois todos devemos ter o direito a essa opção.

#### 6.1.2. CONSTRUÇÃO EM PEDRA

A alvenaria de pedra apresenta bom comportamento a acções verticais, sendo preferível a sua utilização em edifícios que não excedam os 3 pisos. É um material incombustível, estanque, e o isolamento de uma parede de pedra aos ruídos aéreos é satisfatório. As paredes de alvenaria em pedra possuem uma elevada durabilidade, superior às alvenarias de outros materiais.

É muito difícil conseguir um isolamento térmico que satisfaça o grau de conforto desejável recorrendo apenas à alvenaria. Para isso, é necessária a incorporação de outros materiais como a cortiça, a espuma rígida de poliuretano, o poliestireno expandido moldado ou extrudido, a espuma de PVC, a lã mineral (placas ou mantas), os grânulos de argila expandida, etc.

As patologias observadas neste tipo de parede estão quase sempre relacionadas com o comportamento que apresentam face à ocorrência de um sismo, ou ainda em causas relacionadas com o comportamento deficiente das fundações e da própria parede. Como solução para contornar estas limitações temos várias técnicas, utilizadas principalmente na reabilitação de edifícios, que são a aplicação de reforços e o confinamento das paredes.

Em termos ambientais, a pedra não é responsável por um grande nível de gastos energéticos. Relativamente ao transporte, o elevado peso da pedra faz com que seja preferível a sua utilização em locais próximos da sua extracção. Por fim, todas as pedras são recicláveis e podem ser reutilizadas na maior parte das vezes. Os materiais recicláveis apresentam vantagens ambientais, pelo facto de, esgotada a sua vida útil, poderem vir a gerar outros materiais.

#### 6.1.3. SÍNTESE CONCLUSIVA SOBRE OS DOIS MODELOS CONSTRUTIVOS ABORDADOS

Procurou-se salientar as qualidades dos diversos materiais e sistemas da construção tradicional, e exemplificar com exemplos recentes que a aplicação dessas técnicas de construir na construção actual pode resultar em edifícios bem conseguidos, quer ao nível estrutural quer ao nível de exigências técnicas e estéticas. Os casos de estudo aqui apresentados são exemplos construtivos onde se verifica uma preocupação de integração do edifício no meio envolvente, a utilização de materiais presentes nas proximidades da construção e criteriosamente adaptados ao clima de cada região, e a utilização de sistemas construtivos tradicionais conjugados com os ensinamentos e técnicas contemporâneas, reinterpretando assim os sistemas tradicionais sem por em causa as exigências actuais, naturalmente mais elevadas.

Ao observarmos as alvenarias resistentes nas construções populares, podemos identificar as regras de composição de cada material e cada sistema, desde o seu dimensionamento, à sua forma, aberturas, etc. Haverá que analisar os conhecimentos empíricos que chegam até nós, sistematizá-los e tentar optimizá-los. Haverá ainda que fazer um trabalho de integração e síntese entre os materiais tradicionais e os industriais. Então poderemos entrar, em termos de construção, na era da pós-industrialização (já comum em outros domínios do conhecimento).

Quer nas construções em alvenaria resistente de pedra, quer nas alvenarias de terra, é notória a falta de um conhecimento mais profundo sobre o seu comportamento. Actualmente é necessário que este tipo de construção consiga satisfazer as exigências funcionais actuais, de modo a competirem em pé de igualdade ou pelo menos de forma satisfatória com a construção corrente. Essas exigências, naturalmente crescentes ao longo dos tempos, actualmente contemplam não só aspectos estruturais, mas também aspectos estéticos, acústicos, térmicos, de resistência ao fogo e de estanquidade.

## **6.2. PERSPECTIVAS FUTURAS**

Com um pouco de esforço por parte de todos os responsáveis da construção, pode-se ampliar os registos da tradição popular dispersa e ao mesmo tempo enriquecer os conhecimentos técnicos e culturais presentes na construção vernacular. O objectivo é sobretudo resgatar e reintroduzir as técnicas tradicionais como tecnologia opcional para construção de habitações e infra-estruturas. Não se trata de rejeitar outras técnicas construtivas ou materiais, nem generalizar este tipo de construção como solução óbvia, mas sim proporcionar sistemas construtivos alternativos que possuam uma resposta eficaz a todo o tipo de solicitações e exigências.

Numa fase posterior, quando esta consciencialização abranger um maior número de interessados, poder-se-ão abordar novos projectos contemporâneos em que tenham sido adoptadas tecnologias construtivas tradicionais. Uma ideia interessante será aprofundar esta temática através de estudos focados no desempenho deste tipo de construção, conseguidos através de uma maior pormenorização dos exemplos construtivos. Pode-se analisar o comportamento estrutural de habitações onde se tenham utilizado processos construtivos tradicionais, o desempenho térmico e acústico, e a elaboração de estudos económicos detalhados e comparativos, contemplando também os custos energéticos a curto, médio e longo prazo. Poder-se-á também acompanhar a construção de habitações inseridas no objecto deste estudo, de modo a obter-se mais informação a nível estrutural e construtivo, nomeadamente as dificuldades e cuidados especiais a ter em conta neste tipo de construção.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **1 - INTRODUÇÃO**

- [1] Daly, H., *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Beacon Press, 1997.
- [2] Oliveira, E., Galhano, F., *Arquitectura Tradicional Portuguesa*, Dom Quixote, Lisboa, 2003.

### **2 – A CONSTRUÇÃO VERNACULAR PORTUGUESA**

- [1] Carvalho, B., *A Matéria na Conceção Arquitectónica – As Alvenarias Resistentes nas Técnicas Tradicionais Portuguesas*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.
- [2] Sousa, H., *Alvenarias em Portugal Situação Actual e Perspectivas Futuras*. 2002. [http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Paredes\\_de\\_Alvenaria/Artigo%20Pag%2017-40.pdf](http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Paredes_de_Alvenaria/Artigo%20Pag%2017-40.pdf). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [3] Tirone, L., Nunes, K., *Construção Sustentável – Soluções Eficientes Hoje, a Nossa Riqueza de Amanha*. Tirone Nunes, Sintra, 2008.
- [4] Baganha, J., Cenicacelaya, J., *Arquitectura Tradicional e Sustentabilidade*. Novembro de 2004. <Http://baganha.pauloribeiro.net/pt/pdf/0201.pdf>. Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [5] Oliveira, E., Galhano, F., *Arquitectura Tradicional Portuguesa*, Dom Quixote, Lisboa, 2003.
- [6] Moutinho, M., *A Arquitectura Popular Portuguesa*. Editorial Estampa, Lisboa, 1995.

### **3 – SISTEMAS CONSTRUTIVOS E EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS PAREDES DE ALVENARIA RESISTENTE**

- [1] Tirone, L., Nunes, K., *Construção Sustentável – Soluções Eficientes Hoje, a Nossa Riqueza de Amanha*. Tirone Nunes, Sintra, 2008. (repetido)
- [2] Carvalho, B., *A Matéria na Conceção Arquitectónica – As Alvenarias Resistentes nas Técnicas Tradicionais Portuguesas*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.
- [3] [Http://paginas.fe.up.pt/~construc/gp/docs2004-05/caderno\\_encar/materiais/Alvenariapedra.pdf](Http://paginas.fe.up.pt/~construc/gp/docs2004-05/caderno_encar/materiais/Alvenariapedra.pdf). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [4] Sousa, H., *Alvenarias em Portugal Situação Actual e Perspectivas Futuras*. 2002. [http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Paredes\\_de\\_Alvenaria/Artigo%20Pag%2017-40.pdf](http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Paredes_de_Alvenaria/Artigo%20Pag%2017-40.pdf). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [5] <http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/vulnerabilidade.html>. Último acesso em 23 de Outubro de 2008.
- [6] Rei, J., *Edifícios de Pequeno Porte em Alvenaria Resistente – Viabilidade Técnico-Económica*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 1999.
- [7] Teixeira, G., *Diálogos de Edificação – Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*. Crat, 1998.
- [8] Mateus, R., *Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção*. Dissertação de Mestrado, UM, 2004.
- [9] [http://www.arg.ufsc.br/arg5661/trabalhos\\_2004-1/arg\\_terra/terra.htm](http://www.arg.ufsc.br/arg5661/trabalhos_2004-1/arg_terra/terra.htm). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.

- [10] Dethier, J., *Arquitecturas de Terra, ou o futuro de uma tradição milenar*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1990.
- [11] Freitas, A., *Viabilidade Técnico-Económica de Construções Novas em Alvenaria de Pedra*. Dissertação de Mestrado, IST, 2001.
- [12] [http://www.world-housing.net/uploads/vernacular\\_construction.pdf](http://www.world-housing.net/uploads/vernacular_construction.pdf). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [13] [http://www.interestruturas.com.br/informativo\\_001\\_jan\\_05.htm](http://www.interestruturas.com.br/informativo_001_jan_05.htm). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [14] Siterocha ver. Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [15] [http://www.lidera.info/Documentação\\_portugues.htm](http://www.lidera.info/Documentação_portugues.htm). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [16] Instituto Português da Qualidade. *Eurocódigo 8: Disposições para projectos de estruturas sísmo-resistentes*.

#### 4 – PROCESSOS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS

- [1] Carvalho, B., *A Matéria na Concepção Arquitectónica – As Alvenarias Resistentes nas Técnicas Tradicionais Portuguesas*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.
- [2] Teixeira, G., *Diálogos de Edificação – Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*. Crat, 1998.
- [3] Mateus, R., *Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção*. Dissertação de Mestrado, UM, 2004.
- [4] Dethier, J., *Arquitecturas de Terra, ou o futuro de uma tradição milenar*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1990.
- [5] <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v30n3/v30n3a17.pdf>. Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [6] Cerqueira, J., *O Estilo Internacional Vs. a Arquitectura Vernacular: o conceito Genius Loci*. Idearte – Revista de Teorias e Ciências da Arte, Ano I, Nº 2, Abril/Junho 2005, pp. 41 – 52.
- [7] Freitas, A., *Viabilidade Técnico-Económica de Construções Novas em Alvenaria de Pedra*. Dissertação de Mestrado, IST, 2001.
- [8] Torgal, F., Jalali, S., *Construção Sustentável. O Caso dos Materiais de Construção*. Congresso Construção 2007, 17 a 19 de Dezembro, Coimbra.
- [9] Rodrigues, P., *Construções em terra crua. Tecnologias, potencialidades e patologias*.
- [10]. *Arquitectura de Terra em Portugal*. Argumentum, Lisboa, Outubro de 2005.
- [11] Berge, B., *The Ecology of Building Materials*. Architectural press, Amesterdão, 2000.
- [12] <http://www.construdobe.com/pt/index.htm>. Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [13]. *Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação*. PATORREB 2003 – 3º Encontro, Vol.2. 531 – 542.
- [14] Rei, J., *Edifícios de Pequeno Porte em Alvenaria Resistente – Viabilidade Técnico-Económica*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 1999.

## **5 – CASOS DE ESTUDO**

- [1] [http://www.lidera.info/Documentação\\_portugues.htm](http://www.lidera.info/Documentação_portugues.htm). Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [2] <http://www.ultimasreportagens.com/casapr/>. Último acesso em 29 de Setembro de 2008.
- [3]. *Arquitectura de Terra em Portugal*. Argumentum, Lisboa, Outubro de 2005.