

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

**MANUTENÇÃO DE ALVENARIAS E CANTARIAS**  
**/ Ensaio sobre argamassas de refechamento de**  
**juntas das alvenarias secas de xisto da 1ª Casa dos**  
**Vasconcelos em Macedo de Cavaleiros**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

**António José Cordeiro dos Reis Gonçalves**

**Orientador:** Professora Doutora Maria Eunice da Costa Salavessa

Engenharia Civil, Departamento de Engenharias, Escola de Ciência e Tecnologia  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro



**UTAD**

Vila Real – 2010

**MANUTENÇÃO DE ALVENARIAS E CANTARIAS**  
**/ Ensaios sobre argamassas de refechamento de**  
**juntas das alvenarias secas de xisto da 1ª Casa dos**  
**Vasconcelos em Macedo de Cavaleiros**

**António José Cordeiro dos Reis Gonçalves**

Engenharia Civil, Departamento de Engenharias, Escola de Ciência e Tecnologia

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro



**UTAD**  
Julho 2010

**Palavras-Chave:** Conservação e Restauro de Edifícios Históricos

**Orientador:** Professora Doutora Arquitecta Maria Eunice da Costa Salavessa

Tese apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, na área das Ciências da Construção / Manutenção e Reabilitação de Edifícios. Foi sua orientadora a Professora Doutora Maria Eunice da Costa Salavessa.

## Índice

Índice de Figuras .....	vi
Índice de Quadros.....	ix
Resumo do Trabalho .....	x
Abstract .....	xi
Agradecimentos.....	xii
Simbologia.....	xiv
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objectivos.....	2
1.3. Metodologia.....	2
2. SITUAÇÃO DO ESTUDO DO TEMA .....	4
2.1. Princípios e Critérios de Manutenção e Conservação de Edifício Históricos - as “Cartas” de Restauro e a Recuperação do Património Cultural pós Segunda Guerra Mundial .....	4
2.2. Caracterização das Alvenarias Antigas .....	10
2.3. Paredes de Alvenaria .....	15
2.3.1. Pedras Naturais.....	16
2.3.1.1 <i>Transformação da Pedra e o seu Assentamento</i> .....	18
2.3.1.2 <i>Alvenaria de Pedra Aparelhada</i> .....	19
2.3.1.3 <i>Alvenaria Ordinária</i> .....	20
2.3.1.4 <i>Alvenaria de Pedra Seca ou Junta Seca</i> .....	21

2.3.2 Classificação Tipológica .....	28
2.3.3 Principais Patologias .....	36
2.4 Fundações .....	46
2.5 Propriedades Mecânicas .....	51
2.6. Referências Bibliográficas do Capítulo 2.....	58
3. TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO EM REABILITAÇÃO ESTRUTURAL .....	59
3.1 Desmonte e Reconstrução .....	67
3.2. Conservação e Reabilitação de Alvenarias Secas .....	68
3.3. Refechamento de Juntas .....	70
3.3.1. Refechamento de Juntas – Essencial para uma Boa Manutenção das Alvenarias não Rebocadas.....	71
3.3.2. Metodologia.....	72
3.3.3. Requisitos das Argamassas de Refechamento.....	73
3.3.4. As Operações do Refechamento.....	75
3.3.5. Função Estrutural do Refechamento .....	77
3.3.6. Refechamento das Juntas para Injecção da Alvenaria.....	78
3.3.7. Qualidade e Qualificação .....	78
3.4. Referências Bibliográficas do Capítulo 3.....	80
4. ARGAMASSAS.....	81
4.1. Argamassas nos Edifícios Antigos .....	81
4.2. Características Principais das Argamassas .....	83
4.2.1. Argamassas de assentamento e refechamento.....	85

4.3. Referências Bibliográficas do Capítulo 4.....	88
5. CASO DE ESTUDO / 1ª Casa dos Vasconcelos, em Macedo de Cavaleiros....	89
5.1. Enquadramento Físico e Humano .....	89
5.1.1. Os tempos pré-nacionais .....	89
5.1.2. Desde a independência à instituição do Concelho .....	94
5.1.3. Estrutura e relevo do solo.....	99
5.1.4. Hidrografia .....	103
5.1.5. Clima .....	104
5.1.6. Revestimento vegetal .....	107
5.1.7. Vias de Acesso .....	109
5.2. Caracterização do Edifício .....	110
5.2.1. Breve historial da 1ª Casa dos Vasconcelos, em Macedo de Cavaleiros ...	110
5.3. Referências Bibliográficas do Capítulo 5.....	113
6. ENSAIOS LABORATORIAIS SOBRE ARGAMASSAS DE REFECHAMENTO.....	115
6.1. Introdução.....	115
6.2. As Argamassas Comerciais – LEDAN MTX; LEDAN C30 .....	115
6.2.1. Descrição dos produtos pré-doseados .....	115
6.2.1.1. LEDAN MTX - Ligante hidráulico para juntas de alvenarias de pedra .	116
6.2.1.2. LEDAN C30 - Argamassa para restauro de materiais pétreos .....	117
6.2.1.3. Análise mineralógica por difractometria de raios-X .....	118
6.3. Aplicação, Optimização das Argamassas.....	119

6.3.1. Areia Fina.....	119
6.3.2. Areia Média.....	120
6.3.3. Composição das Argamassas de Refechamento de Juntas Abertas .....	120
6.4. Descrição do trabalho experimental e dos ensaios.....	121
6.4.1. Considerações gerais .....	121
6.4.2. Ensaio realizados para determinação das propriedades mecânicas .....	122
6.4.2.1. <i>Ensaio de resistência determinação da resistência à tracção por flexão e da resistência à compressão.....</i>	122
6.4.2.2. <i>Ensaio de Arrancamento “Pull-Off” para determinar a aderência ao suporte.....</i>	126
6.4.3. Ensaio realizados para avaliação do comportamento em relação à água ..	131
6.4.3.1. <i>Ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade .....</i>	131
6.4.3.2. <i>Absorção de água a baixa pressão – Método do Tubo (Tubo de Karsten) .....</i>	132
6.5. Apresentação e Discussão dos Resultados Obtidos .....	134
6.5.1. Ensaio de determinação da resistência à tracção por flexão e resistência à compressão .....	134
6.5.1.1. <i>Análises dos resultados .....</i>	136
6.5.2. Ensaio de Arrancamento “Pull-Off” para determinação da aderência ao suporte.....	136
6.5.2.1. <i>Análise dos resultados.....</i>	139
6.5.3. Ensaio de Absorção de água por capilaridade .....	139
6.5.3.1. <i>Análise dos resultados.....</i>	141

6.5.4. Ensaio de Absorção de água a baixa pressão – Método do Tubo.....	141
6.5.4.1. <i>Análise dos Resultados</i> .....	142
6.5.5. Compatibilidade entre as argamassas formuladas e o suporte de xisto.....	142
6.6. Referências Bibliográficas do Capítulo 6.....	144
7. CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	145
8. BIBLIOGRAFIA GERAL .....	147
ANEXOS .....	149

## Índice de Figuras

<b>Figura 2.1</b> - Componentes da alvenaria de pedra: pedra, argamassa e vazios .....	12
<b>Figura 2.2</b> - O arco Etrusco e o seu funcionamento estático .....	13
<b>Figura 2.3</b> – Dimensões e superfícies da pedra. ....	19
<b>Figura 2.4</b> – Diversos aspectos possíveis de alvenaria aparelhada. ....	20
<b>Figura 2.5</b> – Exemplos de Pedras para se obter a Alvenaria Aparelhada .....	20
<b>Figura 2.6</b> – Da esquerda para a direita e de cima para baixo: pedra irregular; alvenaria de junta larga; pedra irregular; pedra lamelar; pedra irregular natural; pedra irregular corrigida .....	21
<b>Figura 2.7</b> – Muro de suporte de alvenaria seca – Fiadas regularizadas à régua .....	22
<b>Figura 2.8</b> – Condições de equilíbrio numa secção ideal dum parede de alvenaria seca. ....	23
<b>Figura 2.9</b> – Condições de equilíbrio entre os blocos. ....	24
<b>Figura 2.10</b> – Dois tipos diferentes de construção de alvenaria seca, com aspecto estético e condições de segurança distintas. ....	25
<b>Figura 2.11</b> – Fachada onde o imbricamento não existe .....	26
<b>Figura 2.12</b> – Secção transversal do coroamento dum parede. Os blocos estão sobrepostos em colunas com pouco imbricamento entre eles. ....	26
<b>Figura 2.13</b> – Corte transversal dum parede colapsada. Verificam-se distintos arranjos no pano exterior e no núcleo interno. ....	27
<b>Figura 2.14</b> – Corte transversal dum parede colapsada. Notar as fiadas regulares dos panos exteriores e o arranjo irregular do núcleo interno. ....	27
<b>Figura 2.15</b> - Classificação das alvenarias de pedra quanto ao tipo de aparelho (a) juntas desalinhadas; (b) juntas irregulares alinhadas; (c) juntas regulares alinhadas. ....	31
<b>Figura 2.16</b> - Classificação das alvenarias de pedra quanto ao tipo assentamento: (a) horizontal; (b) horizontal / vertical; (c) aleatório; (d) escalonado com fiadas de regularização; (e) em “espinha de peixe”; (f) com calços ou cunhas. ....	31
<b>Figura 2.17</b> - Classificação da secção das paredes em alvenaria de pedra segundo o número de paramentos: (a) paramento simples; (b) dois paramentos sem ligação; (c) dois paramentos com ligação; (d) três paramentos com núcleo de fraca qualidade. ....	33
<b>Figura 2.18</b> - Ligação transversal entre paramentos: (a) conglomerado monolítico; (b) ligação reticulada; (c) ligação por sobreposição; (d) ligação plana. ....	33
<b>Figura 2.19</b> - Influência recíproca entre os estratos de uma parede de três panos, com núcleo de fracas características mecânicas .....	37
<b>Figura 2.20</b> – Instabilização local de uma parede de pedra com fraca ligação transversal entre paramentos. ....	38
<b>Figura 2.21</b> - Mecanismos de dano sísmico em paredes de edifícios associados à sua fraca ligação das paredes em alvenaria com os restantes elementos estruturais. ....	39

<b>Figura 2.22</b> - Aspecto da fendilhação (microfissuração) numa parede da torre sineira da Catedral de Monza, Itália.....	40
<b>Figura 2.23</b> - Alguns aspectos do comportamento mecânico das alvenarias: (a) evolução no tempo, sob carga constante, da tensão e da deformação; (b) influência da velocidade de carga no módulo de elasticidade da alvenaria.....	41
<b>Figura 2.24</b> – Degradação de alvenaria seca devido ao crescimento de vegetação de grande porte. ....	43
<b>Figura 2.25</b> – Situação de pré-colapso causada pela inclinação das fiadas superiores de blocos da alvenaria seca. ....	44
<b>Figura 2.26</b> – Situação de pré-colapso devido ao abaulamento. Os blocos parecem salientarem-se para o exterior da parede. ....	45
<b>Figura 2.27</b> – A remoção dos blocos inferiores pode favorecer a rotação para o exterior e causar abaulamento e colapso.....	45
<b>Figura 2.28</b> – As fracturas de corte por movimentos diferenciais excessivos de um sector abaulado da parede, no lado esquerdo. A escala indica a direcção principal do movimento.....	46
<b>Figura 2.29</b> - Fundações sobre poços de alvenaria: (a) execução de um poço: a escavação, o escoramento e o enchimento; (b) arcos de fundação assentes sobre poços de alvenaria de diferentes tipologias. ....	48
<b>Figura 2.30</b> - Aspectos construtivos das fundações em edifícios da Baixa Pombalina - Lisboa, na reconstrução após o terramoto de 1755: (a) fases de construção; (b) corte longitudinal; (c) corte transversal; (d) pormenor do arranque da estrutura sobrejacente à estrutura das fundações. ....	50
<b>Figura 3.1</b> - Intervenções diferenciadas em alvenarias de pedra ordinária, na vila de Anavatos (Chios-Grécia), em função da sua qualidade construtiva: Alvenaria de boa qualidade - colocação de pequenas pedras e refechamento das juntas em ambas as faces; Alvenaria de fraca qualidade – reconstrução da parede. ....	68
<b>Figura 3.2</b> - Operação de substituição da argamassa das juntas - refechamento das juntas - numa parede de alvenaria de blocos cerâmicos. ....	70
<b>Figura 3.3</b> - Profundidade das ranhuras abertas nas juntas quando se actua de um ou de ambos os lados da parede. ....	71
<b>Figura 3.4</b> – Ferramentas utilizadas no refechamento de juntas.....	77
<b>Figura 3.5</b> – Ferros utilizados no aperto e acabamento das juntas .....	77
<b>Figura 3.6</b> – Aspecto final de refechamento de juntas, Fábrica de Seda, Chacim, Macedo de Cavaleiros. ....	79
<b>Figura 5.1</b> - Antigos Paços do Concelho dos Cortiços. ....	95
<b>Figura 5.2</b> - Antigos Paços do Concelho de Chacim. ....	97
<b>Figura 5.3</b> – Concelho de Macedo de Cavaleiros; Vias de comunicação. ....	109
<b>Figura 5.4</b> – 1ª Casa dos Vasconcelos .....	110
<b>Figura 5.5</b> – Aspecto geral da 1ª Casa dos Vasconcelos, aquando habitada por a Sr.ª D. Hermínia do Céu Moreno.....	112
<b>Figura 5.6</b> – Aspecto geral da 1ª Casa dos Vasconcelos, Julho de 2010. ....	112

<b>Figura 6.1</b> - Sobreposição dos espectros obtidos por DRX. ....	118
<b>Figura 6.2</b> – Curva granulométrica da areia fina. ....	119
<b>Figura 6.3</b> – Curva granulométrica da areia média.....	120
<b>Figura 6.4</b> – Modes metálicos de 4x4x16.....	123
<b>Figura 6.5</b> – Máquina de ensaio de flexão e compressão. ....	124
<b>Figura 6.6</b> – Máquina de ensaio de flexão e compressão. ....	124
<b>Figura 6.7</b> – Máquina de ensaio de flexão e compressão .....	125
<b>Figura 6.8</b> – Máquina de ensaio de flexão e compressão .....	126
<b>Figura 6.9</b> - Exemplificação esquemática do carote efectuado. ....	128
<b>Figura 6.10</b> – Cama de reboco, execução dos carotes, colagem das pastilhas após cura na câmara húmida até à data do ensaio.....	128
<b>Figura 6.11</b> - Aparelho de arrancamento “Proceq DYNA Z15”.....	129
<b>Figura 6.12</b> - Representação esquemática do ensaio de pull-off e imagem do aparelho utilizado no ensaio pull-off – <i>“caracterização do comportamento da ligação entre betões de distinta classe de resistência”</i> . ....	129
<b>Figura 6.13</b> - Possíveis formas de rotura. ....	130
<b>Figura 6.14</b> – Esquema de montagem/ensaio, absorção de água por capilaridade. ....	131
<b>Figura 6.15</b> – Esquema de montagem/ensaio, Método do Tubo (de Karsten).....	133
<b>Figura 6.16</b> – amostra de ensaio à rotura por flexão.....	134
<b>Figura 6.17</b> – Ensaio de arrancamento.....	136
<b>Figura 6.18</b> – Amostra de resultados do ensaio de arrancamento.....	137
<b>Figura 6.19</b> – Amostra de ensaio de absorção de água por capilaridade. ....	139

## Índice de Quadros

<b>Quadro 2.1</b> – Classificação de Rochas .....	16
<b>Quadro 2.2</b> - Classificação das paredes dos edifícios antigos e dos muros antigos de acordo com a sua função. ....	28
<b>Quadro 2.3</b> - Designação das paredes dos edifícios antigos de acordo com a natureza, dimensão, grau de aparelho e material ligante.....	29
<b>Quadro 2.4</b> - Designação das paredes de tijolo em função da sua espessura. ....	34
<b>Quadro 3.1</b> – Argamassas para edifícios antigos Requisitos mínimos – Características mecânicas .....	74
<b>Quadro 3.2</b> – Argamassas para edifícios antigos Requisitos mínimos – Comportamento às forças desenvolvidas por retração restringida aos 90 dias .....	75
<b>Quadro 3.3</b> – Argamassas para edifícios antigos Requisitos mínimos – Comportamento à água. ....	75
<b>Quadro 3.4</b> – As fases do refechamento de juntas.....	76
<b>Quadro 4.1</b> – Requisitos estabelecidos para características mecânicas das argamassas.....	87
<b>Quadro 4.2</b> – Requisitos estabelecidos para características de comportamento à água e ao clima. ....	87
<b>Quadro 5.1</b> - Composição Mineralógica .....	118
<b>Quadro 5.2</b> - Composições LEDAN C30.....	120
<b>Quadro 5.3</b> - Composições MTX .....	121
<b>Quadro 5.4</b> - Composições LEDAN C30.....	121
<b>Quadro 5.5</b> - Composições MTX .....	121
<b>Quadro 5.6</b> – Valores médios de resistência à flexão e à compressão .....	135
<b>Quadro 5.7</b> – Resumo dos resultados do ensaio de arrancamento.....	138
<b>Quadro 5.8</b> – Resumo dos resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade. ....	140
<b>Quadro 5.9</b> – Resumo dos resultados do ensaio de absorção de água a baixa pressão.....	141
<b>Quadro 5.10</b> – Características das argamassas com 90 dias de idade e do xisto de suporte.....	142

## **Resumo do Trabalho**

Neste trabalho destaca-se a importância da caracterização das paredes em alvenaria de pedra seca, refecimento de juntas, que envolve análises histórica dos materiais, da tecnologia construtiva e do comportamento estrutural.

Assim, como forma a que nos conduza a uma melhor compreensão do seu comportamento estrutural e ao discernimento de pormenores específicos; ao desenvolvimento do estudo de refecimento de juntas, como operação essencial para a conservação e reabilitação de alvenarias secas, não rebocadas. Apresentam-se as principais técnicas de reabilitação, inovadoras e tradicionais, com referência ao seu potencial campo de aplicação, vantagens e limitações, resultados da sua aplicação.

No âmbito desta investigação estudaram-se duas argamassas existentes no mercado, para aplicação como refecimento de juntas em alvenarias de pedra seca. Para estes dois tipos de argamassas, efectuaram-se vários ensaios, quer a nível de determinação das suas resistências mecânicas, quer a nível do seu comportamento em relação à água, para verificar a sua adequação de aplicação.

## **Abstract**

This research highlights the importance of the characterisation of dry stone masonry walls when reclosing joints, which involves the historical analysis of materials, building technology and structural behaviour.

This study, on reclosing joints as an essential operation in the conservation and rehabilitation of non plastered dry masonry, was developed in order to lead us to a better understanding of its structural behaviour and the discernment of specific details. The main rehabilitation techniques, both innovative and traditional are presented here, with reference to their potential scope of application as well as the advantages and limitations resulting from their application.

Under the scope of this investigation two types of mortar, existing on the market, were studied for their use in reclosing joints in dry stone masonry. Various experiments were carried out using these two types of mortar, both in terms of mechanical resistance as well as behavior in relation to water, in order to determine suitability for application.

## **Agradecimentos**

Aos meus pais,  
pela educação e valores que me transmitiram,  
às minhas irmãs, Ana Marisa e Rita Isabel,  
pelas pessoas que são para mim  
o que me permitiu  
tornar-me no ser que sou.

Na elaboração deste trabalho recebi apoio de várias pessoas, às quais quero deixar aqui os meus sinceros agradecimentos:

Aos meus pais e as minhas irmãs, pela estabilidade pessoal, apoio, carinho e incentivo que me deram.

À Ana Paula por todo o suporte, apoio e carinho durante este percurso.

Ao meu colega Cristovão Laginhas, por todo apoio prestado na realização dos ensaios no laboratório de Engenharia Civil da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, e incentivo que me deu.

À Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, em especial ao departamento de Engenharia Civil, pela possibilidade de adquirir todos os conhecimentos necessários para a realização deste trabalho.

À minha orientadora, a Professora Eunice Salavessa pelas suas orientações, ensinamentos, por toda a sua disponibilidade, apoio, compreensão, incentivo que sempre me transmitiu e amizade sempre demonstrada.

Ao Professor Teixeira Pinto pelo rigor técnico e apoio que me cedeu através do laboratório de Engenharia Civil da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

À Universidade do Minho, em especial ao Professor Saíd Jalali, pelas orientações e ensinamentos, pelo incentivo na realização da tese e amizade demonstrada, cedendo-me todo o apoio do Laboratório de Materias de Construção de Engenharia Civil da Universidade do Minho, em especial, através dos funcionários do mesmo, destacando o Carlos Manuel e o Sr. Pokee, por todo o auxílio prestado na realização de todos os ensaios efectuados.

A todos os meus amigos pela paciência e solidariedade manifestada durante estes anos.

## **Simbologia**

### Abreviaturas

kN – Quilo newton

MPa – Mega Pascal

kg/m<sup>3</sup> - Quilograma por metro cúbico

g - Grama

°C – Graus Célsius

° - Grau

% - Percentagem

cm – Centímetro

N – Newton

mm - Milímetro

UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

UM – Universidade do Minho

min - Minuto

h - Hora

NP – Norma Portuguesa

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. Introdução**

As alvenarias de pedra-seca são estruturas em que os blocos de pedra são os únicos materiais de construção constituintes, sem as argamassas ou outro agente de ligação. Este tipo de alvenaria encontra-se em muitas construções tradicionais e históricas de Trás-os-Montes e Alto Douro. As dimensões e formas dos blocos e as técnicas construtivas, segundo a arte de bem construir, são, neste caso, responsáveis pelo bom comportamento estrutural dos edifícios antigos. O deficiente imbricamento dos blocos é um factor interno de instabilidade. Outros agentes externos, como a vegetação e intervenções posteriores não adequadas á capacidade resistente destas alvenarias podem, também, provocar degradações consideráveis. As estruturas de pedra seca, estão expostas não só aos mecanismos específicos de degradação da pedra, como a outros, inerentes ao próprio processo construtivo.

Pretende-se que este trabalho de investigação, sobre alvenarias de pedra seca de xisto e cantarias de granito e refechamento de juntas, que envolve análises histórica, arquitectónica, dos materiais, da tecnologia construtiva, do comportamento estrutural, conduza a: uma melhor compreensão do seu comportamento estrutural e ao discernimento de pormenores específicos; apresentação e discussão de algumas medidas para melhorar o comportamento estrutural de acordo com os princípios de Cartas e Convenções Internacionais e Nacionais da Salvaguarda do Património Arquitectónico; e ao desenvolvimento do estudo relacionado com o refechamento de juntas, como operação essencial para a conservação de alvenarias secas, não rebocadas.

A presente tese contem ensaios e análises efectuados nos Laboratórios de Engenharia Civil da UTAD e UM, bem como na Unidade de Microscopia Electrónica da UTAD. Assinala-se que, apesar dos limitados recursos laboratoriais na UTAD, e embora não tenham sido proporcionadas as condições necessárias para a conclusão dos ensaios, foram cumpridos os objectivos fulcrais, pelo que o trabalho, pioneiro na UTAD, em domínios de interesses inerentes às áreas da Conservação e Restauro do

Património Cultural, pretende ser um incentivo a trabalhos de investigação em curso e futuros.

## **1.2. Objectivos**

Com esta dissertação pretende-se, primeiramente, sistematizar o conhecimento existente sobre argamassas de refechamento de juntas em alvenarias secas não rebocadas, nomeadamente no que se refere: às suas características e constituição; no que diz respeito ao estado de conservação ao longo do tempo; às anomalias que podem surgir; e às causas da sua degradação.

O estudo destas argamassas será efectuado através da realização de ensaios para caracterização das suas resistências mecânicas e para determinação do seu comportamento em relação à água.

Com a informação da existência do produto no mercado que foi criado com o mesmo intuito ao desta dissertação, estudou-se esse produto, em termos de caracterização das suas resistências mecânicas e do seu comportamento em relação à água.

## **1.3. Metodologia**

O trabalho dividiu-se em várias etapas de estudo:

- Levantamento da bibliografia, em especial referente a Tratados de Arquitectura e de Construção da época e contemporâneos, e ainda à História das Técnicas de Construção de Alvenarias; determina-se, assim, a arte de conceber, dimensionar, preparar, combinar e montar os materiais e os princípios que regem a boa construção;

- Evolução do tema: análises de alvenarias históricas; exemplos de estudos de diagnóstico; legislação internacional e nacional aplicável ao restauro e reabilitação estrutural de edifícios de interesse histórico e arquitectónico;

- Caracterização das argamassas a utilizar para o refechamento de juntas;
- Análise laboratorial das argamassas em estudo;
- Participação em seminários e encontros, no estrangeiro ou no País, relacionados com o tema, para aperfeiçoamento, actualização e diversificação de conhecimentos sobre as técnicas tradicionais de construção de alvenarias e cantarias e técnicas contemporâneas de conservação e reabilitação, compatíveis com as tradicionais.

## 2. SITUAÇÃO DO ESTUDO DO TEMA

### 2.1. Princípios e Critérios de Manutenção e Conservação de Edifício Históricos - as “Cartas” de Restauro e a Recuperação do Património Cultural pós Segunda Guerra Mundial

A história recente da Protecção do Património Arquitectónico está plena de ideias e protagonistas diferentes em vários países, e por isso percebeu-se a necessidade de estabelecer regras aceites internacionalmente, de modo a solucionarem-se problemas complexos de salvaguarda do património artístico e histórico. Em 1921, no *Congresso Internacional de História e de Arte* em Paris, manifesta-se essa necessidade, assim como em Roma em 1930, mas foi em Atenas do ano de 1931, que se realizou uma conferência com resultados para o futuro. Nela participaram vinte países europeus e discutiu-se a tutela e restauro dos monumentos arquitectónicos, tendo sido elaborado um documento, a *Carta de Atenas*, onde se expõem as ideias fundamentais:

- Manutenção e conservação regular das obras de arte e monumentos como medida eficaz para assegurar a durabilidade dos objectos e evitar as restituições integrais; Quando seja inevitável a intervenção, pela degradação do monumento, é aconselhável respeitar todas as obras históricas e artísticas do passado sem excluir estilos de qualquer época;

- É importante a reutilização do edifício, mantendo o seu uso original ou o uso funcionalmente mais adequado, de modo a respeitar o carácter histórico e artístico, garantindo a sua continuidade futura;

- Valorização do aspecto envolvente do edifício, recomendando a reflexão sobre novas construções nas proximidades do monumento, de modo a não degradar a paisagem e ambiente. Além disso, devem ser suprimidos elementos como publicidade, postes e fios telefónicos, indústrias ruidosas e outros;

- É aceitável utilizar os recursos da técnica moderna, inclusive o betão armado, usando-os de forma dissimulada, para que não alterem a imagem e carácter do monumento;

- O monumento antes da intervenção deve ser alvo de estudo e análise de toda a documentação, de modo a realizar um diagnóstico correcto e trabalhos de restauro adequados. Para esta tarefa é fundamental o trabalho interdisciplinar entre arqueólogos e arquitectos restauradores, assim como a colaboração de representantes de ciências físicas, químicas e naturais, de modo a analisar futuras degradações provocadas pela passagem do tempo e por efeito dos agentes atmosféricos;

- Preocupação especial na educação dos povos, desde as primeiras idades, no sentido de transmitir a importância da protecção de obras de arte e de limitar actos que possam degradar estes testemunhos de toda a civilização.

A conferência de Atenas representou um importante ponto de referência para a actividade de restauro e constituiu um estímulo para outras nações seguirem o exemplo, o que fez surgir, em muitos países europeus, regulamentos e cartas de restauro.

Entre estes documentos apresenta especial interesse a *Carta de Restauro Italiana*, transcrita por Gustavo Giovannoni e aprovada no Concílio Superior pela Antiguidade e Belas Artes, logo após a Conferência de Atenas e publicada no "Boletim de Arte" do Ministério da Educação Nacional no primeiro número de 1932.

Os princípios desta carta baseiam-se na Carta de Atenas, mas acrescenta à noção de património não só as obras de arte, mas também as da ciência e tecnologia. A nova carta considera importante a elaboração de desenhos, fotografias e o estudo de todas as fases de intervenção, tanto para edifícios como para escavações arqueológicas.

A grande mudança verificada nestes pensamentos em relação aos anteriores, e que se irá desenvolver ainda mais, chegando-se a incluir outras áreas, é a grande preocupação pelo espaço envolvente e pela funcionalidade adequada a dar a cada objecto de restauro.

Uma outra fase na história do restauro é marcada pela eclosão da II Guerra Mundial que afectou a Europa no século XX. A guerra deixou arrasadas muitas cidades e conseqüentemente grande parte das construções existentes, algumas completamente arruinadas e outras com marcas de destruição profundas, provocadas por incêndios e pelos efeitos bélicos. Perante a desastrosa destruição de monumentos históricos com valor artístico e cultural, surgiu a necessidade de inovar e não optar pela simples

conservação com a intervenção mínima estabelecida nos princípios da Carta de Atenas.

Consequentemente, o sentimento pelo valor artístico do monumento destruído, supera o valor histórico que ele tinha até então. Cesari Brandi, sendo um dos protagonistas de teorias de restauro, inclusive pela publicação do seu livro *Teoria do Restauro*, preocupa-se com o problema e trabalha no sentido de ampliar o conceito, de modo a se adaptar às novas exigências.

As suas ideias acerca do tema, ficaram conhecidas por “Restauro Crítico”, onde defende que os valores artísticos prevalecem sobre os históricos, sobre os quais afirma: - "A consistência física da obra de arte deve ter necessariamente prioridade porque assegura a transmissão da imagem ao futuro".

Brandi foi, em 1939, fundador e posteriormente director durante vinte anos do Instituto de Restauro em Roma e teve como seguidores Renato Bonelli e Giovanni Carbonara.

O restauro era visto como uma obra de arte particular para cada caso, não se podendo generalizar com regras e normas, e constituía um acto criativo e crítico. "O restauro deverá restabelecer a unidade potencial da obra de arte, sempre que isto seja possível sem cometer uma falsificação artística ou uma falsificação histórica, e sem apagar as marcas do percurso da obra de arte através do tempo".

Em relação à situação que se vivia na época, era necessário analisar se as partes desaparecidas teriam valor de obra de arte ou não. Caso não fossem dotadas desse valor poderia ser realizada a sua reconstrução mas se "os elementos desaparecidos forem obras de arte, há que excluir a possibilidade de que se reconstruam como cópias. O ambiente deverá ser reconstituído com base nos dados espaciais do monumento desaparecido, e não nos formais.

Assim, deveria construir-se de novo uma Torre na Praça de S. Marcos de Veneza, mas não a torre derrubada e igualmente deveria levantar-se uma ponte em Santa Trinitá, mas não a ponte de Ammanni".

Estas duas obras comentadas por Cesari Brandi, constituem dois exemplos de reconstruções entre muitas realizadas na Europa, devido às destruições provocadas pela

guerra ou acidentais. De facto, a Torre da Praça de S. Marcos em Veneza, desmoronou-se totalmente, a 14 de Julho de 1902, resultando num monte de destroços irrecuperáveis e ainda afectando parte do edifício anexo. Um dos símbolos de Veneza, projectado no século IX e erguido entre os séculos XII e XVI, tinha desaparecido. Várias opiniões surgem a partir desta ocorrência, umas a favor da reconstrução "com'era dov'era", outras a apoiar a reconstrução mantendo a silhueta e o volume mas não uma cópia. A primeira venceu.

Entretanto, já Giacomo Boni tinha iniciado um processo de recolha e identificação dos pedaços de material que poderiam ser reutilizados ou merecessem ser conservados. Em 1903, Luca Beltrami prosseguiu esse trabalho e investiga também toda a documentação relativa ao campanário até Junho desse ano, altura em que se demite atormentado pelas polémicas. É substituído por Gaetano Moretti que completa os estudos.

A construção da torre inicia-se nesse mesmo ano, tendo-se utilizado todos os instrumentos modernos, científicos e gráficos, e materiais como o betão armado revestido com materiais tradicionais. A construção esteticamente igual à original terminou em Março de 1912, altura em que foi colocado o anjo na cúspide piramidal.

Os exemplos de restauro resultantes do pós-guerra são mais comuns. Em Varsóvia, na Polónia, perante os vários cenários tão desoladores, a reconstrução da cidade que restou da invasão nazi inicia-se logo após o fim da guerra.

O significado que tinha a cidade, os seus bairros e os seus monumentos não podia ser abalado. Os fragmentos das casas de habitação da Praça do Castelo que restaram foram consolidados com injeções de betão. Todas as restantes casas foram reconstruídas exactamente tal como eram antes com materiais modernos, deixando até visíveis as marcas das balas que perfuraram as paredes e sempre aproveitando os restos que foi possível recuperar. Do Palácio Real, completamente destruído em 1945, foram recuperados milhares de restos do edifício. A sua reconstrução, terminada apenas há alguns anos, contemplou a distinção das várias fases construtivas do monumento efectuadas nos séculos XV, XVII e XVIII.

Em outros casos, os decisores optaram por restaurar só as partes que restaram, mas devolvendo-lhes a dignidade arrancada pelas destruições bélicas. No Palácio de Saxon, em Varsóvia, no ano de 1925, seria colocada uma estátua em homenagem ao soldado

desconhecido. Curiosamente, depois da destruição dos Alemães em Novembro de 1944 foi o único fragmento que sobreviveu. O que restou foi restaurado e a sua função não se alterou, continua a ser o monumento ao soldado desconhecido.

Também o Palácio russo de Petrodvorets, “verdadeira jóia da arte e da arquitectura russas”, sofreu gravíssimos danos durante a última Grande Guerra, danos que pareciam irreparáveis. Quando se iniciou o conflito, desenvolveram-se todos os esforços possíveis para evacuar as obras de arte e enterrar as esculturas. Mas nada conseguiu impedir que, entre Setembro de 1941 e Janeiro de 1944, as tropas alemãs se instalassem no parque e nos apartamentos imperiais, preparando-se para o longo cerco a Leninegrado. Nos dois parques foram derrubadas árvores centenárias, o palácio grande foi pilhado e incendiado, a grande cascata foi pelos ares e as esculturas que sobreviveram foram levadas para a Alemanha. Na realidade foi muito pouco o que restou. Uma minuciosa obra de restauro, começada pouco tempo depois da guerra, conseguiu restituir ao conjunto, pelo menos em parte, o seu aspecto primitivo.

Mas nem sempre a solução encontrada envolveu a reconstrução do monumento perdido. Em Berlim, na Alemanha, a Igreja da Memória constitui uma combinação entre a ruína de um edifício do passado com construções modernas. A igreja foi construída em 1895 a mando de Guilherme II, em honra a seu avô, Guilherme I, para testemunhar a união entre o trono e a igreja da Prússia. Em 1943 foi destruída em consequência da guerra e em 1960 foi decidido preservar o que restou, a torre ocidental, tal como estava. A ruína foi integrada no ambiente da nova igreja, um edifício octogonal moderno com fachadas de vidro, flanqueado por uma torre. Em 1945, a Organização das Nações Unidas (ONU), criou a Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), com sede em Paris e com o objectivo de garantir universalmente a justiça, a lei e os direitos do homem, entre todas as Nações, promovendo a educação, a ciência e a cultura. Define-se o conceito de património arquitectónico e estabelecem-se Convenções e Recomendações de modo a promover a sua salvaguarda.

Uma dessas Convenções é a conhecida Convenção de Haia ou Convenção para a Protecção de Bens Culturais em caso de Conflito Armado, realizada em 1954. Este documento reconhece o efeito devastador das guerras e proclama a necessidade de estabelecer medidas em tempo de paz. Defende a execução de uma inventariação internacional dos bens culturais de maior importância e a protecção, além do

monumento, também da zona urbana e da paisagem rural. Três anos depois, em 1957, no I Congresso Internacional de Arquitectos e Técnicos de Monumentos Históricos, foi proposta a criação de organismos nos diversos países de modo a assegurar a protecção dos monumentos e foi defendida a criação de uma assembleia internacional de técnicos especializados na conservação de monumentos históricos. Em 1964, do II Congresso de Arquitectos e Técnicos de Monumentos Históricos realizado em Veneza, resulta um documento ainda hoje reconhecido: a Carta de Veneza. Esta carta vem ampliar a noção de património arquitectónico e assinalar a importância da conservação de áreas e estruturas edificadas, quer urbanas, quer rurais. Os pontos mais importantes que refere são os seguintes:

- Ampliação do conceito de monumento, que além de abranger criações arquitectónicas isoladas históricas, deve incluir também os conjuntos urbanos e rurais com significado especial e obras modestas com valor cultural. O conceito de monumento histórico deve envolver o espaço envolvente e o local onde este se encontra implantado;

- Quando for necessário, o restauro deve respeitar os materiais utilizados e todas as partes de diferentes épocas, que não devem ser adulteradas ou destruídas;

- Estudo acompanhado de investigação arqueológica e histórica do monumento, utilizando meios interdisciplinares avançados: levantamentos arqueológicos, sondagens estratigráficas, técnicas estáticas, procedimentos magnéticos, técnicas informáticas, fotogrametria e outros, que precedam os trabalhos de restauro;

- As intervenções de restauro devem abranger trabalhos que, em qualquer momento, o objecto sobre o qual se actuou se possa despojar da actuação e voltar ao momento anterior à sua realização, ou seja defende a necessidade de reversibilidade nas intervenções estruturais e construtivas;

- Refere a necessidade de uma manutenção periódica dos edifícios e uma atribuição funcional socialmente útil.

No entanto, desde a Carta de Amesterdão também chamada Carta Europeia do Património Arquitectónico, adoptada pelo Comité dos Ministros do Conselho da Europa, em 26 de Setembro de 1975, a todos estes conceitos e sobre todos eles se

sobrepõe o da conservação integrada, aplicada a vários momentos do processo de detecção, salvaguarda e valorização do património arquitectónico. Consiste no trabalho conjunto dos técnicos de restauro baseado em estudos prévios de planeamento, de forma a encontrar a função apropriada a cada caso, mas com apoio dos meios jurídicos, administrativos, financeiros e técnicos. A noção de património arquitectónico não abrange sómente os monumentos mas também cidades antigas e aldeias tradicionais.

Sucessivamente esta noção de património vai tendo também modificações ao longo dos anos, alargando-se nos dias de hoje a paisagens naturais com intervenção humana ou não, como centros históricos, bairros típicos, bairros sociais de propostas inovadoras e outros. Destaca-se finalmente a *Carta de Cracóvia*, documento subscrito em Junho de 1991, por diversos países, incluindo os países de Leste da nova Europa. A carta sublinha a importância pelo respeito dos direitos humanos e das liberdades fundamentais como base para o desenvolvimento da criatividade cultural, e ainda a necessidade de cooperação ao nível da formação técnico-científica entre os Estados aderentes.

As cartas de restauro serviram para o arranjo das ideias dispersas dos protagonistas de obras de restauro e uniformizaram de uma forma geral o modo de intervir. Em cada País estabeleceram-se regras próprias e comissões especiais para dirigir esses trabalhos.

## **2.2. Caracterização das Alvenarias Antigas**

A existência de estruturas de alvenaria antigas está difundida por toda a Europa, em centros históricos e urbanos, em diferentes tipos de estruturas como castelos, torres, fortes, muralhas, edifícios, igrejas, campanários, pontes, etc. O valor patrimonial, cultural e arquitectónico, que representam fez com que a sua conservação e reabilitação seja, hoje em dia, de grande interesse para quem os tutela, e para os povos que neles se identificam.

Recentemente, tem-se assistido à preservação das paredes exteriores dos edifícios antigos, em profundas intervenções que podem considerar-se no limiar mínimo da conservação do património arquitectónico não-monumental. Para o efeito contribuem as naturais dificuldades de reparação dos edifícios antigos, em parte inerentes ao pequeno

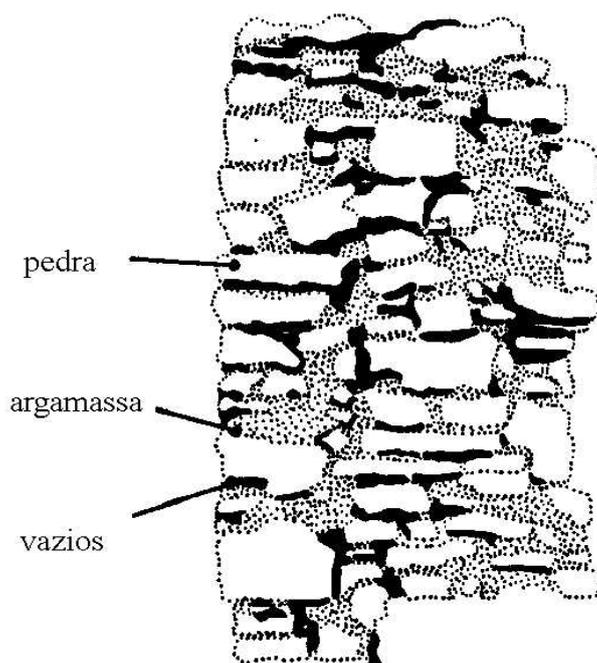
domínio que se possui das técnicas e dos materiais envolvidos. Em zonas urbanas, estas intervenções são, frequentemente, motivadas por rentáveis programas de utilização subjacentes à pressão das especulações imobiliárias, mais do que pelo estado de degradação exibido.

Entende-se por “alvenaria” a associação de um conjunto de unidades de alvenaria (tijolos, blocos, pedras, etc.) e, geralmente, argamassa, que possui propriedades mecânicas intrínsecas capazes de constituir elementos estruturais. Em alvenarias antigas, os materiais utilizados para unidades de alvenaria eram, vulgarmente, a pedra ou o tijolo cerâmico, eventualmente reforçados com estrutura interna de madeira. O uso de argamassa, ou material ligante, entre as unidades estava dependente do tipo de alvenaria.

As alvenarias sem ligante nas juntas, também designadas de alvenarias de junta seca, são menos frequentes em estruturas. No entanto, nas alvenarias antigas, os ligantes, de natureza muito pobre (terra, argila ou argamassas pobres), desempenhavam mais a função de preencher os espaços livres entre as unidades de alvenaria, criando boas condições para o seu assentamento, do que propriamente para constituir “ligações químicas” com as unidades utilizadas. «Numa boa parede de alvenaria, a argamassa desempenha um papel secundário comparativamente com as pedras, embora seja essencial para garantir uma boa compacidade ao conjunto» [1].

As alvenarias de pedra tem uma diversificada constituição interna, dependente da época, dos costumes e do local de construção. São caracterizadas por uma grande irregularidade geométrica e falta de homogeneidade material, resultado da diversidade de características (físicas, mecânicas e geométricas) dos materiais utilizados.

As pedras utilizadas podem ser de diversa natureza (magmáticas, metamórficas ou sedimentares), forma e dimensão, regulares e irregulares, e podem apresentar-se ligadas com terra, argila, substâncias orgânicas ou argamassas, em geral, de fraca qualidade e que raramente envolvem completamente as pedras. A presença de cavidades ou vazios interiores é uma característica destas alvenarias que aparecem, consoante os casos, em maiores ou menores percentagens.



**Figura 2.1** - Componentes da alvenaria de pedra: pedra, argamassa e vazios [Binda et al., 1993].

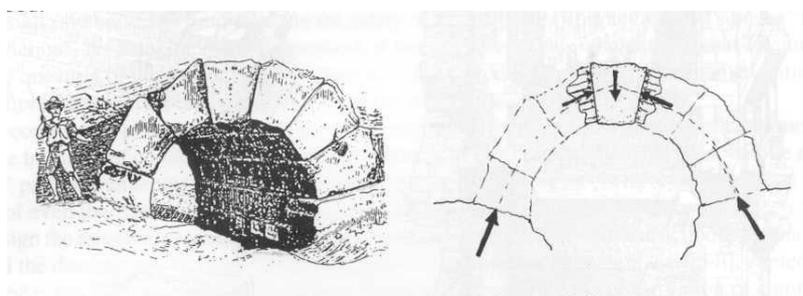
Os tijolos cerâmicos, elaborados a partir de uma pasta de material argiloso, mais ou menos homogênea, que depois de enformados, geralmente com formas paralelepípedicas, eram cozidos por exposição ao sol – tijolos de adobe – ou em fornos de alta temperatura, tem características mais regulares que as pedras. Como consequência, o uso do tijolo cerâmico na construção de alvenarias, traduz-se, também, numa maior regularidade e homogeneidade do produto final. O tipo de ligantes utilizados eram idênticos aos utilizados nas alvenarias de pedra.

As estruturas de alvenaria resultaram, por processos empíricos de aprendizagem (métodos iterativos de tentativa-erro), numa associação de elementos resistentes em que a transmissão de cargas se fazia por “trajectórias” de tensões de compressão. Assim, as unidades de alvenaria eram dispostas (justapostas e sobrepostas) de forma, mais ou menos imbrincada, quer longitudinalmente, quer transversalmente, de forma a que da associação resultasse, sob a acção da gravidade, uma interacção de equilíbrio, entre os diferentes elementos, assegurada através de tensões de compressão e de atrito. Em paredes e muros, as juntas verticais entre elementos resistentes eram desencontradas, num “imbrincado” que dificultasse a progressão das fendas, o que vulgarmente se designa por “matar as juntas”.

Como resultado temos um material compósito heterogéneo, intrinsecamente descontínuo, com boa resistência à compressão, fraca resistência à tracção e, sob a acção exclusiva da gravidade, com um baixo risco de deslizamento. Homogeneidade, isotropia, e propriedades mecânicas uniformes, hipóteses vulgarmente assumidas na análise de estruturas correntes, não podem aqui aplicar-se com rigor.

O arco, elemento fundamental nas estruturas de alvenaria, é um exemplo de aplicação estrutural deste material e do seu eficaz funcionamento estático.

Os arcos não existem na natureza, são uma invenção do homem. Apareceram na Babilónia possivelmente há mais de 6000 anos (os Astecas e os Incas construíram alvenarias durante séculos sem o arco).



**Figura 2.2** - O arco Etrusco e o seu funcionamento estático  
[Huerta, 2001]

Apesar da aparente falta de ligação entre os elementos o facto é que estas estruturas, deram provas da sua eficácia e mantiveram a sua forma durante séculos. As tensões de atrito geradas são suficientes para evitar o movimento entre elementos (valores típicos do ângulo de atrito em paredes de alvenaria de pedra são de  $30^\circ$  a  $35^\circ$ ) e, em geral, os níveis de compressão eram muito baixos, sendo o risco de rotura por esmagamento negligenciável [2].

Além disso, uma importante vantagem do sistema construtivo das alvenarias, baseado na justaposição dos elementos com uma fraca ligação entre si, é a facilidade de desmonte. A facilidade na manutenção, por substituição dos elementos degradados, permite assegurar uma maior longevidade às construções controlando o processo de degradação que possa afectar alguma das suas partes. Assim, tudo se processa como num organismo vivo que cicatriza as suas feridas mantendo a própria identidade. À excepção de situações, como a acção sísmica, em que a facilidade de desmonte pode ser vista como uma debilidade estrutural, ela é uma importante vantagem para a

conservação e evolução dos centros históricos. “..uma consequência deste defeito de funcionamento é a particular fragilidade das construções históricas à acção sísmica. O impulso da componente horizontal da aceleração, perpendicular ao plano, empurra as paredes de contorno para fora e acima de determinados valores, pode provocar a sua rotura” [3].

A evolução dos centros históricos, em que a generalidade das estruturas é de alvenaria, fez-se pela justaposição das paredes das construções existentes com as das construções novas contíguas. De igual forma, o prolongamento e elevação das construções existentes, que contava apenas com a capacidade coesiva do peso próprio nas suas ligações estruturais, é também um sinal de debilidade estrutural muito importante e especialmente preocupante em zonas sísmicas.

Quando, quer por erros de concepção, quer por razões imprevistas (por exemplo assentamentos diferenciais ou abalos sísmicos), se instalavam tracções não previstas nas estruturas de alvenaria, dava-se início a mecanismos de deterioração mecânica que, nalguns casos, conduziam à fendilhação e aceleravam o processo de degradação e de colapso. Alguns destes problemas e as suas consequências manifestam-se hoje, com maior evidência, em construções altas e/ou pesadas porque estão sujeitas a elevadas cargas permanentes de compressão.

No entanto, os principais problemas das alvenarias antigas estão, frequentemente, associados à qualidade dos materiais constituintes, nomeadamente as argamassas, ou os materiais usados como ligante, que, em geral, são pobres e evidenciam:

- i ) Muito fraca resistência a esforços de tracção (materiais quase incoerentes);
- ii ) Fraca resistência à compressão (excessiva presença de vazios);
- iii ) Fraca resistência ao corte (excessiva presença de vazios e material quase incoerente).

A concepção, a selecção dos materiais e o cumprimento das boas regras de construção destas estruturas reflectem-se, de forma clara, na durabilidade, no comportamento mecânico e, conseqüentemente, no actual estado de conservação das estruturas antigas.

Algumas das actuais preocupações da comunidade técnica na preservação das estruturas em alvenaria antiga são:

i ) Avaliar o seu estado de segurança tendo em vista a eventual adopção de medidas correctivas e preventivas;

ii ) Reabilitação numa perspectiva de adaptação, considerando a evolução das exigências funcionais e de segurança, bem como da regulamentação actual (“retrofitting”), sem adulterar as características históricas e culturais de origem;

iii ) Elaboração de um conjunto de regras que orientem as acções de intervenção e manutenção, se possível coligidas em “Guias de Manutenção e Intervenção”.

### **2.3. Paredes de Alvenaria**

As paredes de alvenaria constituem um dos elementos estruturais mais importantes das construções antigas. Nesta secção pretendem-se abordar as características, os comportamentos e as patologias específicas das paredes antigas. Far-se-á referência a aspectos relacionados com a caracterização da alvenaria, como material, e ao seu comportamento estrutural, nomeadamente em paredes resistentes de edifícios.

As técnicas tradicionais de construção radicam numa herança cultural feita de um conhecimento que permitiu ao Homem saber utilizar com exactidão cada material e aperfeiçoar o modo de o trabalhar.

Observa-se muitas vezes que a degradação dos materiais, e por consequência das estruturas, está ligada ao modo como estes são empregues. Tal facto deve-se, na maioria das vezes, ao desconhecimento das suas características e ao uso conjunto de materiais incompatíveis entre si, devendo por isso proceder-se a uma breve análise das características dos materiais e das principais causas da sua degradação.

### 2.3.1. Pedras Naturais

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.

Os princípios fundamentais que devem ser respeitados na construção de uma alvenaria de pedra são: a boa arrumação das pedras, constituindo camadas o mais coesas e horizontais possíveis, sem juntas descontínuas na vertical, máximo sentido superficial possível entre elementos, sem descurar o travamento da parede nas esquinas, podendo ou não fazer uso de argamassas.

A pedra é considerada, entre todos os materiais, o mais nobre e resistente.

**Quadro 2.1 – Classificação de Rochas**

Origem	Tipo	Densidade	Resistência Kg/cm <sup>2</sup>	Aderência Argamassa
Ígnea	Granitos	2.5 a 3.0	1500 a 2700	Muito boa
Eruptiva	Basalto	2.8 a 3.3	3000	Má
	Meláfiro	2.8 a 3.0	1800	Aceitável
	Tufos	0.6 a 1.7	35 a 600	
Sedimentar	Calcário	1.8 a 2.6	600 a 1500	Variável, de muito boa a má
	Brechas	1.8 a 2.7	800 a 1700	Variável de boa a má
	Arenites		300 a 2700	Variável de boa a má
Metamórficas	Mármore	2.4 a 2.8	1100 a 1800	Boa
	Xisto	2.5 a 3.0	800 a 1300	Má

A composição química e a estrutura das pedras é muito variável, pois resulta da confluência de vários factores naturais que determinam tanto a formação da sua rocha

de origem, como as sucessivas alterações sofridas por esta até se transformar em matéria disponível para ser extraída da pedreira, resultando então nas diferentes classes de pedras conhecidas.

Em Portugal, os tipos de pedra tradicionalmente mais utilizados na construção são os granitos, os xistos e os calcários. Estes podem ser usados em diferentes técnicas construtivas.

Para cada tipo de utilização das pedras, estas apresentam ou devem apresentar determinadas características, mesmo em edifícios antigos que, mais à frente, são exemplificadas.

No que se refere à gelevidade das pedras, após a conclusão da obra, para que as pedras não se alterem pela acção do gelo, estabeleceram-se quatro zonas de utilização, de acordo com a porosidade (volume de total de vazios) e o coeficiente de absorção (volume de água absorvida em 48 horas de imersão) que caracteriza indirectamente a dimensão dos poros (0,9 se os poros são finos e 0,5 se os poros são grosseiros): Zona 1, que inclui paredes em elevação, ornamentação, cornijas, balcões, socos, tanques, pilares de pontes, e revestimentos exteriores; Zona 2, que inclui paredes em elevação, ornamentação, cornijas, balcões e socos; Zona 3, paredes em elevação, ornamentação e cornijas; Zona 4, apenas paredes em elevação.

Também se pode determinar a resistência das pedras ao gelo por ensaio directo a ciclos de congelamento ao ar e descongelamento dentro de água [4].

Quanto às características das pedras consoante a sua utilização, passamos a descreve-las:

a) Em paredes em elevação;

A sua porosidade deve ser mínima em paredes em elevação. Em edifícios contemporâneos foi fixado um limite de 47%. A espessura da parede é determinada para a resistência às infiltrações de água pluvial e a estanquicidade da parede deve ter em conta o clima em que o edifício está inserido, e a sua orientação relativamente ao sol e vento. A espessura da parede deve responder a uma resistência mecânica, suficiente, às solicitações que se exercem sobre a alvenaria.

b) Ornamentações em relevo, cornijas, faixas salientes de cantaria:

Nestes elementos salientes de cantaria, são determinantes a resistência ao gelo e a capilaridade da rocha. Para as pedras de edificios contemporâneos, foi fixada uma resistência mínima de 48 ciclos de gelo – degelo, ou estar situados nas zonas 1,2 e 3: zona 1, número de ciclos de gelo superior a 240; zona 2, número de ciclos de gelo superior a 96; zona 3, número de ciclos de gelo superior a 48. A sua capilaridade deve ser inferior a 15.

c) Socos e embasamentos:

Para socos e embasamentos de edificios contemporâneos, foram fixadas uma capilaridade inferior a 5 e uma resistência às temperaturas baixas, com um número de ciclos de exposição ao gelo superior a 96 ou zonas 1 e 2, anteriormente referidas.

d) Revestimentos:

Os revestimentos exteriores devem ter uma capilaridade inferior a 2 e uma resistência ao frio intenso, com um número de ciclos de exposição ao gelo superior a 240, na zona 2, ou superior a 96, na zona 1. Os revestimentos interiores, devem ter, essencialmente, resistência ao desgaste [5].

### ***2.3.1.1 Transformação da Pedra e o seu Assentamento***

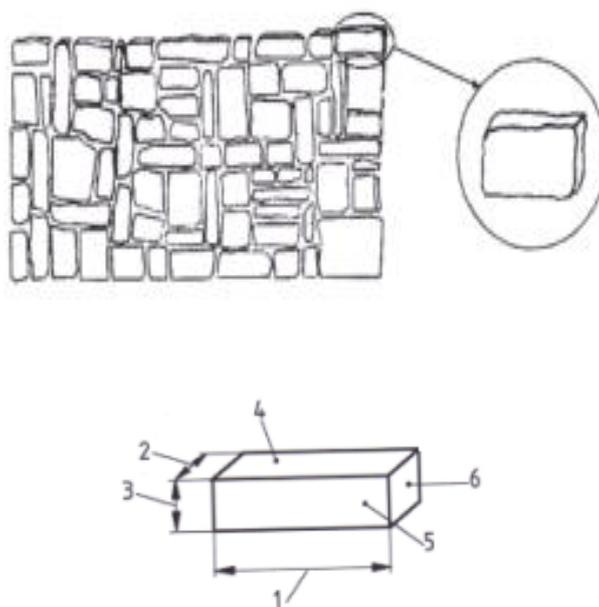
De um modo geral, as transformações dizem respeito à forma e à dimensão, pois quando se pretende executar uma alvenaria tecnicamente perfeita, dificilmente se podem aplicar as pedras tal como se obtêm no desmonte das rochas.

Normalmente são operações a levar a efeito na obra ou próximo do local de utilização, e a maior parte das pedras é adaptada tendo em vista as condições do local de utilização do fim a que se destinam.

Quando a pedra é originária de bancos de sedimentação, normalmente já possui duas faces paralelas, bastando neste caso desbastar pontos e aprumar, desempenando

um ou dois cantos; quando os blocos são irregulares é necessário um trabalho árduo e complicado.

Tratando-se de alvenaria aparelhada há que acrescentar às operações de adaptação outras de aparelho das faces aparentes; aparelho que pode ser a picão, a ponteiro, a bujardado ou simplesmente com escassilhado das arestas.



Legenda: 1 – Comprimento; 2 – Espessura; 3 – Altura; 4 – Leito; 5 – Paramento; 6 – Junta, Topo.

**Figura 2.3** – Dimensões e superfícies da pedra.

### ***2.3.1.2 Alvenaria de Pedra Aparelhada***

Constituída por pedras irregulares assentes em argamassa, escolhendo-se para formar os paramentos, as pedras rijas de melhor aspecto e que se aparelham numa das faces. As arestas podem ser aperfeiçoadas, não para lhes dar forma regular mas a fim de lhes tirar maiores irregularidades, de maneira a que a pedra apresente no paramento à vista o aspecto de um polígono irregular, aparelho rústico.

Temos também o aparelho regular tosco, de alvenaria aparelhada, que corresponde ao mesmo sistema anterior mas com as pedras rectangulares.

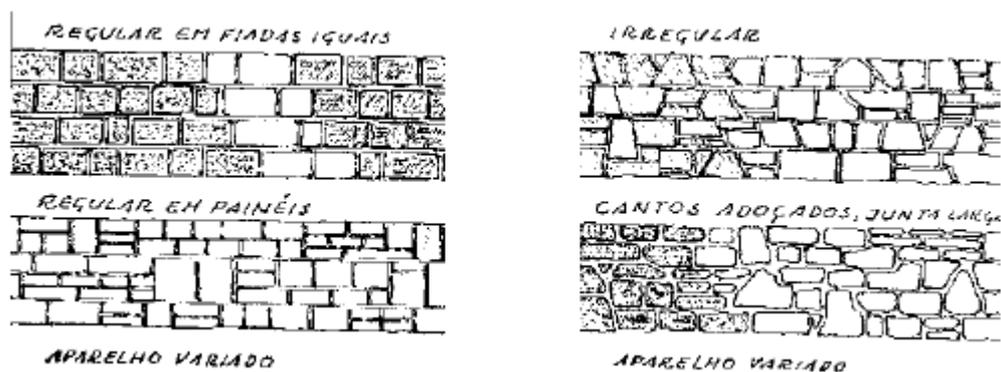


Figura 2.4 – Diversos aspectos possíveis de alvenaria aparelhada.

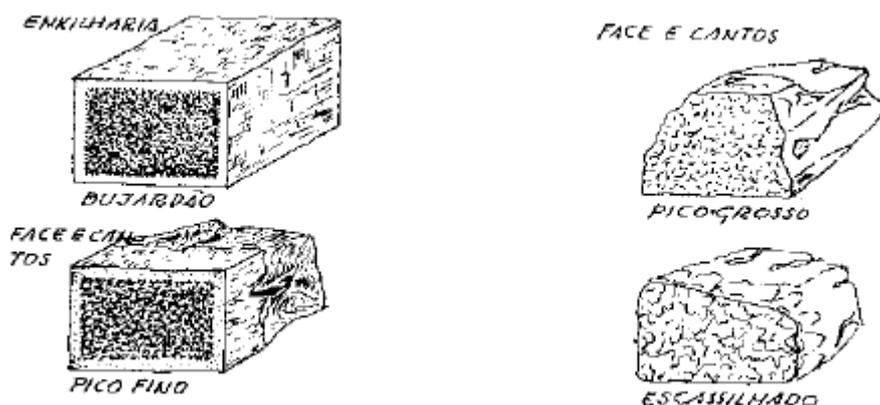


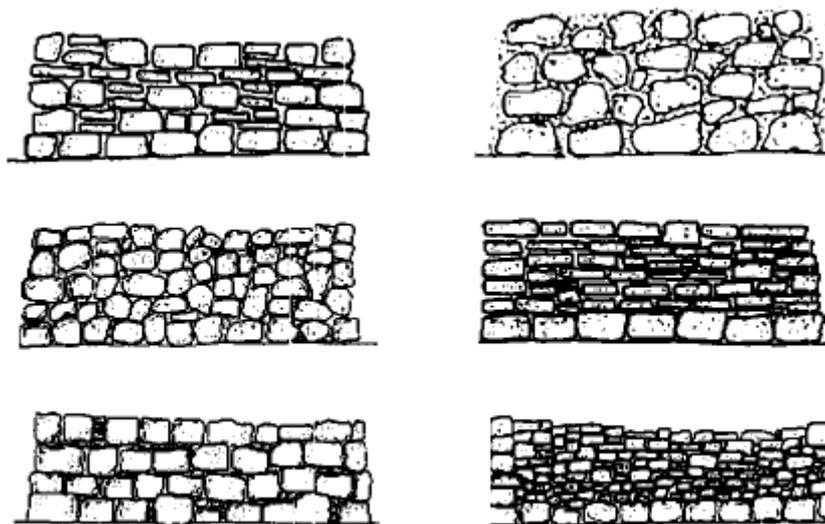
Figura 2.5 – Exemplos de Pedras para se obter a Alvenaria Aparelhada

### 2.3.1.3 Alvenaria Ordinária

Constituída por pedra irregular assente em argamassa, sendo o seu modo de fazer análogo ao da alvenaria aparelhada, observando-se porém que este trabalho é menos cuidado e por isso mais fácil e rápido [3]. 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.

Pela irregularidade das pedras é necessário, muitas vezes, introduzir pedras pequenas ou lascas de tijolo nos interstícios das pedras para as fixar e maciçar.

Neste sistema o peso da pedra concorre para a estabilidade da construção, mas também depende da aderência devida à argamassa. A argamassa pode ser de simples barro, cal e areia ou argamassa hidráulica e areia usada em trabalhos à prova de água, ou ainda o barro refractário no caso da construção de fornos.



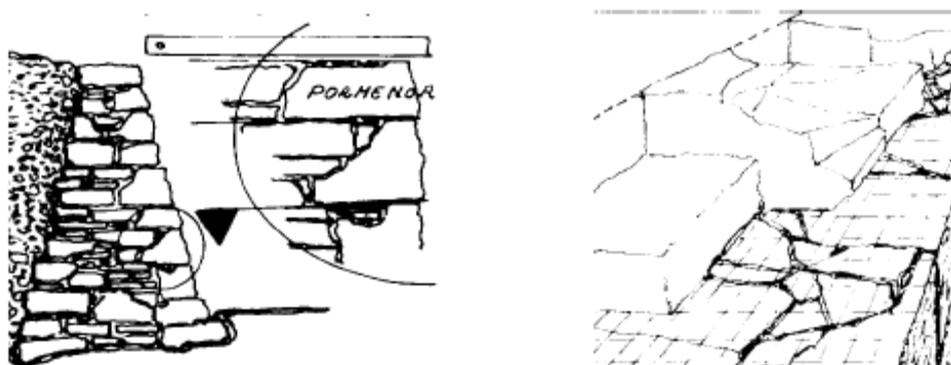
**Figura 2.6** – Da esquerda para a direita e de cima para baixo: pedra irregular; alvenaria de junta larga; pedra irregular; pedra lamelar; pedra irregular natural; pedra irregular corrigida.

#### ***2.3.1.4 Alvenaria de Pedra Seca ou Junta Seca***

Consiste na técnica de construção de paredes que dispensa o uso de argamassa na ligação das pedras entre si, tendo-se desenvolvido principalmente nas zonas onde a cal era escassa. Apesar de se poder aplicar este termo técnico a toda e qualquer alvenaria de pedra que não utilize argamassa de ligação, vulgarmente ela é associada à alvenaria de pedra irregular, mas também pode ser adoptada em obras que pela perfeição e desempenho das superfícies o uso da argamassa possa ser dispensado, normalmente tendo em vista o efeito da junta seca.

Para obviar à menor coesão da parede, consequente da falta de argamassa de assentamento, esta técnica requer uma boa execução no travamento das pedras entre si através do encaixe cuidadoso das pedras e da utilização de escassilhos. Esta é uma técnica de construção que pode ser utilizada em muros de suporte, de espera ou de encosto, em

paredes exteriores ou interiores, em fundações, e é muito utilizada para muros de vedação. No entanto, não se deverá aplicar em zonas sísmicas.



**Figura 2.7** – Muro de suporte de alvenaria seca – Fiadas regularizadas à régua

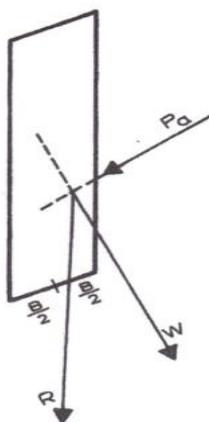
Encontra-se este tipo de alvenaria de pedra seca em castros de Trás-os-Montes e Alto Douro e também em edifícios rurais ou mesmo de arquitectura erudita, de características arcaicas.

As estruturas de pedra seca estão expostas aos vulgares mecanismos de degradação da pedra. No entanto, apresentam, frequentemente patologias específicas deste tipo de construção. A compreensão do seu comportamento estrutural é fundamental para encontrar as soluções adequadas para a conservação dessas estruturas.

Comparando as alvenarias de pedra seca com as de pedra argamassada, podemos dizer que as argamassas de ligação têm uma função dupla. Por um lado aumentam a resistência da estrutura ao introduzir uma certa coesão entre os elementos constituintes da alvenaria e, por outro lado, actuam como um redistribuidor de tensões entre os blocos de pedra no interior da estrutura. Este facto contribui para evitar a concentração de esforços nos poucos pontos de contacto além de reduzir a possibilidade de ocorrência de forças de desequilíbrio e de rotação dos elementos estruturais.

As paredes de pedra seca são estruturas muito flexíveis, e podem apresentar grandes deformações, antes da derrocada. Abaulamentos, que antecipam a derrocada, podem manter-se durante muito tempo e, de repente, a qualquer momento, entrar em colapso.

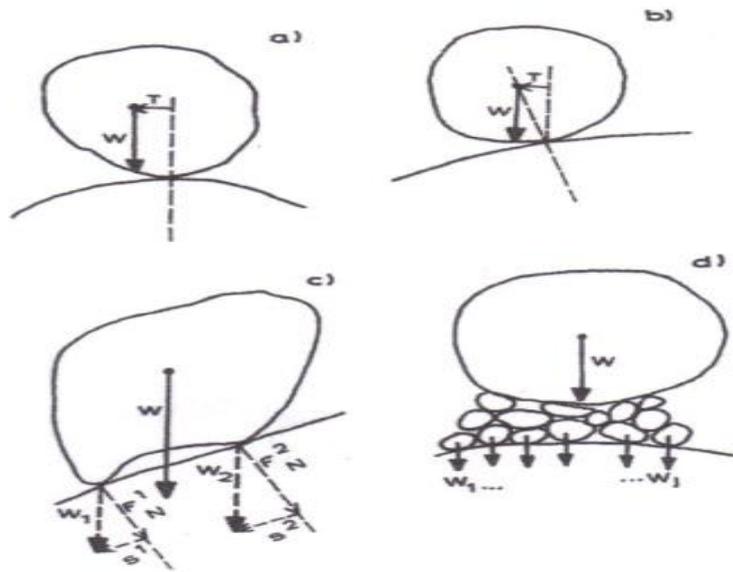
Fazendo uma análise das condições de equilíbrio das alvenarias secas, a figura seguinte (Fig. 2.8) representa uma secção esquematizada de uma alvenaria seca danificada, em que R é a força resultante do Peso (W) da parede e do impulso da Terra (Pa) suportada pela parede. Se o plano de contacto for perfeitamente desempenado e os materiais da parede totalmente rígidos, as rotações relativas entre blocos dos dois lados do seu contacto, podem ocorrer, apenas se a força resultante tiver uma excentricidade superior a  $B/2$ , isto é, quando actuarem fora da superfície de contacto entre os blocos.



**Figura 2.8** – Condições de equilíbrio numa secção ideal duma parede de alvenaria seca.  
(RODRIGUES, J.D., 1988)

Os blocos podem rodar para trás ou para a frente; no entanto, a rotação para trás pode ocorrer em conjugação com um movimento para a frente e a rotação para trás pode ser contida por um aumento da pressão da terra sobre a força actuante.

A figura seguinte (Fig. 2.9) mostra outras situações esquematizadas que podem ocorrer em paredes de alvenaria seca.



**Figura 2.9** – Condições de equilíbrio entre os blocos.  
(RODRIGUES, J.D., 1988)

Na imagem a), a componente vertical do peso actua fora do ponto de contacto entre os dois blocos. Uma componente de torção destabilizadora aumenta deslocando o bloco da sua posição de equilíbrio.

Na imagem b), o bloco inferior tem uma superfície inclinada sobre a qual se apoia outro bloco. Se o bloco superior tiver uma superfície perfeitamente arredondada, haverá uma componente de torção e uma componente de corte. Os blocos reais desenvolverão sempre esforços de corte e terão torções sempre que o vector peso cair fora do polígono definido pelos pontos de contacto.

A ocorrência das componentes de corte está melhor ilustrada na imagem c), onde a forma peculiar do bloco superior impede a existência da força de torção. No entanto pela decomposição geométrica das componentes de peso ( $W_1$  e  $W_2$ ) formaram-se duas componentes de corte ( $S_1$  e  $S_2$ ). A magnitude das componentes de corte destabilizador depende do ângulo de inclinação da superfície do bloco inferior.

Da reunião estável de blocos o equilíbrio é o resultado dum contrabalanço muito complexo de componentes de torção, forças de corte e resistência de atrito. Geralmente, o factor de segurança geral das paredes de pedra seca é muito precário.

Nalgumas estruturas de pedra seca pequenas pedras ou escassilhos preenchem o espaço entre os blocos maiores. Os construtores antigos sabiam da sua importância para

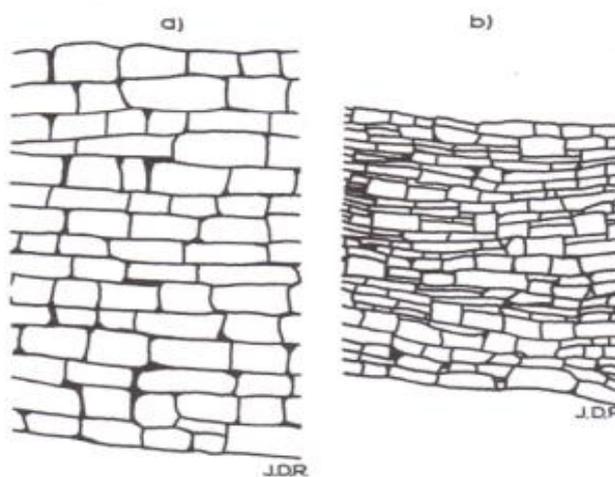
umentar a segurança da estrutura. Na imagem d), da figura anterior pode-se ver que essas peças transmitem o peso dos blocos superiores sobre os inferiores através dum grande número de pontos de contacto. Isto conduz a uma melhor distribuição do peso e a um aumento da superfície total de contacto.

As componentes de torção são mais pequenas e pode ocorrer alguma compensação mútua dentro desta nova distribuição de cargas. À medida que vão diminuindo, então, as probabilidades de ruptura nos pontos de contacto são muito menores.

A partir destas considerações pode-se verificar que blocos de igual dimensão e de superfícies arredondadas favorecem a ocorrência de poucos pontos de contacto dando origem a torções desequilibrantes e componentes de corte.

Encontram-se algumas estruturas de pedra seca montadas sobre declives muito acentuados, que ainda se mantêm em bom estado. Isto deve-se ao processo construtivo que evita rotações dos blocos, e as componentes de torção e de corte estarem contrabalançadas no interior da estrutura. Blocos paralelepípedicos de cantaria, de faces desempenadas, unidos nas fiadas com imbricamento dos mesmos aumentam a superfície de contacto e reduzem as possibilidades de rotação.

O tipo de pedra e as suas características têm grande influência na execução dos blocos, na sua forma e dimensão e, conseqüentemente, no tipo de alvenaria que com eles se obtém.



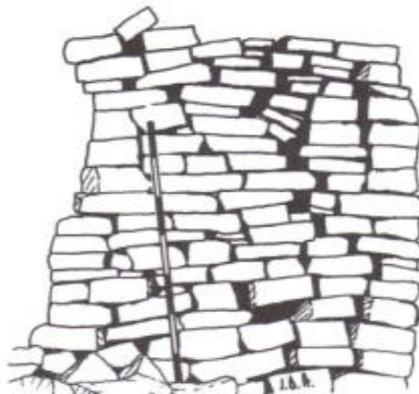
**Figura 2.10** – Dois tipos diferentes de construção de alvenaria seca, com aspecto estético e condições de segurança distintas. (RODRIGUES, J.D., 1988).

A figura de cima (Figura 2.10) apresenta 2 tipos de alvenaria seca. Quando os blocos têm tamanhos quase idênticos, como na imagem a), obtêm-se uma alvenaria de aparelho regular com os blocos colocados em fiadas horizontais regulares. Este tipo de aparelho tem uma boa aparência em termos estéticos, mas a estabilidade interna é, geralmente, deficiente.

Quando os blocos têm dimensões e formas diferentes, obtém-se uma alvenaria de aparelho semelhante ao da imagem b), com fiadas irregulares de blocos de variados tamanhos e as superfícies entre as fiadas adjacentes produzem as típicas formas ondulantes. Este aparelho tem um aparência composta, menos atractiva esteticamente, mas oferece condições de estabilidade superiores.



**Figura 2.11** – Fachada onde o imbricamento não existe (RODRIGUES, J.D., 1988).



**Figura 2.12** – Secção transversal do coroamento duma parede. Os blocos estão sobrepostos em colunas com pouco imbricamento entre eles. (RODRIGUES, J.D., 1988).

A boa qualidade construtiva tem grande influência na estabilidade da estrutura final. O travamento e imbricamento pode ser introduzido, simultaneamente, nas duas direcções, longitudinal e transversal. A figura 2.11, mostra um paramento duma parede em que não existe imbricamento nem travamento das pedras, ocasionando sinais de instabilidade. A figura 2.12, representa um corte transversal do coroamento duma parede, onde se verifica a mesma deficiência do aparelho. Nos dois exemplos, ocorrem a rotação dos blocos e conseqüente abaulamento ou “barriga”, tão acentuados que ameaçam o colapso da alvenaria. Geralmente, escolhem-se os blocos mais perfeitos e de melhor qualidade para os paramentos, e os blocos piores e menos trabalhados para a parte interna, das alvenarias.



**Figura 2.13** – Corte transversal duma parede colapsada.  
Verificam-se distintos arranjos no pano exterior e no núcleo interno.  
(RODRIGUES, J.D., 1988).



**Figura 2.14** – Corte transversal duma parede colapsada.  
Notar as fiadas regulares dos panos exteriores e o arranjo irregular do núcleo interno.  
(RODRIGUES, J.D., 1988).

Estas figuras representam dois cortes transversais de duas alvenarias secas, nas zonas em que ocorreu o colapso. Em ambos os casos as faces alinhadas das fiadas

regulares estão adjacentes ao miolo interno constituído por fiadas irregulares de pedras de imbricamento deficiente, ou mesmo casual [6].

### 2.3.2 Classificação Tipológica

A classificação tipológica tem como objectivo estabelecer as diferenças morfológicas em secções de alvenaria, de pedra e de tijolo cerâmico, típicas de diferentes épocas e locais. Na árdua tarefa de implementação das leis constitutivas, para mais fiel modelação e análise estrutural do material de alvenaria, estas diferenças devem ser tomadas em consideração porque têm, concerteza, influência no seu comportamento.

De acordo com Pinho [1997], as diferentes tipologias e designações de paredes de alvenaria antigas identificam-se de acordo com:

- a função desempenhada (Quadro 2.2);
- a natureza e características dos materiais e ligantes utilizados (Quadro 2.3).

**Quadro 2.2 - Classificação das paredes dos edifícios antigos e dos muros antigos de acordo com a sua função**

Designação	Função	Observações
Paredes <i>mestras</i> : - Interiores; - De fachada (frente e tardo); <b>- Laterais (empena, quando se prolongam até ao espigão do telhado)</b>	Paredes resistentes, interiores <b>ou exteriores, geralmente de grande espessura.</b>	<b>Nas construções correntes, as paredes com capacidades resistentes que definem grandes divisões designam-se por <i>frontais</i>.</b>
Paredes divisórias ou de compartimentação.	Dividem o espaço limitado pelas paredes <i>mestras</i> .	<b>Quando não suportam cargas e apenas delimitam pequenas divisões, designam-se por <i>tabiques</i>.</b>
Muros de suporte.	Sustentam as terras de aterros ou escavações e servem também de revestimento dos seus taludes.	<b>São muros de gravidade.</b>
Muros de vedação.	Limitam ou fecham um espaço.	_____
Muros de revestimento.	Protegem os taludes dos agentes atmosféricos.	Têm a inclinação natural dos taludes onde se aplicam e uma espessura reduzida.

[Pinho, 1997]

**Quadro 2.3- Designação das paredes dos edifícios antigos de acordo com a natureza, dimensão, grau de aparelho e material ligante**

<b>Designação</b>	<b>Natureza</b>
Parede de adobe / Paredes de taipa	Paredes construídas com terra moldada.
Parede de alvenaria de pedra seca/Empedrados	Pedras assentes por justaposição, apenas travadas entre si, sem qualquer tipo de argamassa.
Parede de alvenaria de betão	Alvenaria de betão
Parede de alvenaria de tijolo	Paredes construídas com tijolos, geralmente cerâmicos.
Parede de alvenaria ordinária (corrente)	Pedras toscas, irregulares em forma e dimensões, geralmente manejáveis por um homem, e ligadas por argamassa <i>ordinária</i> .
Parede de alvenaria de pedra aparelhada	Pedras irregulares aparelhadas numa das faces e assentes em argamassa <i>ordinária</i> .
Parede de cantaria (ou silharia)	Pedras com as faces devidamente aparelhadas (cantaria), geralmente de grandes dimensões e com formas geométricas definidas, assentes com argamassa ou apenas sobrepostas e justapostas.
Parede de alvenaria refractária	Pedras ligadas com argamassa refractária.
Parede de alvenaria hidráulica	Pedras ligadas com argamassa hidráulica.
Paredes mistas	Pedras ligadas com argamassa hidráulica.

[Pinho, 1997]

Para as paredes *mestras*, paredes com funções estruturais, interessa ainda fazer uma classificação tipológica quanto às características construtivas. Em paredes de **alvenaria de pedra**, esta classificação assenta em quatro parâmetros de base [7]:

- **as pedras**: a forma das pedras utilizadas (trabalhadas ou não trabalhadas), a natureza ou origem, as dimensões, a cor e o estado de conservação;

- **a secção**, com referência à tipologia construtiva: o número de paramentos e respectiva espessura, o grau de sobreposição (ou imbrincamento) entre paramentos, a presença de pedras transversais (*perpianhos* ou *travadouros*), que façam a ligação entre os paramentos, ou de cunhas ou calços de assentamento, a dimensão e distribuição de vazios, a percentagem de combinação dos componentes (pedra, argamassa e vazios);

- **o assentamento**: relativo à textura e regularidade das superfícies de assentamento (regular, irregular, desbastada, etc.) e sua disposição, com destaque para a presença de calços ou cunhas (realizados com pedras de menores dimensões - seixos de assentamento);

- a **argamassa** utilizada como elemento de ligação entre as pedras ( não se considera o reboco ou a argamassa utilizada na correcção das juntas), identificando principalmente a sua consistência e, secundariamente, o desempenho, a espessura das juntas, a côr, o diâmetro, a forma e a côr dos agregados.

Todos estes parâmetros estão intimamente ligados, podendo fornecer, directa ou indirectamente, informação sobre a resistência da alvenaria e, em geral, sobre o comportamento mecânico das suas paredes:

- a forma das pedras influencia a técnica construtiva, bem como, o tipo de acabamento ou aparelho (regularidade das fiadas ou camadas) (Figura 2.15), a regularidade das juntas de argamassa e sua espessura, o uso de calços, etc.;

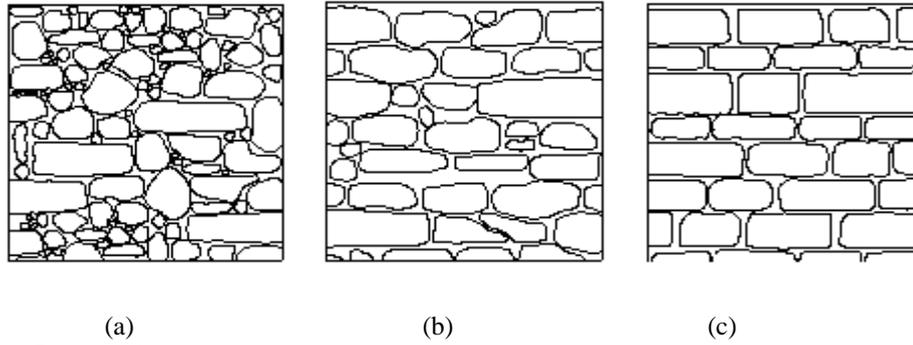
- da qualidade do assentamento (Figura 2.16), dependente do aparelho das superfícies de assentamento, pode inferir-se sobre o seu comportamento mecânico e vulnerabilidade a mecanismos de instabilização;

- a presença de pedras transversais aos paramentos (“perpianhos” ou “travadouros”) dá informação sobre o grau de ligação entre paramentos e evidencia a sua potencial apetência para fenómenos de desagregação;

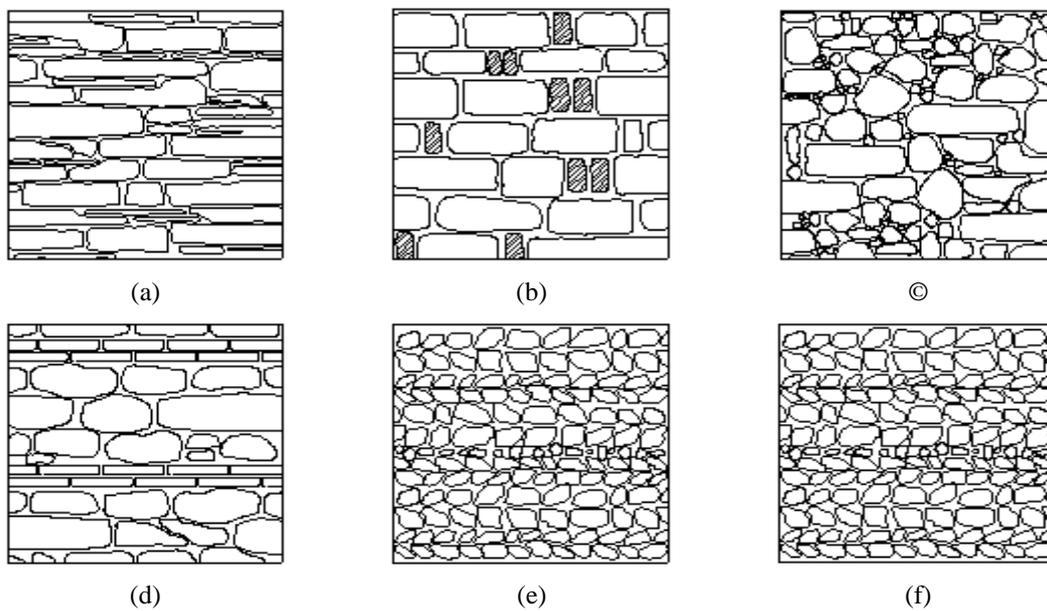
- da presença, distribuição e dimensão dos vazios, pode inferir-se sobre a qualidade da construção, o estado de degradação e sobre as possibilidades de intervenção.

Giuffré [1993], num estudo de investigação sobre a influência da tipologia da alvenaria de cantaria na estabilidade global das paredes, destaca a importância da dimensão das unidades de alvenaria, concluindo sobre o decréscimo da resistência ao corte, no plano das paredes, com a diminuição do comprimento das unidades.

Resultados análogos foram obtidos para solicitações fora do plano das paredes. Neste caso, destaca-se a decisiva importância da dimensão e distribuição dos travadouros. Estudos experimentais e numéricos confirmam que a resistência das paredes melhora com o seu grau de imbricamento [3].



**Figura 2.15** - Classificação das alvenarias de pedra quanto ao tipo de aparelho (a) juntas desalinhadas; (b) juntas irregulares alinhadas; (c) juntas regulares alinhadas.



**Figura 2.16** - Classificação das alvenarias de pedra quanto ao tipo assentamento: (a) horizontal; (b) horizontal / vertical; (c) aleatório; (d) escalonado com fiadas de regularização; (e) em “espinha de peixe”; (f) com calços ou cunhas.

A análise da secção desempenha um papel fundamental no estudo das propriedades e comportamento das alvenarias pelo que uma classificação mais geral apenas se refere à secção, nomeadamente, ao número de paramentos e ao seu grau de sobreposição.

Assim, na sequência de programas de investigação [8], realizados em Itália, sobre edifícios históricos danificados pelos sismos, definiram-se três tipologias principais divididas em subcategorias (Figura 2.17):

**- Paredes de paramento simples:**

- de pedra transversal única;
- de pedra transversal única com rebocos espessos;
- de grande espessura (em geral, com mais que uma pedra transversal).

**- Paredes de dois paramentos:**

- paramentos sem ligação: paredes constituídas por dois paramentos completamente separados por uma junta vertical ao longo do interface de contacto, seca ou preenchida por argamassa e cascalho (Figura 2.17 b);

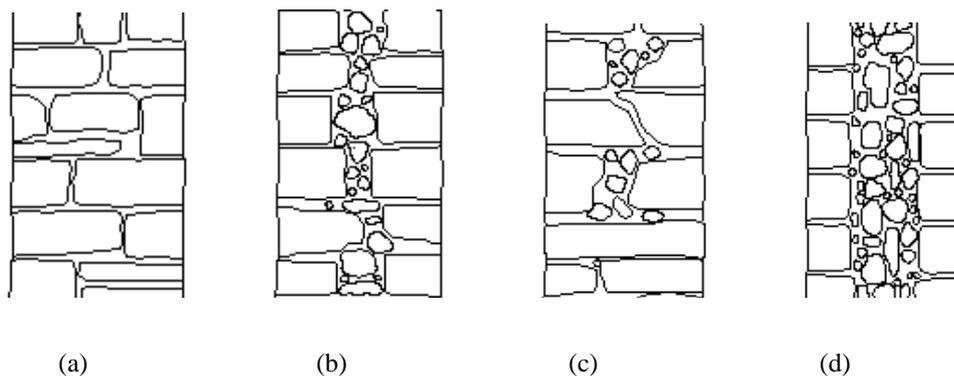
- paramentos ligados (Figura 2.17 c):

i ) por simples sobreposição: as pedras dos paramentos sobrepõem-se ligeiramente (cerca de 2 cm) a interface de contacto;

ii ) por pedras transversais: utilização de pedras transversais alongadas que atravessam toda a secção, designadas por *perpianhos* ou *travadouros*.

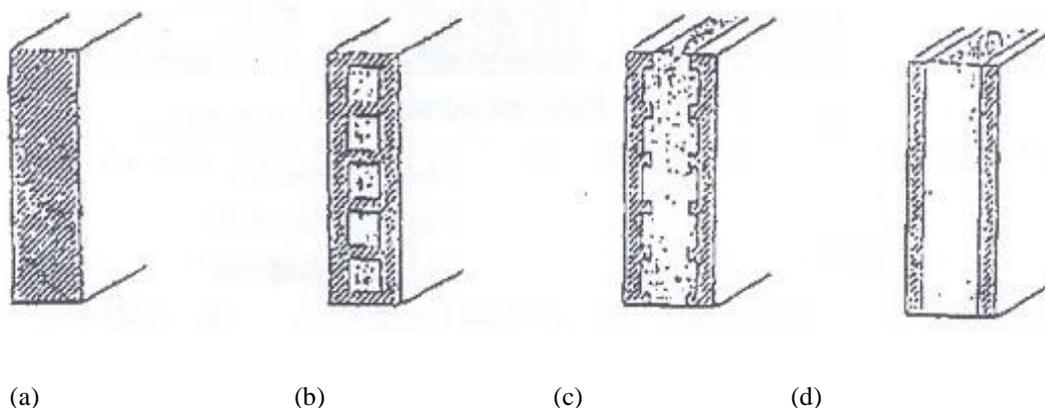
**- Paredes de três paramentos:** constituídas por uma secção resistente, não homogénea, composta por dois paramentos exteriores, com razoável regularidade, separados por uma camada interior (o núcleo) de fraca qualidade (Figura 2.17 d).

Nas paredes de três paramentos, o núcleo é constituído por material de enchimento, num aglomerado de material grosseiro, composto por restos de blocos e pedras com juntas de argamassa intercaladas, ou por material mais ou menos homogéneo, solto ou parcialmente ligado, caracterizado por uma forte presença de vazios entre a argamassa e as pedras, aleatoriamente distribuídas. Dentro desta categoria podemos ainda distinguir-se paredes com: núcleo de pequena espessura ou núcleo de grande espessura.



**Figura 2.17** - Classificação da secção das paredes em alvenaria de pedra segundo o número de paramentos: (a) paramento simples; (b) dois paramentos sem ligação; (c) dois paramentos com ligação; (d) três paramentos com núcleo de fraca qualidade.

Nas paredes compostas, isto é com mais que um paramento, a ligação transversal entre paramentos é em geral fraca e assegurada pela argamassa colocada entre as pedras, ou nula no caso dos paramentos serem desligados (Figura 2.18).



**Figura 2.18** - Ligação transversal entre paramentos: (a) conglomerado monolítico; (b) ligação reticulada; (c) ligação por sobreposição; (d) ligação plana. [Valluzzi, 2000].

As modernas e contemporâneas **paredes de alvenaria de tijolo** são geralmente classificadas e identificadas em função da sua espessura da secção, muito associada à disposição dos tijolos (Quadro 2.3).

**Quadro 2.4 - Designação das paredes de tijolo em função da sua espessura**

<b>Espessura da parede</b>	<b>Designação</b>
Igual à espessura de um tijolo	Pano de tijolo ao alto
Igual à largura de um tijolo	Parede de meia vez
Igual ao comprimento de um tijolo	Parede de uma vez
Igual à soma da largura com o comprimento de um tijolo	Parede de uma vez e meia
Igual a duas vezes o comprimento do tijolo	Parede de duas vezes

[Leitão, 1896; Segurado, 1908].

Os panos de parede menos espessos obtinham-se pela colocação dos tijolos ao cutelo ou ao alto, ou seja, assentes segundo a sua espessura. As paredes com esta disposição dos tijolos, a parede de *meia vez* e a parede de *uma vez* designavam-se por *pano de tijolo*.

Em igualdade de circunstâncias, as paredes de tijolo podiam ser menos espessas que as de pedra, por dois motivos. Primeiro, porque a horizontalidade do assentamento e a maior regularidade de sobreposição lhes conferia maiores resistências e depois porque têm uma condutibilidade térmica inferior [9].

No entanto, as paredes de alvenaria de tijolo antigas eram, geralmente, de grande espessura (mais de 60 cm) e com uma distribuição dos tijolos muito menos homogénea da que apresentam hoje. Por vezes apenas o(s) paramento(s) exterior(es) eram construídos com uma disposição regular dos tijolos, enquanto o interior, por razões económicas, era preenchido com restos de tijolos e pedras com juntas de argamassa espessas.

Assim, à semelhança da classificação feita para as paredes de alvenaria de pedra, também nas paredes de alvenaria de tijolo cerâmico, as tipologias de secção mais usuais são:

- paredes de paramento simples;

- paredes de paramentos múltiplos.

A espessura das juntas era, geralmente, inferior à espessura dos tijolos, numa relação de 1 para 2/5. Também a espessura das juntas, finas ou espessas, e a espessura dos paramentos devem constituir parâmetros de classificação. Nas paredes de paramentos múltiplos, pontualmente, eram colocados tijolos a uma vez, funcionando como travadouros (perpianhos) que uniam os dois panos.

As diferentes disposições relativas dos tijolos na secção, o aparelho, dependiam de objectivos funcionais e/ou decorativos.

Convém referir que além dos aspectos, até agora referidos, relacionados com a caracterização das secções de alvenaria e das suas propriedades mecânicas (comportamento material), outros aspectos construtivos como o reforço dos cunhais, nas ligações de canto entre paredes exteriores, a variação em altura da espessura das paredes mestras, a ligação entre paredes e pavimentos (e cobertura), e a distribuição e o tipo de guarnecimento dos vãos desempenham grande influência no comportamento estrutural das paredes.

Nos cunhais das paredes de cantaria, ou nas paredes mistas, utilizava-se a cantaria para melhorar o travamento das paredes formando uma cadeia de ângulo, onde as pedras deviam ter no mínimo 60 centímetros de comprimento.

A espessura das paredes mestras dos edifícios antigos não é, em geral, de espessura constante em toda a altura, aumentando de cima para baixo, tal como as cargas, através de ressaltos no paramento interior ao nível dos pavimentos.

As zonas de interrupção das paredes resistentes com aberturas de portas ou janelas eram reforçadas no seu contorno com materiais e técnicas dependentes da natureza e constituição da parede, da sua importância estrutural, da dimensão das aberturas, etc. O lancil, estrutura que delimita as quatro superfícies de um vão, é formado por: duas superfícies laterais (as ombreiras), uma superfície superior (verga ou padieira) e uma inferior (peitoril, nas janelas de peito; soleira ou arrebate, nas portas).

Dependendo da existência no local de pedra de boa qualidade e dos recursos económicos, o lancil era constituído por elementos de pedra de cantaria. Nestes casos, face à pequena resistência à flexão da pedra, as padieiras eram ressalvadas através de

arcos que transferiam as cargas para os *nembos* ou *machos* (troços de parede entre dois vãos consecutivos). Em construções mais económicas eram, frequentemente, utilizados outros materiais, como toros de madeira, grandes pedras, cantaria, tijolo, ou ainda soluções mistas. Nalguns casos aplicavam-se apenas reforços horizontais, padieiras ou vergas, apoiados pelas extremidades na própria parede de contorno da abertura.

Apesar destes reforços, não era possível evitar a fragilidade destas zonas da estrutura do edifício onde, no caso da ocorrência de um sismo, se concentram grandes esforços e, por consequência, danos significativos [9].

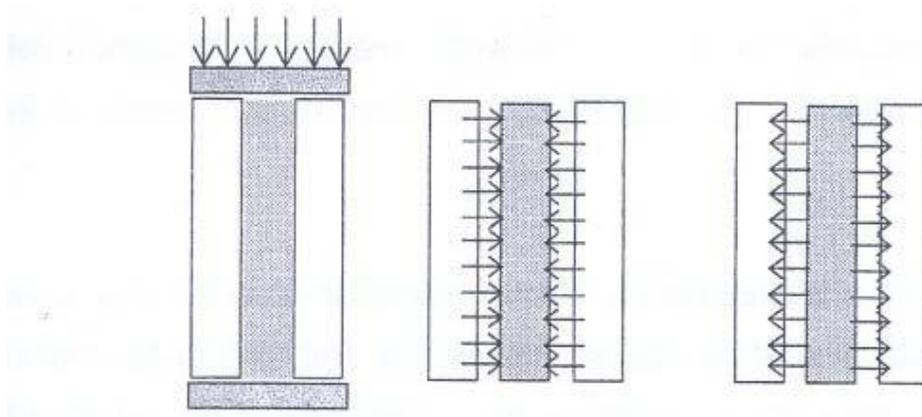
### 2.3.3 Principais Patologias

Interessa, nesta secção, identificar e distinguir patologias inerentes ao comportamento estrutural (aspectos relacionados com a concepção) e inerentes ao comportamento material (dependente das características dos materiais utilizados, das técnicas construtivas, da tipologia da secção, etc.). No entanto, geralmente, as patologias nas alvenarias estruturais manifestam-se como uma combinação destas vertentes, sendo por vezes difícil atribuir-lhes uma origem específica.

As principais patologias da **alvenaria de pedra**, como material estrutural, relacionam-se, frequentemente, com:

- muito fraca resistência a esforços de tracção (argamassas quase incoerentes) e, consequentemente, fraca resistência a esforços de flexão;

- resistência à compressão muito dependente, especialmente em paredes compostas, do grau de confinamento transversal dos paramentos, da existência de material incoerente no núcleo e do volume e distribuição de vazios. Em paredes compostas há a tendência para o núcleo, de fracas características mecânicas, compactar, com consequente distribuição de tensões não-uniformes e tendência para deformar ou expulsar os panos externos.



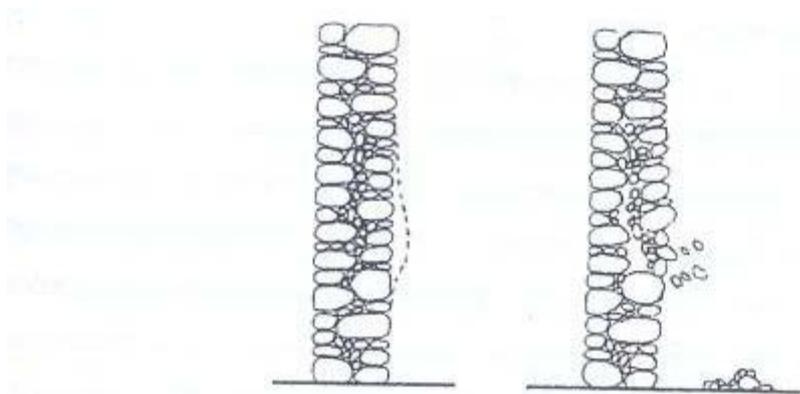
**Figura 2.19** - Influência recíproca entre os estratos de uma parede de três panos, com núcleo de fraca características mecânicas [Valluzzi, 2000]

À existência de “cavidades” na alvenaria está associado um comportamento muito heterogêneo como, por exemplo, o provocado pela irregular distribuição de tensões na secção. Os vazios, aleatoriamente distribuídos, contribuem para que a caracterização mecânica destas paredes, já de si complexa e dependente de muitos outros parâmetros, seja ainda mais dificultada.

- fraca resistência ao corte, condicionada quer pela débil resistência da argamassa a tensões de corte (lei de Coulomb), quer pela fraca resistência a mecanismos de tracção (tracção diagonal) que se formam, no funcionamento global da parede, quando submetida a cargas horizontais no plano.

As patologias do comportamento estrutural relacionam-se com fenómenos de instabilidade, local ou global, associados, geralmente, à:

- fraca ligação transversal entre os paramentos constituintes da secção da parede, o que facilita o desenvolvimento de mecanismos de rotura por instabilização local, com a desagregação do(s) pano(s) quer por acção de cargas verticais, especialmente se forem elevadas, quer por acção de cargas horizontais, resultantes da acção sísmica ou de impulsos de arcos ou abóbadas.



**Figura 2.20** – Instabilização local de uma parede de pedra com fraca ligação transversal entre paramentos.

- fraca ductilidade e fraca capacidade de dissipação da energia absorvida, especialmente sob a acção sísmica, que se reflecte em mecanismos de rotura frágil;

- deficiente ligação entre elementos resistentes:

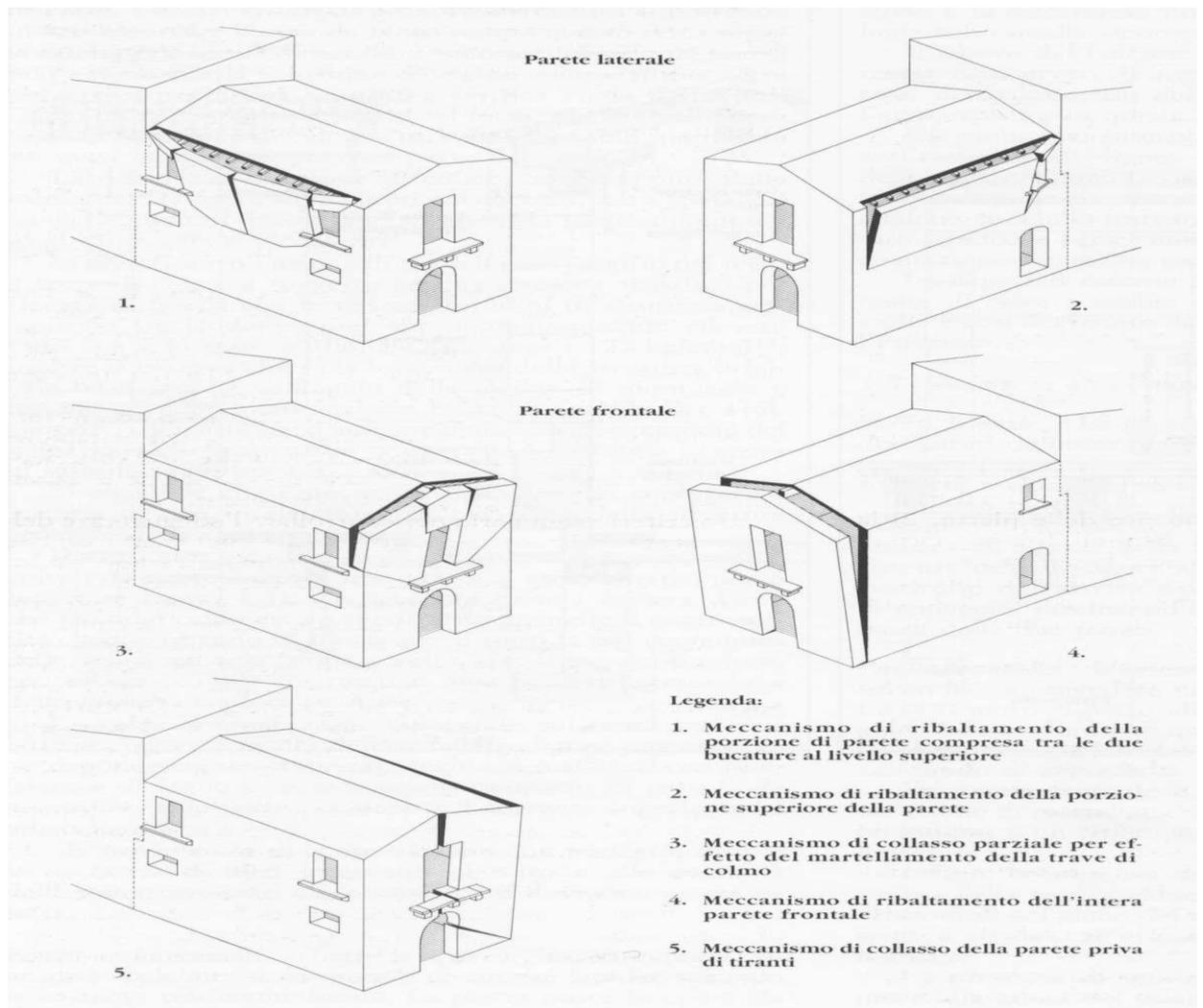
- i ) fraca ligação entre paredes ortogonais, que inviabilizam, especialmente para a acção sísmica, um efectivo funcionamento da construção com comportamento tridimensional, tornando possível o derrube de uma fachada exterior, por rotação, após separação das paredes transversais;

- ii ) deficiente ligação entre os pavimentos/coberturas, geralmente de madeira, e as paredes resistentes que os suportam.

Com efeito, as ligações entre paredes transversais são uma fragilidade das construções históricas. Independentemente de terem tido um processo construtivo contínuo, e mesmo nos casos em que ainda mantêm uma aparente continuidade, o certo é que sob a acção sísmica as paredes se desligam, com grande perda de rigidez para a estrutura, podendo vibrar umas contra as outras o que agrava a possibilidade de destruição e colapso.

A existência de paredes amplas, isto é, paredes com grande desenvolvimento e elevada esbelteza, sem elementos intermédios de contraventamento, é outra das fragilidades de algumas estruturas de alvenaria antiga. Também aqui, um processo empírico, por observação de cenários de colapso, ao longo do tempo, e das suas condições, reconheceu este aspecto como um importante parâmetro de controlo a incluir nas boas regras de construção antiga.

Em edifícios antigos correntes estes problemas manifestam-se frequentemente nas paredes. Por essa razão, e para que toda a estrutura possa colaborar, de forma concertada, na resistência aos sismos, se justifica a melhoria das ligações intermédias entre as paredes de alvenaria e os pavimentos elevados, bem como entre as paredes e a cobertura.



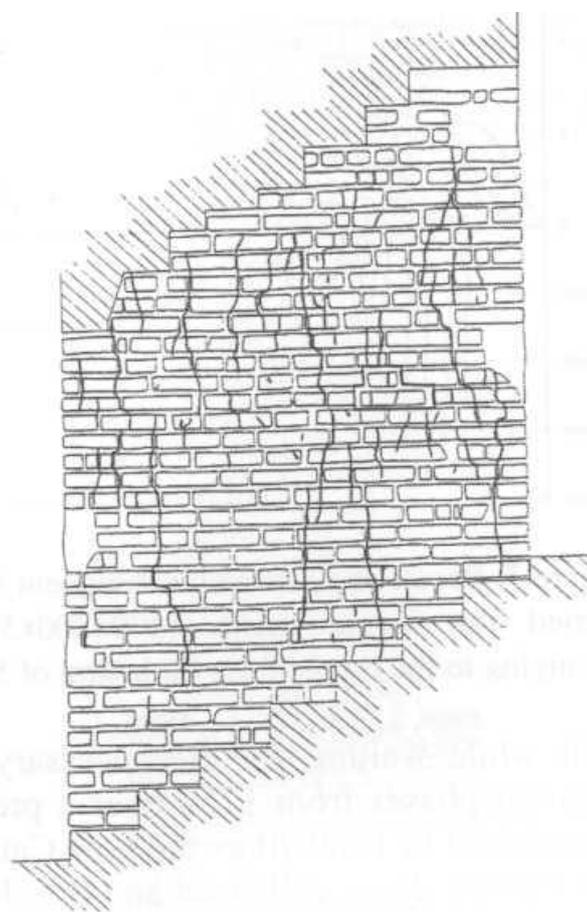
**Figura 2.21** - Mecanismos de dano sísmico em paredes de edifícios associados à sua fraca ligação das paredes em alvenaria com os restantes elementos estruturais.

Em estruturas de **alvenaria de tijolo cerâmico**, especialmente estruturas maciças como torres, muralhas ou com paredes pesadas, em geral, além das patologias comuns às paredes de pedra, destacam-se, entre os mecanismos associados às patologias mais frequentes, fenómenos de [10]:

- macrofissuração: fissuração que atravessa toda a secção da parede e é atribuível a acções estáticas ou dinâmicas correntes (concentração de esforços nas zonas dos cantos, assentamentos das fundações, acréscimo rápido das cargas permanentes, sismos, etc );

- microfissuração: uma fina e difusa malha de microfissuração, com andamento vertical (ou quase vertical), que afecta, principalmente, as juntas de argamassa (em função da textura da parede) mas também os próprios blocos (Figura 2.22).

- separação dos paramentos: frequente em paredes compostas devido à sua fraca ligação transversal.



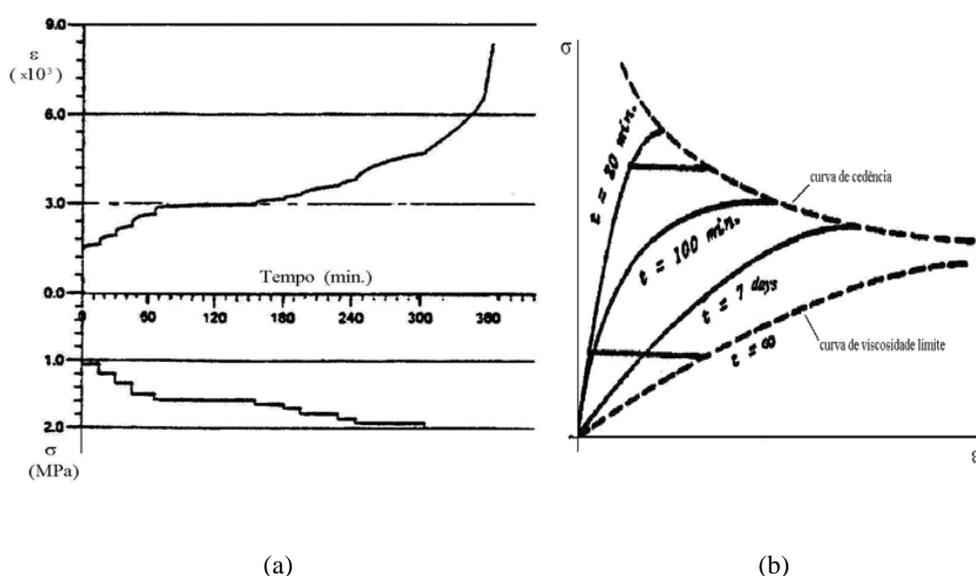
**Figura 2.22** - Aspecto da fendilhação (microfissuração) numa parede da torre sineira da Catedral de Monza, Itália. [Binda et al., 1999]

Os fenómenos de separação dos paramentos, por dilatação transversal da secção, e a microfissuração não são atribuíveis a causas correntes, como as da macrofissuração, nem à degradação mecânica ou físico-química dos materiais constituintes.

Comparativamente com outros fenómenos de degradação, a presença de microfissuração difusa foi considerada pouco sensível a acções estáticas porque,

aparentemente, é pouco influente no comportamento global da parede. Além disso sempre se lhe atribuiu pouca importância por se considerar associada a um estado estacionário da estrutura.

Estudos experimentais [11] têm demonstrado que as elevadas cargas permanentes, e os fenômenos de fluência associados, tem um papel importante neste contexto. Em diversas estruturas que desmoronaram sem “sinais prévios de aviso” tem sido identificado este tipo de fissuração associado a estados de deformação excessivos para a acção de cargas permanentes (essencialmente o peso próprio) correspondentes a cerca de 60% a 70% das suas cargas de rotura.



**Figura 2.23** - Alguns aspectos do comportamento mecânico das alvenarias: (a) evolução no tempo, sob carga constante, da tensão e da deformação; (b) influência da velocidade de carga no módulo de elasticidade da alvenaria. [Binda et al., 1999]

Após a ocorrência destes colapsos, a eficiência estática das alvenarias antigas de tijolos cerâmicos constitui um assunto de atento estudo e investigação. As fendas, apesar de finas, podem ser “o aviso prévio” que de pronunciadas fendas ou esboroamentos e da eminência da rotura de algumas destas estruturas.

Os primeiros resultados da investigação [10] para explicar a ruína brusca destas alvenarias apresentam, como causa, a acção combinada de elevados esforços de compressão e movimentos internos da secção da parede que se manifestam com uma típica fissuração difusa dos paramentos (microfissuração). Os movimentos internos da

secção da parede dependem de vários factores, independentes das condições de carga (tipologia da parede, geometria, qualidade do assentamento dos blocos, condições ambientais, etc.), que podem induzir grandes modificações na distribuição das tensões, sobretudo para valores de compressão próximos do colapso do material.

A combinação das causas anteriores com a acção cíclica dos fenómenos ambientais (vento, variações térmicas e higróscopicas) e outras vibrações (como por exemplo as vibrações induzidas pelo toque do sino ou pelo tráfego moderno) podem contribuir para o agravamento do estado de fendilhação existente, acelerando os mecanismos de deterioração física, química e mecânica dos materiais comprometendo a estabilidade da estrutura.

Estão em curso, há alguns anos, investigações experimentais em Itália, que tem por objectivo o estudo de uma técnica de reforço que controle a evolução destas patologias. A técnica designa-se por “refechamento armado das juntas” e consiste na introdução de elementos de reforço em ranhuras abertas nas juntas horizontais e posteriormente envolvidas pela argamassa de refechamento. A fiabilidade desta técnica de intervenção foi comprovada num conjunto de ensaios experimentais. O estudo permitiu definir todo o faseamento da intervenção, desde o projecto à execução e à avaliação da eficácia e adequabilidade. No capítulo 3 serão abordadas, com mais detalhe, as características desta e de outras técnicas de reforço.

Os monumentos constituídos por alvenarias secas são propensos a vários mecanismos de instabilização, alguns deles, específicos do seu tipo e que são originados por causas internas e externas.

As causas internas estão relacionadas com o tipo de rocha dos blocos e as suas características, com o projecto estrutural, com os processos construtivos e as condições do local onde o edifício está inserido. A degradação devido às acções climáticas e os problemas de estabilidade são algumas das manifestações patológicas causadas por agentes internos.

As causas externas agrupam-se em condições climáticas, causas de origem humana, a vegetação e os animais. A chuva, a temperatura e a humidade relativa influenciam a velocidade de deterioração dos materiais, por favorecerem a cristalização de sais, a tumefacção dos minerais, os ciclos de molhagem-secagem e de gelo-degelo. Os

visitantes, ou por vandalismo ou por negligência, podem fazer danos nas estruturas de pedra seca. Também os animais podem ser um agente significativo de distúrbio. Os líquenes e as algas, tal como noutras estruturas, podem actuar como agentes de deterioração, e a vegetação superior como arbustos e árvores muitas vezes são encontrados nestas estruturas de pedra seca em estado de ruína, actuando, por vezes, como sistemas de contenção.



**Figura 2.24** – Degradação de alvenaria seca devido ao crescimento de vegetação de grande porte. (RODRIGUES, 1988)

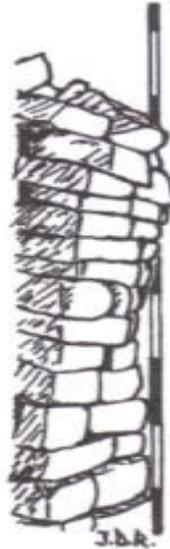
A deterioração dos blocos de pedra pode manifestar-se pela erosão das superfícies de contacto que reduz a estabilidade estrutural, ou pode provocar a rotação dos blocos destabilizando toda a estrutura.

Deve-se sublinhar que as estruturas de pedra seca, quando em bom estado de conservação, são drenadas naturalmente e a própria ascensão capilar pode ser mesmo, nula. Os fenómenos associados à circulação de água nestas estruturas, são muito específicos, por favorecerem a ventilação e a drenagem dos interstícios entre as pedras que constituem a alvenaria.

Por outro lado, são frequentes os colapsos das alvenarias de pedra seca. Uma vez derrubadas, a sua reconstrução só será possível se as paredes, antes do colapso, tivessem sido fotografadas e os blocos que as constituem, devidamente numerados.

O desaprumo e o abaulamento são duas manifestações da instabilidade estrutural.

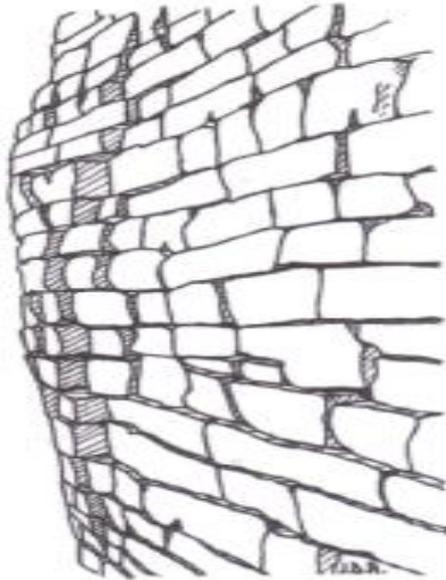
A inclinação ou desaprumo corresponde ao movimento de rotação para o exterior das fiadas mais elevadas da alvenaria, que indiciam condições de insegurança e situações de pré-esforço. A figura seguinte ilustra este tipo de instabilização.



**Figura 2.25** – Situação de pré-colapso causada pela inclinação das fiadas superiores de blocos da alvenaria seca. (RODRIGUES, 1988)

O abaulamento ou “barriga” ocorrem quando algumas fiadas apresentam um certo movimento para a frente produzindo um perfil convexo onde os blocos parecem ser projectados para o exterior da parede. Pode ocorrer a diferentes alturas da alvenaria, sendo a situação mais perigosa quando ocorre na zona inferior da alvenaria.

O abaulamento é uma consequência da rotação relativa dos blocos. A deterioração, com o conseqüente adelgamento da espessura dos blocos, é uma causa do abaulamento. Blocos de pedra não deteriorada, mas de superfície curvilineas podem contribuir para o deficiente comportamento estrutural de alvenarias secas. A seguinte figura representa um abaulamento típico numa alvenaria seca com blocos de pedra sã e rija, mas com uma aparência particularmente perigosa. Quando a alvenaria de fundação está inclinada o abaulamento e o colapso podem ser originados pela rotação para o exterior das fiadas mais baixas.

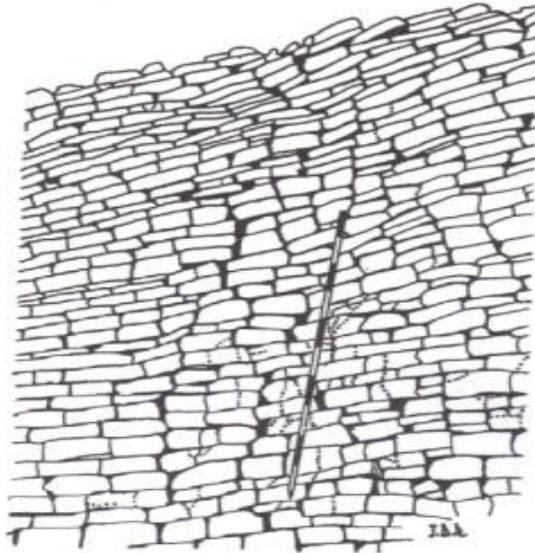


**Figura 2.26** – Situação de pré-colapso devido ao abaulamento. Os blocos parecem destacarem-se para o exterior da parede. (RODRIGUES, J.D; 1988)



**Figura 2.27** – A remoção dos blocos inferiores pode favorecer a rotação para o exterior e causar abaulamento e colapso. (RODRIGUES, 1988)

Fracturas de corte podem afectar as paredes em consequência da instabilização das fundações ou quando tensões grandes originam assentamentos diferenciais entre as superfícies adjacentes das alvenarias. A figura 2.28 representa a ocorrência das fracturas de corte no interior dos blocos na zona de contacto entre uma área abaulada da alvenaria, á esquerda, e um sector estável, á direita. A escala indica a direcção principal do movimento. As fissuras e o alargamento dos vazios entre os blocos indicam o movimento diferencial entre as duas áreas da alvenaria [12].



**Figura 2.28** – As fracturas de corte por movimentos diferenciais excessivos de um sector abaulado da parede, no lado esquerdo. A escala indica a direcção principal do movimento.  
(RODRIGUES, 1988)

## 2.4 Fundações

O comportamento das estruturas de alvenaria antigas está intimamente ligado com o comportamento associado solo-estrutura, pelo que as principais características dos alicerces ou fundações antigas serão aqui brevemente referidas.

À semelhança das paredes resistentes, as fundações antigas eram, vulgarmente, executadas em alvenaria de pedra, de tijolo cerâmico ou mista (pedra, tijolo e madeira), seca ou com ligante. No entanto, a esta fase construtiva menos cuidada correspondia uma menor qualidade generalizada da alvenaria com frequentes erros de implantação que eram corrigidos, posteriormente, na execução das estruturas sobrejacentes (paredes ou pilares). Vulgarmente eram utilizados enrocamentos de pedra ordinária, misturados ou não com argamassa, lançados contra o terreno em valas ou poços. Particularmente no caso de estruturas importantes e pesadas, ou no caso de estruturas com melhor qualidade construtiva, os alicerces eram executados em alvenaria de pedra trabalhada, arrumada à mão, ou de tijolo cerâmico.

As fundações antigas podem classificar-se, tal como ainda hoje se faz, em dois grandes grupos consoante a sua profundidade: directas ou superficiais; indirectas ou

profundas. Dentro de cada um destes grupos distinguem-se ainda soluções contínuas e descontínuas.

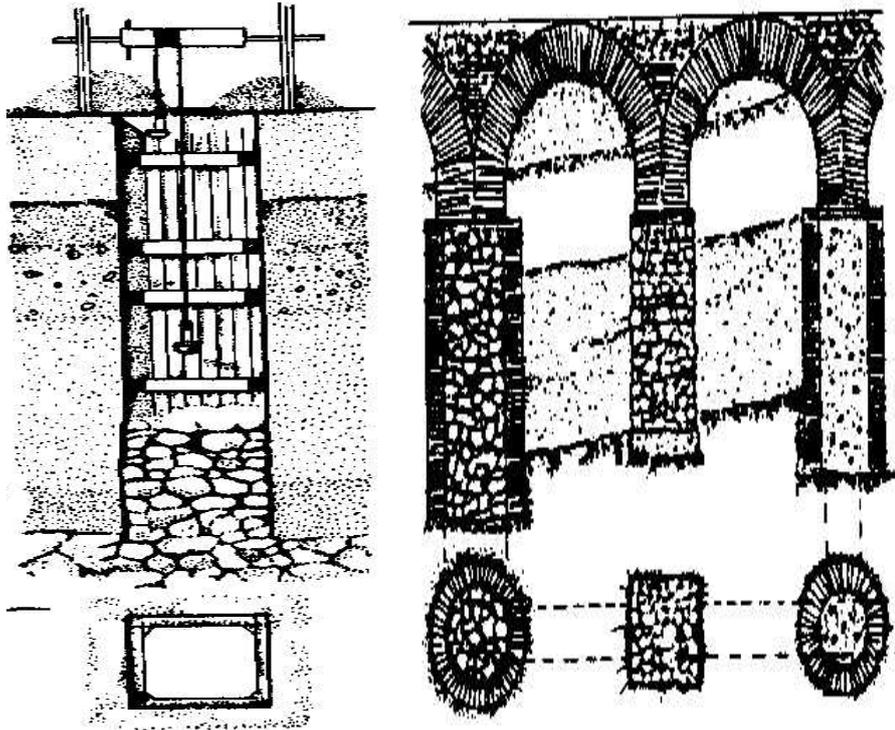
No caso das fundações directas, isoladas para pilares e contínuas para paredes, as fundações eram, tipicamente, um prolongamento dos elementos estruturais verticais (paredes mestras e pilares). Consoante as características do solo o prolongamento fazia-se com a mesma espessura das paredes, caso dos solos resistentes como os rochosos cujas características mecânicas eram, muitas vezes, melhores que as da própria alvenaria; ou tinha uma sobrelargura de envasamento, relativamente aos elementos estruturais sobrejacentes, como transição para um solo de fundação de menor resistência. A fraca resistência à tracção das alvenarias obrigava à adopção de relações altura/largura elevadas para baixar as tensões de tracção por flexão.

Em sapatas com maiores dimensões em planta, para obviar a este problema eram intercaladas camadas com “barrotes” de madeira dispostos em direcções ortogonais.

Um outro tipo de fundação directa contínua consistia em escavar no solo uma “caixa” com poucos metros de profundidade, que cobria total, ou parcialmente, a área de implantação da construção. A “caixa” era dividida em pequenas células-caixa interiores, preenchidas com enrocamento de pedra ordinária. O contorno da “caixa” e as divisórias entre as células, que conferiam maior rigidez à fundação, eram executadas com paredes em alvenaria de pedra ou de tijolo cerâmico.

As maiores diferenças nas características da estrutura dos alicerces, relativamente às paredes resistentes, surgiam quando as fundações não podiam ser directas e se necessitava de procurar, em estratos mais profundos, o solo com a capacidade de carga requerida para as fundações – fundações profundas.

Dentro desta tipologia de fundações era corrente a abertura de poços, com afastamentos da ordem dos três metros e profundidades variáveis, consoante a profundidade do solo firme, preenchidos com enrocamento de pedras ordinárias misturadas com argamassa ou simples enrocamento. Nalguns casos, o revestimento das faces dos poços era executado em alvenaria de pedra trabalhada ou em alvenaria de tijolo. Constituíam-se assim autênticos pilares enterrados para suporte de arcos executados em alvenaria de pedra ou tijolo cerâmico, que haviam de constituir a base para o arranque dos pilares e paredes estruturais.



**Figura 2.29** - Fundações sobre poços de alvenaria: (a) execução de um poço: a escavação, o escoramento e o enchimento; (b) arcos de fundação assentes sobre poços de alvenaria de diferentes tipologias. [Piccirilli, 1996]

Para minimizar o risco de assentamentos diferenciais no suporte dos arcos de fundação utilizavam-se, por vezes, ligações inferiores entre os poços, com arcos invertidos. Construía-se assim uma autêntica estrutura (enterrada) de fundação, profunda e contínua, em alvenaria, em que as aberturas dos arcos representavam uma solução para a economia de material.

Alternativamente e muito dependente da natureza das camadas subjacentes ao solo firme, executavam-se cravações de estacas de madeira. No entanto, esta solução estava ainda limitada à disponibilidade de estacas com boa capacidade resistente, provenientes de espécimes de grande dimensão e cuja aplicação se poderia destinar a funções mais nobres.

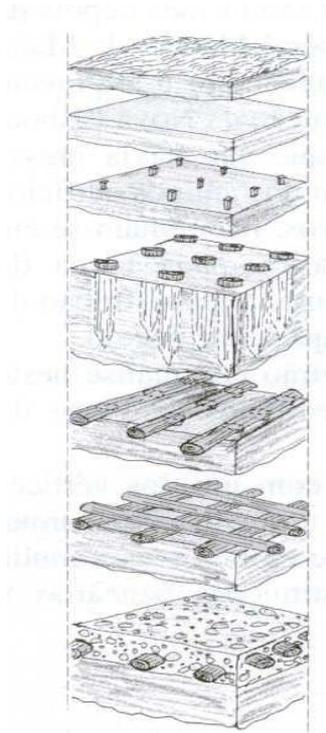
As estacas de madeira além de transmitirem as cargas a estratos do solo mais profundos, com melhores características de resistência e deformabilidade, eram também utilizadas para melhoramento dos solos. Com efeito, a cravação de estacas com grande proximidade entre si confinava e melhorava a consolidação do solo. O processo

terminava quando a densidade de cravação proporcionava uma compacidade ao solo que dificultava a cravação de novas estacas.

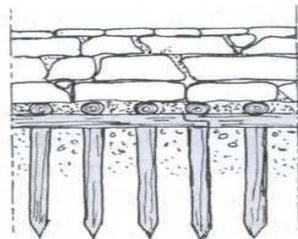
Quando os estratos de solo firme se encontravam a maiores profundidades parecia adequar-se a execução dos poços, em alvenaria de pedra, assentes sobre estacaria de madeira (caso das fundações na Baixa Pombalina, em Lisboa, após o sismo de 1755).

Uma causa frequente de patologias em alvenarias antigas relaciona-se com o deficiente comportamento das suas fundações. Entre as patologias mais preocupantes, com esta origem, estão os assentamentos diferenciais. A sua causa pode ser diversificada. Com efeito, podem estar associados a alterações do nível freático, escavações ou construções próximas, abertura de túneis ou galerias, deficiências na transmissão da carga por degradação das características originais das fundações, incremento das cargas de utilização, alterações da estrutura, etc.

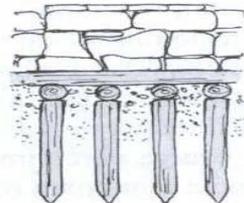
As alvenarias antigas são muito sensíveis a movimentos de distorção, como os resultantes de um assentamento diferencial, que podem induzir fendilhação e alterações geométricas importantes (desaprumo das paredes, distorção de vãos, desnivelamento dos pavimentos, etc.) com, eventual, alteração das trajectórias das cargas, podendo mesmo, dependendo da amplitude do assentamento, comprometer a estabilidade da estrutura.



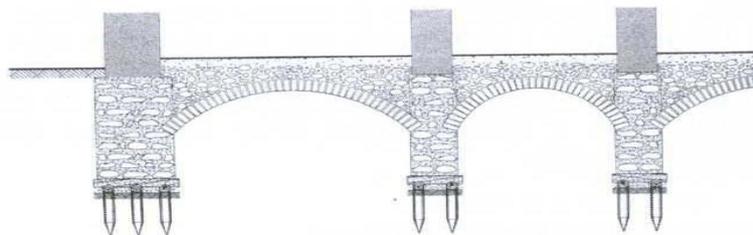
(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 2.30** - Aspectos construtivos das fundações em edifícios da Baixa Pombalina - Lisboa, na reconstrução após o terramoto de 1755: (a) fases de construção; (b) corte longitudinal; (c) corte transversal; (d) pormenor do arranque da estrutura sobrejacente à estrutura das fundações.

## 2.5 Propriedades Mecânicas

A modelação numérica de uma estrutura, para estimar com algum rigor a rigidez dos seus elementos e, conseqüentemente, a sua deformabilidade e distribuição de esforços, não é possível sem o conhecimento das suas propriedades mecânicas, nomeadamente, o módulo de elasticidade (E) e o coeficiente de Poisson ( $\nu$ ). Avaliar o grau de segurança da estrutura não é possível sem o conhecimento da tensão de rotura dos seus materiais, à tracção, à compressão e ao corte.

Seja para uma mais fiel modelação analítica das alvenarias, seja para melhor escolher os materiais e técnicas que melhor se adequam numa intervenção é importante o conhecimento das propriedades dos componentes da alvenaria, desde a composição da argamassa às características químicas, físicas e mecânicas das pedras e tijolos e da alvenaria como material.

Todavia, a caracterização mecânica das alvenarias antigas é dificultada quer pela sua heterogeneidade, inerente a díspares condições de construção (materiais, técnicas de construção, tipo de secção, etc.), quer por eventuais subseqüentes alterações e estados diferenciados de degradação atribuíveis a diferentes danos ou patologias.

À grande diversidade de paredes de alvenaria (secção, materiais, técnicas construtivas, patologias) está associada uma panóplia de características físicas e mecânicas. A generalização das propriedades destes materiais exige um esforço no sentido de estabelecer critérios objectivos de diferenciação e caracterização que permitam identificar (reconhecer), no meio desta diversidade, grupos mais ou menos homogéneos, em termos de características geométrico-morfológicas (tipo de secção, número de paramentos e sua espessura, técnicas e disposições construtivas, etc.) e propriedades mecânicas associadas.

Giuffrè (1991), por exemplo, propõe um critério de classificação baseado num parâmetro  $\delta$  que estabelece a relação entre a distância de dois subseqüentes travadouros (ou perpianhos) e a espessura da parede.

Em Itália a recolha de informação efectuada nos últimos anos, em edifícios de alguns centros históricos, resultou numa quantidade e diversidade de dados, relativos ao estudo e caracterização das secções das paredes de pedra, que justificou a criação de

uma base de dados cuja estrutura prevê a possibilidade de correlacionar dados novos ou existentes, assim como elaborar estatísticas e gráficos de comparação, para os parâmetros em estudo nas tipologias mais frequentes [8].

Um trabalho de catalogação deste tipo, por centro histórico ou zona de estudo, que pode ser tanto melhor quanto maior for a quantidade de dados relativos ao estudo e caracterização das secções das paredes de pedra, revelar-se-á muito útil para a sua classificação por grupos homogéneos e, conseqüentemente, para o almejado estabelecimento das leis constitutivas. No entanto, mesmo com grupos homogêneos, não é possível ter modelos genericamente válidos. A este respeito vários trabalhos tem sido desenvolvidos não só em Itália [8].

Na Eslovénia, com o objectivo de avaliar a resistência sísmica em estruturas de alvenaria, em centros históricos urbanos, foram realizados um conjunto de ensaios experimentais sobre provetes, produzidos e testados em laboratório, representativos da fraca qualidade das alvenarias de pedra ordinária [13]. Apesar de preliminares, estes resultados foram recomendados para a verificação da resistência sísmica de estruturas em alvenaria de pedra, de acordo com recomendações e normas de edição posterior aos sismos de Friuli, 1976, e Montenegro, 1979.

Mais tarde, nos anos oitenta, os resultados de ensaios, *in-situ* e em laboratório, foram também utilizados na verificação da resistência sísmica em intervenções de reabilitação no centro histórico de Ljubljana [13].

Atendendo a que os estudos referidos incidiram em centros históricos urbanos, onde prevalecem as alvenarias de pedra, as alvenarias de tijolo não foram alvo desta análise paramétrica.

Consoante os locais geográficos, é necessário realizar estudos, para identificar as características morfológicas, e mecânicas associadas, e a composição predominante das alvenarias das paredes, que permitam a definição de parâmetros a utilizar em modelos físicos e analíticos. Esta caracterização das alvenarias representa um contributo importante para intervenções que aí se venham a realizar.

Existem, hoje em dia, vários métodos para a determinação das propriedades mecânicas da alvenaria, podendo distinguir-se dois grandes grupos:

i) métodos indirectos;

ii) métodos directos.

• **Métodos indirectos:**

Com base nestes métodos as propriedades mecânicas das alvenarias são avaliadas a partir do conhecimento das propriedades mecânicas dos seus componentes básicos (unidades de alvenaria, tijolos e pedras, e da argamassa de assentamento) ou através de ensaios de “carotes” sobre a alvenaria. Os métodos indirectos pressupõem o conhecimento, à *priori*, das características dos componentes de alvenaria. Caso contrário, como acontece com as alvenarias antigas, é necessário proceder a ensaios para a sua caracterização.

Todavia, as características mecânicas dos componentes, não podem ser facilmente correlacionadas com as da alvenaria, como um todo, devido à grande falta de homogeneidade material, à diversidade de técnicas construtivas e de tipos de secção. No entanto, alguns trabalhos inferem sobre as propriedades mecânicas das alvenarias nada referindo em relação a estes aspectos. Os resultados podem apresentar-se sob a forma de:

**i) valores nominais:** em função das características dos componentes materiais.

**ii) fórmulas semi-empíricas:** ao longo dos anos têm sido apresentadas várias fórmulas semi-empíricas para a determinação da tensão de rotura das alvenarias, com base no comportamento dos seus componentes. Estas fórmulas são, no entanto, de aplicação restricta, uma vez que dependem de vários parâmetros que influem no comportamento global da alvenaria: qualidade de execução da alvenaria, tipo de aparelho, dimensões e percentagem de furos (no caso de tijolos vazados), espessura das juntas, etc.

O Eurocódigo 6 (secção 3.6) propõe uma fórmula semi-empírica para a determinação da resistência à compressão de alvenarias simples:

$$f_k = K \cdot f_b^{0.65} \cdot f_m^{0.25} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

em que:

$K$  - é um parâmetro função do tipo de aparelho e do tipo de unidades de alvenaria (toma o valor de 0.6 para unidade maciças);

$f_b$  - é a resistência normalizada à compressão das unidades de alvenaria;

$f_m$  - é a resistência da argamassa (convencional).

O módulo de elasticidade ( $E$ ), para acções de curta duração pode ser considerado igual a  $1000.f_k$ , no caso de estados limite últimos, ou  $600.f_k$ , no caso de estados limite de utilização. O módulo de distorção  $G$ , na ausência de valores mais precisos, pode ser tomado igual a  $0.4 E$ .

No caso de alvenarias antigas, estas fórmulas permitem, apenas, uma estimativa aproximada da resistência. Idealmente, a caracterização dos componentes destas alvenarias deveria ser feita com base em ensaios laboratoriais de amostras retiradas da estrutura. O Eurocódigo 6 prevê também a realização de ensaios das unidades de alvenaria e das argamassas, de acordo com as normas EN772 e a EN1015. No entanto, a recolha de amostras, além de ter um carácter destrutivo, na maior parte das vezes, não permite obter amostras intactas de argamassa, pelo que os ensaios são, muitas vezes, executados com argamassa reconstituída em laboratório [14].

Na falta de melhor informação, ou em primeira análise, as “*Prescripciones del Instituto Eduardo Torroja – p.i.e.t.70*” indicam, para o material alvenaria, uma estimativa do módulo de elasticidade e do valor da tensão característica de resistência à compressão.

O **módulo de elasticidade** ( $E$ ), em alvenarias, pode estimar-se com recurso a ensaios ou, sem recurso a ensaios, desde que se conheça a sua tensão de rotura à compressão ( $\sigma_{rotura}$ ).

A via experimental (método directo) deve considerar o comportamento elasto-plástico das alvenarias. Para o efeito, durante os ensaios deve fazer-se um intervalo de

tempo, para cada nível de carga, de forma a poder avaliar a deformação final estabilizada.

A partir dos resultados dos ensaios pode determinar-se a curva tensão-deformação ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) representativa da variação do valor do módulo de elasticidade (E), desde o início do carregamento até à rotura.

Se não se realizam ensaios (método indirecto), o valor do módulo de elasticidade inicial ( $E_0 = \text{tg } \varphi_0$ ) pode estimar-se em função da resistência à compressão da alvenaria,  $\sigma_r$ , através da expressão empírica:

$$E_0 = \alpha \cdot \sigma_r$$

onde:

$\alpha$  - coeficiente de deformabilidade, função da tipologia da alvenaria e da classe da argamassa.

O módulo de elasticidade  $E = \text{tg } \varphi$ , para outros valores de tensão pode estimar-se a partir do valor de  $E_0$ . Para o efeito, admite-se que o módulo de elasticidade tem um comportamento linear e que se anula para valores da tensão igual ou superior a  $1.1 \sigma_{\text{rotura}}$ , como se representa seguidamente.

Na análise de estruturas de alvenaria, sob a acção de cargas repetitivas e/ou alternadas, pode considera-se o módulo de elasticidade igual a  $E_0$ :

$$E = E_0 = \alpha \cdot \sigma_r$$

Na verificação da segurança aos estados limite últimos, pode considerar-se para módulo de elasticidade E o valor dado pela expressão:

$$E = 0.5 E_0$$

Para os estados limite de utilização ou para a determinação da rigidez dos elementos da alvenaria pode tomar-se o seguinte valor:

$$E = 0.8 E_0$$

Para as **alvenarias de pedra** (alvenaria ordinária e alvenaria de cantaria), na falta de ensaios de compressão, e desde que as cargas actuem uniformemente distribuídas, a resistência de cálculo pode ser avaliada, empiricamente, a partir da menor resistência à compressão, para cada classe de pedra e em função da argamassa das juntas.

- **Métodos directos:**

Estes métodos obviam à dificuldade de correlacionar as propriedades dos materiais constituintes com as da alvenaria, como material. Os ensaios são realizados directamente *in-situ*, com a avaliação das suas propriedades mecânicas, ou sobre “painéis” de alvenaria com as dimensões necessárias para que sejam representativos do comportamento da parede em estudo. Por exemplo, a amostra de uma parede de alvenaria “Pombalina” só poderá ser representativa se incluir pelo menos uma unidade da estrutura interna de madeira (“Cruz de Santo André”).

Os ensaios *in-situ*, para avaliar a resistência à compressão da alvenaria, além de ainda não estarem normalizados, trazem dificuldades acrescidas inerentes às grandes dimensões dos provetes e às exigências do sistema de aplicação de cargas e respectiva estrutura de reacção, para forças relativamente elevadas. O seu carácter destrutivo, a menos que se trate de estruturas para demolição ou em ruína, limita ainda o número de ensaios, comprometendo a possibilidade da caracterização estatística das variáveis em causa e a representatividade dos resultados.

A realização de ensaios em laboratório implica a prévia recolha e transporte de amostras. Para evitar perturbações das amostras devem adoptar-se cuidados especiais.

No caso de nenhum dos métodos anteriores ser viável, existem, hoje em dia, novos métodos de avaliação, de carácter não-destrutivo ou semi-destrutivo: o ensaio com macacos planos (“flat-jacks”). Este método permite a determinação, *in-situ*, das relações tensões-extensões da alvenaria, determinar a tensão de rotura e ainda avaliar o estado de tensão instalado na estrutura. O conhecimento do estado de tensão pode ser muito útil para a calibração de modelos analíticos. No entanto, este processo não permite obter informação, relativamente à resistência ao corte das alvenarias, pelo que, no caso de ser

importante o seu conhecimento, é necessário a realização de ensaios *in-situ* ou sobre provetes de grandes dimensões, com os inconvenientes já referidos.

Em paredes de alvenaria novas o EC6 prevê a determinação das propriedades mecânicas da alvenaria por métodos directos de ensaio, sobre paineis representativos (“walletes”), de acordo com a EN 1052.

## 2.6. Referências Bibliográficas do Capítulo 2

- [1] - **Carocci, C.**, “*Guidelines for the safety and preservation of historical centres in seismic areas*”. *Historical Constructions 2001: Possibilities of numerical and experimental techniques*. Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 7-8-9 Novembro 2001 pp.145-165.
- [2] - **Huerta, Santiago**, “*Mechanics of masonry vaults: The equilibrium approach*”. *Historical Constructions 2001. Possibilities of numerical and experimental techniques*. Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 7-8-9 Novembro 2001, pp.47-70.
- [3] - **Giuffrè, A.**, *L'intervento strutturale quale atto conclusivo di un approccio multidisciplinare*. Quaderni ARCo – Restauro, Roma , 1995.
- [4] – **MAMILLAN, Marc.** - *Novos conhecimentos para a utilização e para a preparação de pedra na construção*; Annales de l'Institut Technique du Batiment et des travaux publics, nº 335, janeiro de 1976, Série: Materias, nº 48; tradução de António de Borja Araújo, IST; pp. 18 e 19.
- [5] - **MAMILLAN, Marc.** – opus cit. nº4; pp. 21 e 22.
- [6] – **RODRIGUES, J. Delgado** – *Dry – Stone Wall monuments: Structural behaviour, disturbing mechanisms and conservating procedures*; Memória nº 703, LNEC, Lisboa, 1988, pp. 2 a 6.
- [7] - **Binda, L.** *Sperimentazione di tecniche di intervento di miglioramento strutturale su edifici in muratura nei centri storici: caratterizzazione meccanica delle murature in pietra della Lunigiana e verifica sperimentale dell'efficienza delle tecniche d'intervento per la riparazione ed il consolidamento degli edifici in muratura*. Convenzione di studio tra la Regione Toscana e il Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano, 1998.
- [8] - **Binda, L.**; Penazzi, D., *Classification of masonry cross sections and of typologies of historic buildings*. Book of Commissione RILEM MMM, to appear 2000.
- [9] - **Pinho, F.**, *Sistematização do estudo sobre paredes de edifícios antigos*. Ingenium, 2º série, Nº19, Julho 1997, pp. 49-59.
- [10] - **Valluzzi, M.**, *Comportamento meccanico di murature consolidate con materiali e tecniche a base di calce*. Università di Padova, Italy, 2000.
- [11] - **Binda, L.**; Modena C.; Valluzzi M., “*Bed joints reinforcement in historic structures*”. *CIB W23 - Wall Structures*, 36th Comission Meeting, Porto, Portugal, September 23-24, 1999.
- [12] - **RODRIGUES, J. Delgado** – *Dry – Stone Wall monuments: Structural behaviour, disturbing mechanisms and conservating procedures*; Memória nº 703, LNEC, Lisboa, 1988, pp. 8 e 9.
- [13] - **Tomazevic, M.**, *Historic urban and rural masonry houses: Criteria for seismic rehabilitation and redesign*. Slovenian National and Civil Engineering Institute, Ljubljana, Slovenia, 2001.
- [14] - **Santos, P.**; Mun, M., “*Métodos de avaliação da resistência mecânica das alvenarias em edifícios antigos*”. *Encontro sobre conservação e reabilitação de edifícios. 2º ENCORE*, LNEC, Lisboa, 27 de Junho a 1 de Julho de 1994, pp. 153-161.

### 3. TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO EM REABILITAÇÃO ESTRUTURAL

A decisão de intervir na estrutura de um edifício deve partir de uma cuidadosa avaliação da segurança, através da qual se tenha identificado um estado de degradação e/ou um conjunto de alterações que impliquem cargas ou condições mais desfavoráveis, para a estrutura, do que aquelas que foram consideradas originalmente. A intervenção nestas estruturas pressupõe ainda a sensibilidade necessária à sua compreensão.

Para planear a intervenção, é necessário adoptar uma metodologia de aproximação às estruturas que passe de uma leitura geral, com informação de carácter qualitativo, para uma análise mais rigorosa, geralmente de carácter quantitativo, que conduza à identificação das características dos materiais e da estrutura, bem como à origem das patologias apresentadas. Assim, à peculiaridade das estruturas de alvenaria antigas parece adequar-se uma **abordagem metodológica, por etapas**, semelhante à usada em medicina:

- Anamnese (historial): estudo da evolução histórica e recolha de dados e informações importantes;
- Diagnóstico: identificação das causas das anomalias e da degradação e avaliação da segurança estrutural;
- Terapia: escolha e aplicação da(s) técnica(s) de intervenção;
- Controlo: acompanhamento e controlo da eficiência da intervenção.

A anamnese, fase preliminar do estudo, recolhe informação geral sobre o historial do edifício (ou sobre edifícios da mesma época de construção), através da pesquisa de documentos e registos (históricos e, eventualmente arqueológicos), com o objectivo de encontrar informações sobre as diferentes fases de construção e utilização, as técnicas de construção e os materiais utilizados em cada uma delas.

No diagnóstico, fase mais importante do estudo, que precede a decisão de intervenção, podem distinguir-se duas fases: a auscultação da estrutura, que permitirá

avaliar o seu real estado global; e a análise integrada da informação, entretanto, obtida que deverá fundamentar as decisões a tomar.

A fase de auscultação deve incluir um levantamento geométrico e estrutural, com recurso a técnicas tradicionais ou técnicas fotogramétricas (teodolito, distanciómetro, etc.) com levantamento de eventuais irregularidades, como desvios de verticalidade (“desaprumos”); um levantamento das características construtivas com a caracterização da tipologia das paredes e os seus materiais, eventualmenete, auxiliada pela realização de uma campanha de ensaios (*in-situ* e em laboratório); uma avaliação preliminar das condições de segurança da estrutura, partindo de uma observação directa do estado dos materiais e dos elementos estruturais, com um mapeamento detalhado dos danos e anomalias visíveis, deformações, esmagamentos, fendilhações, deterioração dos materiais, deterioração das ligações entre elementos estruturais, etc.; um estudo analítico complementar, para estimar, de forma mais rigorosa, o estado de tensão da estrutura e auxiliar a avaliação do seu actual grau de segurança. Neste ponto, toda a informação precedente desempenha um papel importante na calibração dos modelos numéricos e, conseqüente, validação dos seus resultados.

Posteriormente, uma cuidadosa análise integrada da informação recolhida, realizada por uma equipa, tão multidisciplinar quanto necessário, deverá facilitar o entendimento da concepção estrutural original, e se esta foi, ou não, a executada, bem como compreender as alterações estruturais efectuadas em posteriores intervenções e identificar as causas das patologias.

Identificadas as patologias e a sua origem, é necessário tomar medidas para as remediar, para o que é necessário a elaboração de um projecto de reabilitação/reforço que contemple a escolha da(s) técnica(s) e dos materiais mais adequados a utilizar e todos os pormenores da intervenção. A este respeito convém referir que nem sempre as intervenções visam corrigir anomalias. É o caso de intervenções com o objectivo de melhorar, preventivamente, o comportamento da estrutura e fundações para ocorrências, como por exemplo abalos sísmicos ou assentamentos diferenciais, cujos efeitos possam traduzir-se em danos importantes.

Em qualquer dos casos, a decisão da necessidade de intervenção e da escolha da(s) técnica(s) de reforço não deve basear-se apenas em considerações estruturais, mas

inserir-se também num contexto mais amplo de conservação de um imóvel histórico e da sua multidisciplinaridade, dando a devida atenção a aspectos de carácter artístico, cultural, económico e de utilização.

O acompanhamento dos trabalhos de intervenção, durante e após a sua execução, com eventual monitorização da estrutura, e medições experimentais periódicas é aconselhável para controlar a adequabilidade da solução e a eventual necessidade de intervenções complementares. Para o efeito desempenham um papel importante os ensaios de carácter não-destrutivo.

Finda a intervenção, é necessário preconizar um programa detalhado com procedimentos de manutenção e intervenção futura.

As intervenções, em estruturas antigas de alvenaria, são sempre perturbadoras do seu equilíbrio, representando, por isso, um risco. Assim, a extensão das intervenções deve ser a mínima necessária para alcançar os objectivos traçados – princípio da intervenção mínima.

**Do ponto de vista estrutural os requisitos requeridos a uma intervenção** podem sintetizar-se nos seguintes pontos:

- restabelecimento das condições de segurança ( fiabilidade estrutural global):

i) estabilidade das fundações;

ii) rigidez e monolitismo estrutural (boa ligação entre elementos estruturais verticais e horizontais);

- melhoramento das características mecânicas (de difícil quantificação e função do grau de dano existente);

Atendendo a que a maioria dos materiais utilizados nas intervenções são, hoje em dia, diferentes dos originais, há três características fundamentais que devem assegurar-se a este respeito:

- Compatibilidade:

i) compatibilidade mecânico-estrutural: as técnicas e os materiais utilizados devem garantir reduzida alteração das características da rigidez da construção e do funcionamento estrutural original;

ii) compatibilidade físico-química: os materiais utilizados não devem ser a causa do aparecimento de novas patologias, por apresentarem diferentes comportamentos físicos e/ou químicos, relativamente aos materiais existentes;

- Durabilidade: a necessidade de preservação das estruturas antigas, especialmente históricas, por um longo período de vida muito longo, justifica que as exigências de durabilidade dos materiais a utilizar sejam mais severas que em estruturas novas; aos materiais modernos não se conhece a capacidade de manter as suas propriedades durante séculos, apanágio de muitos materiais tradicionais, pelo que necessitarão de acções de manutenção e reparação mais frequentes.

- Reversibilidade: na verdadeira acepção da palavra não existem técnicas verdadeiramente reversíveis, pelo que, talvez o termo retractabilidade seja mais adequado. É uma característica a que se tem dado muita importância em intervenções com materiais modernos. Assim, deve ser salvaguardada a possibilidade de facilmente poder remover, sem provocar danos nos materiais originais, os novos elementos resultantes da intervenção, no fim da sua vida útil ou no caso de revelarem sinais de inadquabilidade. Do ponto de vista prático, na maioria dos casos, esta condição é difícil de garantir, pelo que deve ser considerada como um requisito estrito a monumentos de excepcional importância.

Para além dos aspectos relativos à escolha da(s) técnica(s) e materiais, mais adequados a cada caso, devem ainda ponderar aspectos chave como:

- O aumento do peso;
- A capacidade de solidarização com o suporte;
- Aspectos estéticos;
- O custo da solução (imediato e de manutenção);

- O período de intervenção.

Hoje em dia, existe uma grande variedade de **técnicas de intervenção**, das quais convém distinguir dois grandes grupos:

**1) Quanto aos materiais:**

- Técnicas tradicionais: empregam exclusivamente materiais e processos de construção idênticos aos originais;

- Técnicas modernas ou inovadoras: procuram adequar soluções mais eficientes que as tradicionais através do uso de materiais e equipamentos modernos;

**2) Quanto aos efeitos:**

- Técnicas de reforço passivo: os reforços apenas funcionam para cargas superiores às correspondentes ao estado de equilíbrio em que a estrutura se encontra ou para deformações diferidas posteriores;

- Técnicas de reforço activo: estes reforços pressupõem uma modificação das condições de carga com reacção imediata da estrutura (alteração do estado de equilíbrio e da deformabilidade). As soluções pré-esforçadas são um exemplo claro de reforços activos.

A escolha entre soluções tradicionais ou inovadoras é controversa, mas se com técnicas tradicionais é possível obter soluções satisfatórias do ponto de vista estrutural, económico e construtivo, o seu uso deve preferir-se, não só por razões estéticas e culturais, mas também por razões de compatibilidade entre os novos elementos e os originais. Frequentemente não é fácil reparar os danos estruturais com o recurso exclusivo a uma solução tradicional, seja porque já não se encontram disponíveis materiais originais, como argamassas ou madeiras, seja porque não existe mão-de-obra qualificada (“artesãos”) para este tipo de técnicas construtivas, ou ainda por razões económicas. A razão mais frequente para recorrer a técnicas modernas ou inovadoras prende-se com a necessidade de aumentos significativos de resistência, que só se conseguem com materiais muito mais eficientes que os originais. No entanto, sempre que possível as “intervenção em alvenaria devem fazer-se com técnicas de alvenaria” semelhantes às praticadas na época e no local da construção.

No *reforço das fundações* esta controvérsia é menor. Com efeito, nestas intervenções, parecem aceitar-se melhor as técnicas e materiais de concepção recente. A sua rapidez e eficácia aliadas ao facto de ficarem ocultas, não afectando o aspecto estético, parecem ser fortes argumentos. Salienta-se, no entanto, que nos últimos anos as intervenções fortemente invasivas em fundações são encaradas com reservas uma vez que o subsolo também faz parte da herança cultural e arquitectónica.

Como já referido, existem patologias atribuíveis ao comportamento dos materiais (a alvenaria é aqui entendida como um material) e patologias atribuíveis à concepção. De igual forma existem soluções mais vocacionadas para a consolidação material e outras mais aptas para a melhoria do funcionamento estrutural. No entanto, a consolidação material pode reflectir-se, desde logo, no comportamento estrutural.

Em patologias inerentes aos materiais (pedra, blocos, argamassa ou alvenaria no seu conjunto) como é o caso da sua degradação ou da sua fraca resistência à compressão, em parte associada à elevada percentagem de vazios da argamassa e à sua débil capacidade agregante, devem adoptar-se técnicas que actuem na melhoria das suas propriedades, como é o caso das técnicas de injeção, com ou sem pregagens transversais, ou a substituição de elementos (desmonte e reconstrução).

Em patologias inerentes ao comportamento estrutural, parcial ou global, resultado de uma concepção deficiente, como é o caso da microfissuração associada à dilatação transversal por excesso de carga podem adoptar-se técnicas de refechamento das juntas com armadura de reforço ou outras soluções como a cintagem da estrutura, que reduzam as tensões de tracção na alvenaria e, simultaneamente, exerçam um efeito de confinamento que se traduza num melhor comportamento em serviço (controle de deformação e fendilhação) e num melhor comportamento (menos frágil) e aproveitamento do material antes da rotura. Para este efeito, em paredes compostas, pode também ser útil o uso de pregagens transversais de ligação entre paramentos.

De entre as técnicas mais correntes na *reabilitação e reforço estrutural de paredes antigas de alvenaria*, destacam-se:

- injecção: técnica em grande difusão que consiste em injectar, através de furos, previamente, realizados nos paramentos externos da alvenaria, caldas ou resinas fluídas para preenchimento dos vazios interiores e/ou selagem de fissuras. O principal

obstáculo desta técnica é a definição da composição da calda, devido à dependência de numerosos parâmetros do suporte como a granulometria, a composição química, a porosidade, a capacidade de absorção, a percentagem de vazios, a dimensão e o grau de comunicação dos vazios, etc. É uma técnica que permite a intervenção in-situ sem alteração do aspecto estético. Destina-se, essencialmente, a melhorar as características resistentes das alvenarias de pedra.

- substituição de elementos degradados: substituição pontual de elementos degradados com desmonte e reconstrução da alvenaria.

- rebocos armados: esta técnica consiste na colocação de uma armadura de reforço (malha de aço electrossoldada, rede de fibra de vidro, chapa de metal distendido, etc.) fixada à parede, por pequenas pregagens, e sobre a qual é projectada uma argamassa tradicional de revestimento. Pode ser aplicada de um ou de ambos os lados da parede, com a armadura ligada, ou não, transversalmente. É destinada, essencialmente, a paredes fortemente degradadas para as quais não haja intervenções alternativas menos invasivas;

- encamisamento (“jacketing”): esta técnica de reforço que pode considerar-se uma variante dos rebocos armados. Consiste na aplicação de uma camada de recobrimento, em betão armado, de maior espessura que um reboco convencional e com características mecânicas que vão além das do simples recobrimento;

- refechamento das juntas: consiste na remoção parcial e substituição da argamassa degradada por outra de melhores propriedades mecânicas e de maior durabilidade. Uma variante desta técnica, particularmente adequada para alvenarias com juntas horizontais regulares, consiste na instalação de armaduras de reforço na argamassa das juntas horizontais – refechamento das juntas com armadura. Além disto, esta técnica pode ser utilizada, com sucesso, para controlar a fendilhação associada a: estados de compressão excessivos; assentamentos diferenciais; a acções térmicas, etc.

- pregagens transversais: são, essencialmente, utilizadas em paredes compostas para confinar a sua secção. Para o efeito, são convenientemente e distribuídas instaladas barras de aço transversais à parede (tirantes transversais) com tratamento anti-corrosão e dotadas de dispositivos nas extremidades que permitam a sua amarração nas faces exteriores dos paramentos. No caso dos tirantes serem roscados na(s) extremidade(s) é

possível dar um pré-aperto. O efeito de confinamento transversal depende da eficácia da ligação ou ancoragem dos tirantes. Esta técnica é, frequentemente, combinada com outras técnicas de reforço. A aplicação em paredes, de alvenaria de pedra, apresenta alguns problemas relacionados com a instalação e ancoragem dos tirantes, face à frequente falta de correspondência das juntas de argamassa em faces opostas da parede.

- reforço com materiais compósitos FRP: é uma técnica que tem motivado crescente interesse (elevada resistência, baixo peso, durabilidade, facilidade de aplicação, reversibilidade, etc.) e difusão. Consiste na aplicação de materiais polímeros reforçados com fibras de carbono, de vidro, etc., colados ao suporte com resinas de elevado desempenho. A aplicabilidade a paredes de alvenaria de pedra é condicionada pela irregularidade superficial que dificulta a aderência. O comportamento da aderência e a sua durabilidade são, ainda, objecto de estudos de investigação;

- pré-esforço: aplicado com tensões relativamente baixas permite compensar, em zonas críticas, a deficiência destas estruturas a esforços de tracção, melhorar a integridade estrutural e também controlar a deformabilidade e da fendilhação;

- soluções mistas: soluções que recorrem, de forma combinada, a algumas das técnicas referidas.

Os rebocos armados e a aplicação de materiais compósitos FRP colocam-se na gama das intervenções de pequena ou reduzida compatibilidade mecânica com o suporte, devido à sua elevada rigidez relativa, que altera, de forma significativa, as características de rigidez e de resistência das paredes.

Em sintonia com as especificidades das tipologias das paredes de alvenaria antigas, estudos de investigação tem-se debruçado sobre as técnicas de reforço e sobre os materiais mais adequados a utilizar nas intervenções, particularmente no que diz respeito à compatibilidade e à durabilidade, características, frequentemente, descuradas na prática.

Para alvenarias de pedra, análises experimentais ao seu comportamento mecânico permitiram identificar as técnicas que melhor se adaptam aos seus problemas específicos, tendo-se destacado [1]:

- injecção, na consolidação interna das paredes, através do preenchimento dos vazios do núcleo;

- refechamento das juntas, na protecção e reforço dos paramentos externos da parede;

- pregagens transversais, na melhoria da ligação transversal entre os paramentos e, conseqüente, monolitismo da parede.

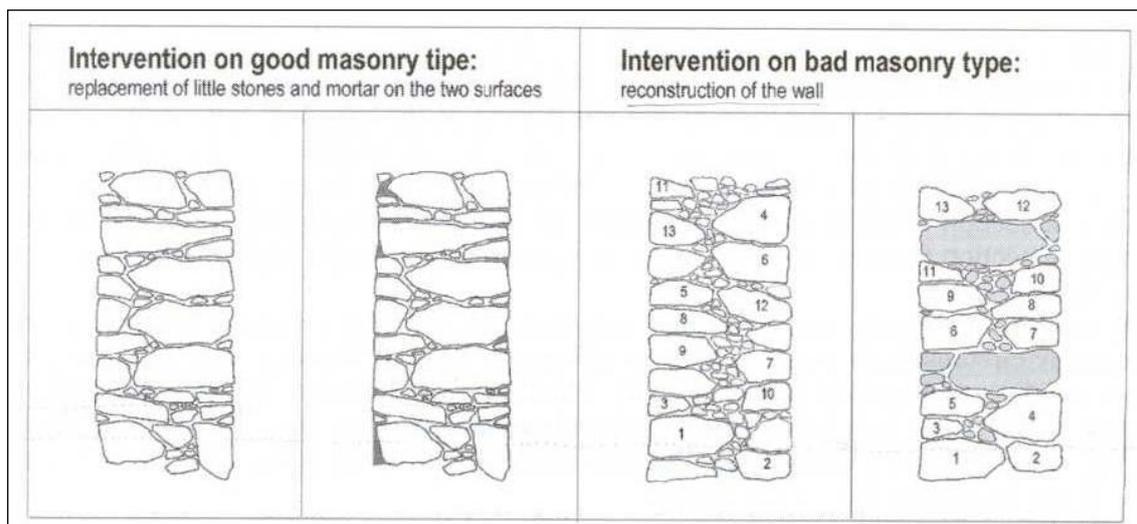
Os melhores desempenhos têm sido obtidos com reforços, através da acção combinada das três técnicas referidas.

### **3.1 Desmonte e Reconstrução**

A substituição parcial de elementos ou partes de construção é efectuada, mediante cuidadosa acção de desmonte e sua re-execução, utilizando os materiais originais, bem como pedras e tijolos, com melhor qualidade construtiva e ligados por argamassas pouco retrácteis como, por exemplo, argamassas gordas de cal e areia ou de cimento, cal e areia [2]. É um processo trabalhoso, mas muito eficaz, para melhorar a capacidade mecânica das alvenarias e corrigir fendilhações. Deve efectuar-se por pequenos tramos e deixar contornos irregulares, para facilitar uma boa ligação entre o material novo e o material existente.

A finalidade é reparar ou substituir componentes degradados ou deficientes e, eventualmente, reforçar. Do ponto de vista estrutural, estas operações não colocam grandes problemas, mas requiere-se algum cuidado construtivo, para numerar as peças e voltá-las a colocar, exactamente, no mesmo sítio. O desmonte de elementos estruturais exige um prévio escoramento que suporte, temporariamente, a zona que gravita sobre o elemento em reconstrução, até que este possa entrar novamente em carga. O desmonte e reconstrução completa de elementos estruturais é fácil em alvenarias de pedra sã.

Se a alvenaria das paredes apresenta má qualidade construtiva, com fraco imbrincamento entre as unidades de alvenaria e/ou entre os paramentos, pode também justificar-se o seu desmonte e reconstrução com melhor qualidade (Figura 3.1).



**Figura 3.1** - Intervenções diferenciadas em alvenarias de pedra ordinária, na vila de Anavatos (Chios-Grécia), em função da sua qualidade construtiva: Alvenaria de boa qualidade - colocação de pequenas pedras e refechamento das juntas em ambas as faces; Alvenaria de fraca qualidade – reconstrução da parede. [Carocci, 2001]

### 3.2. Conservação e Reabilitação de Alvenarias Secas

A conservação de alvenarias secas não é uma tarefa fácil. Quando essas estruturas têm um valor intrínseco, como no caso dos monumentos, o problema torna-se mais complexo.

As patologias originadas por causas externas, tais como visitantes, animais e vegetação, devem ser tratados como noutros monumentos, ou seja, através de implantação de políticas e orientações de conservação, por medidas dissuasoras ambientais e por acções de limpeza [3].

O tratamento de paredes instáveis implica a observação de algumas considerações e técnicas que apresentamos de seguida.

O conservador deve evitar a tentação de introduzir argamassas e transformar as alvenarias secas em alvenarias vulgares de pedra argamassada, para não alterar o comportamento estrutural das mesmas. Convém assinalar que uma alvenaria de pedra argamassada tem, forçosamente, uma distribuição e dimensão de poros diferente e, consequentemente, diferentes propriedades associadas à circulação de água. A ascensão capilar de água e a retenção de humidade, serão algumas das novas características de tal

alvenaria transformada. A cristalização de sais, a hidrólise e a tmeafacção de minerais serão muito acentuadas, acelerando o processo de degradação.

No entanto, em edifícios habitacionais, justifica-se o refechamento de juntas das alvenarias de pedra seca para evitar a ventilação excessiva, e conseqüente desconforto do ambiente interior. Esse refechamento poderá ser executado no paramento interior das fachadas, deixando-se as juntas abertas no paramento exterior para a necessária drenagem da água infiltrada. A argamassa de refechamento das juntas deverá ser permeável ao vapor de água, assegurando um ambiente interior saudável.

A rotação e as áreas de abaulamento são muito difíceis de restaurar. Por isso devem ser implementadas medidas adequadas de prevenção e protecção. O aumento da resistência transversal da parede pode ser feito através de diversas operações. A introdução de tirantes de elevada resistência (aço inox ou FRP) com colagem em pontos localizados entre blocos e entre os tirantes e os blocos é uma solução possível. As resinas epóxicas, são também uma solução adequada, porque introduzem uma resistência adicional apreciável sem alterar significativamente o comportamento estrutural das paredes.

Em paredes em elevação livre torna-se mais fácil a intervenção, por possibilitar o acesso aos dois lados. Em paredes de contenção, pode-se executar uma ancoragem especial de modo a encontrar pontos de resistência no interior da parede e no terreno adjacente. Pode-se introduzir tirantes através das paredes para ultrapassar algumas anomalias derivadas da operação anterior, o que obriga à implementação de algumas técnicas de perfuração das alvenarias secas. Os procedimentos habituais de restauro de alvenarias secas, consistem no desmantelamento e reconstrução de paredes instáveis, em risco de colapso. No entanto, esta técnica não introduz qualquer melhoria na estabilidade estrutural das referidas alvenarias. Para melhorar o comportamento estrutural de uma alvenaria seca, após o desmantelamento dos blocos, a numeração e registo dos mesmos, deve-se introduzir redes de reforço colocadas regularmente no interior das paredes e coladas em vários pontos dos blocos vizinhos. Deste modo aumenta-se a resistência transversal assim como a superfície de contacto entre fiadas adjacentes, contribuindo, desta forma para melhoria da segurança geral da estrutura [3].

### 3.3. Refechamento de Juntas

O objectivo desta técnica é restaurar as condições de integridade das fachadas, no que diz respeito à presença de argamassas degradadas nas juntas e assim melhorar as características mecânicas e de protecção da parede (Figura 3.2). Efectivamente a água representa um factor chave na deterioração da alvenaria a prazo.

A escolha da argamassa de refechamento é função, obviamente, da finalidade da intervenção e das condições de compatibilidade com o material existente.

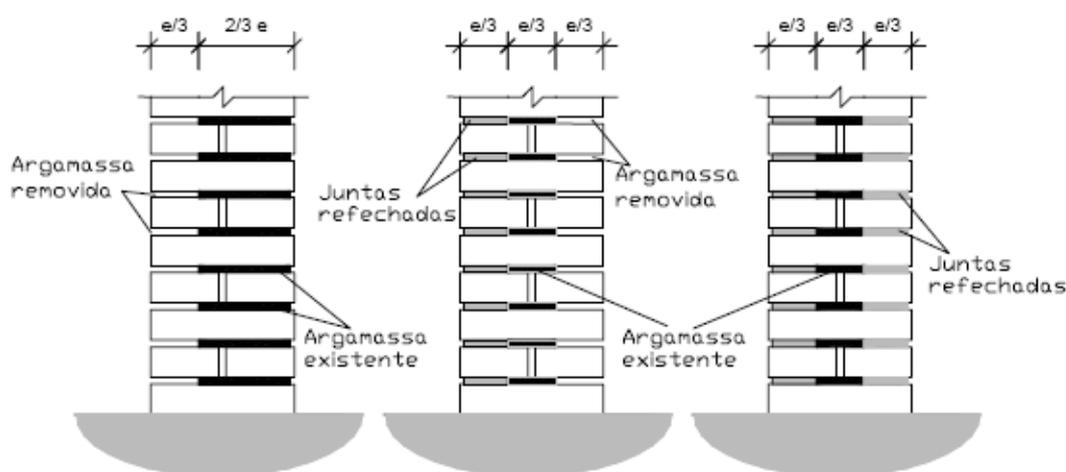


**Figura 3.2** - Operação de substituição da argamassa das juntas  
- refechamento das juntas - numa parede de alvenaria de blocos cerâmicos.

A execução desta técnica pressupõe a realização das seguintes operações:

- remoção parcial da argamassa das juntas: extracção e limpeza da argamassa existente nas juntas, numa profundidade de 5 a 7 cm. Se a intervenção é programada para ambos os lados da parede, a profundidade máxima da extracção deve ser de cerca de 1/3 da espessura total. Nestes casos, para não prejudicar a estabilidade do muro, as

juntas com argamassa removida devem ser preenchidas antes de se dar início à remoção na face oposta (Figura 3.3).



**Figura 3.3** - Profundidade das ranhuras abertas nas juntas quando se actua de um ou de ambos os lados da parede. [Tomazevic, 1999]

- lavagem das juntas abertas com água (a baixa pressão): para limpar as ranhuras abertas e para limitar a absorção pelo suporte da água da argamassa;

- reposição das juntas: deve efectuar-se mediante cuidadoso preenchimento, com várias camadas de argamassa, desde a zona mais profunda das ranhuras abertas. A eficácia desta intervenção depende da eficiente compactação das camadas de argamassa para preenchimento (“argamassa bem apertada”). Para garantia do aspecto estético da parede, esta é a operação que requer maior controlo durante a execução. Se a parede apresenta um aparelho com cunhas ou calços deve proceder-se à sua reposição, de modo a restaurar as características tipológico-construtivas da parede.

### **3.3.1. Refechamento de Juntas – Essencial para uma Boa Manutenção das Alvenarias não Rebocadas**

Uma obra de cantaria de pedra compacta, perfeitamente aparelhada e assente com perfeição, não necessitaria de qualquer protecção adicional contra a intempérie, pelo menos em superfícies verticais ou muito inclinadas. As alvenarias de junta seca, são, no

entanto, relativamente raras, encontrando-se, sobretudo, em obras de épocas remotas, quando tempo e mão-de-obra barata abundavam. Em épocas mais recentes, este tipo de aparelho apenas se encontra em obras de grande prestígio, como os palácios e as construções religiosas, ou exigindo grande solidez, como as fortificações ou as grandes pontes. Nestas obras, os padrões, por vezes caprichosos da estereotomia, associados a peças de cariz ornamental, contribuem para o impacto visual e a imponência das construções.

Em alvenarias vulgares surge a necessidade de disposições adicionais para proteger a obra da acção dos agentes de deterioração – em particular da água – e para assegurar a adequada funcionalidade da construção, sobretudo no que toca à impermeabilidade face a essa mesma água. Tais disposições passam, na maioria dos casos, pela aplicação de rebocos, nos quais a função de protecção se associa a uma função estética, que confere a esses revestimentos importante papel na apresentação dos edifícios, no qual são coadjuvados pelas pinturas e calçadas.

Em muito casos, porém, por razões estéticas ou funcionais, opta-se por um tipo intermédio de fábrica: as unidades da alvenaria, pedra ou tijolo, são assentes com argamassa e os paramentos, pelo menos os exteriores, não são rebocados, tornando-se necessária, para assegurar a durabilidade, a funcionalidade e a estética da obra, um outro tipo de operação: **o refechamento das juntas**. Neste tipo de aparelho a dimensão e a forma da pedra não precisam de ser tão regulares e o resultado é uma obra sólida e durável. Tal como o reboco exterior, *o refechamento de juntas* é uma componente de sacrifício, isto é, destina-se a proteger a integridade da alvenaria mas tem de ser renovada periodicamente, pois vai-se deteriorando com o tempo. Constitui, assim, operações de manutenção periódica das construções de alvenaria.

### 3.3.2. Metodologia

Tal como a execução dos rebocos, o refechamento das juntas deve obedecer a uma metodologia, a seguir com tanto rigor quanto maior o valor da construção enquanto bem cultural.

As anomalias eventualmente apresentadas pelo elemento construtivo devem ser previamente diagnosticadas e as características dos materiais em presença avaliadas.

Para tal, poderá ser necessário recolher amostras para ensaios laboratoriais ou realizar ensaios no local, de preferência não ou reduzidamente destrutivos. Com base na avaliação da informação recolhida deve ser elaborado um projecto de execução, que deve especificar detalhadamente o modo como serão realizadas em obra as sucessivas fases do refechamento, bem como os materiais a utilizar.

Se não se utilizar um argamassa de refechamento pré doseada e fornecida à obra ensacada e pronta a aplicar – o que é aconselhável em casos de maior exigência – a dosagem preconizada no projecto deve ser afinada em obra, fazendo várias misturas com os constituintes que realmente vão ser utilizados.

Finalmente, o trabalho de refechamento das juntas deve estar contemplado no plano da qualidade da obra, o qual deverá indicar quais são as inspecções e ensaios a realizar e os registos a efectuar.

### **3.3.3. Requisitos das Argamassas de Refechamento**

A decisão quanto à composição da argamassa a utilizar no refechamento de juntas de uma construção antiga é uma das mais importantes para o sucesso da intervenção. É em geral uma mistura de areia, cal, uma pequena quantidade de cimento e água nas proporções indicadas no projecto de execução.

A nova argamassa deve integrar-se o melhor possível na obra existente, quer na vertente funcional, quer na vertente estética.

No relatório final do projecto “*OldRenders*” [4] identificam-se, para a argamassa, dois grupos de requisitos, de comportamento e de compatibilidade.

Consideram-se **requisitos de comportamento** os necessários para conseguir um bom comportamento dos revestimentos aplicados sobre paredes antigas.

Distinguem-se os seguintes:

a) Não contribuir para acelerar a degradação do suporte e das argamassas preexistentes (aspectos mecânicos, físicos e químicos);

b) Capacidade de protecção e conservação dos elementos que se destina a preservar, nomeadamente das alvenarias;

c) Não prejudicar a apresentação visual da arquitectura, nem descaracterizar o edifício, contribuindo assim para a manutenção de uma imagem histórica e esteticamente compatível;

d) Durabilidade: proteger e conservar as alvenarias e a estrutura e manter a imagem do edifício durante um período de tempo razoável.

Os **requisitos de compatibilidade** são, basicamente, os seguintes:

e) Reversibilidade;

f) Reparabilidade;

g) Identidade funcional;

h) Identidade material e tecnológica. O relatório final do projecto *Old-Renders* quantifica os requisitos mínimos das argamassas para reboco e para refechamento de juntas dos edifícios antigos, que se reproduzem nos quadros 3.1, 3.2 e 3.3, agrupados respectivamente, quanto às características mecânicas, quanto ao comportamento às forças desenvolvidas por retracção restringida e quanto ao comportamento em presença da água.

**Quadro 3.1 – Argamassas para edifícios antigos  
/ Requisitos mínimos / Características mecânicas**

Argamassa	Características mecânicas aos 90 dias (MPa)			Aderência aos 90 dias (Mpa)
	Rt	Rc	E	
<b>Reboco exterior</b>	<b>0,2 - 0,7</b>	<b>0,4 – 2,5</b>	<b>2000-5000</b>	<b>0,1 – 0,3</b>
<b>Refechamento de juntas</b>	<b>0,4 – 0,8</b>	<b>0,6 - 3</b>	<b>3000-6000</b>	<b>0,1 – 0,5</b>

[Adaptado de VEIGA, M. Rosário – Argamassas para revestimentos de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes; Actas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa, LNEC, Maio de 2003.]

**Quadro 3.2 – Argamassas para edifícios antigos / Requisitos mínimos / Comportamento às forças desenvolvidas por retracção restringida aos 90 dias**

Argamassa	Comportamento às forças desenvolvidas por retracção restringida aos 90 dias			
	F <sub>máx</sub> (N)	G(N.mm)	CSAF	CREf (mm)
<b>Reboco exterior ou refechamento de juntas</b>	<b>&lt; 70</b>	<b>&gt; 40</b>	<b>&gt; 1,5</b>	<b>&gt; 0,7</b>

**F<sub>máx</sub>**. Deverá ser inferior à resistência à tracção do suporte

**CSAF** – Coef. Segurança à abertura da 1ª fenda

**CREf** – Coef. Resistência à evolução da fendilhação

[Adaptado de VEIGA, M. Rosário – Argamassas para revestimentos de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes; Actas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa, LNEC, Maio de 2003.]

**Quadro 3.3 – Argamassas para edifícios antigos / Requisitos mínimos / Comportamento à água**

Argamassa	Comportamento à água				
	Ensaio Clássico		Ensaio com humedímetro		
	Permeância (m)	C (kg/m <sup>2</sup> h/2)	M (h)	S (h)	H (mv.h)
<b>Reboco exterior</b>	<b>&lt; 0,08</b>	<b>&lt; 12; &gt; 8</b>	<b>&gt; 0,1</b>	<b>&lt; 120</b>	<b>&lt; 16 000</b>
<b>Refechamento de Juntas</b>	<b>&lt; 0,10</b>	<b>&lt; 12; &gt; 8</b>	<b>&gt; 0,1</b>	<b>&lt; 120</b>	<b>&lt; 16 000</b>

[Adaptado VEIGA, M. Rosário – Argamassas para revestimentos de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes; Actas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa, LNEC, Maio de 2003.]

### 3.3.4. As Operações do Refechamento

O quadro 3.4 sumariza as operações que constituem o refechamento das juntas. O refechamento é conduzido da base para o topo da parede, fazendo-se todas as operações numa só passagem. Se as juntas estiverem colonizadas com algas ou líquenes, aplica-se previamente um biocida. As juntas serão humedecidas, sem saturar a parede (por

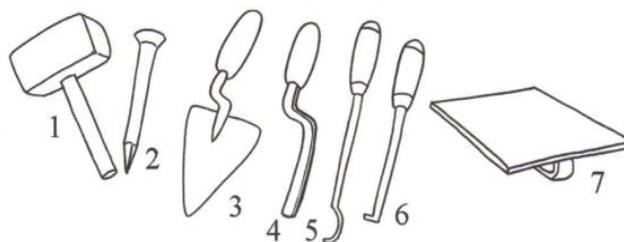
exemplo, por pulverização), com alguma antecipação à colocação da argamassa, para permitir que a água seja completamente absorvida e as superfícies que vão ficar em contacto com as argamassas se apresentem uniformemente humedecidas. A forma geométrica da face aparente da junta refechada pode variar e pode ficar mais ou menos recuada em relação ao paramento.

**Quadro 3. 4 – As fases do refechamento de juntas**

Designação	Objectivo	Cuidados a ter
<b>Saneamento das Juntas.</b>	<b>Remover a argamassa deteriorada; permitir uma boa ligação de argamassa de refechamento.</b>	<b>a) Sanear até uma profundidade de 2 a 2,5 vezes a largura da junta (usualmente 1 a 2 cm em juntas de tijolos e 2,5 a 5 cm em juntas largas de pedras); b) Não deteriorar os tijolos ou as pedras à volta.</b>
<b>Preparação da argamassa</b>	<b>Confeccionar Uma argamassa, Ou preparar uma Pré-doseada, com Características apropriadas</b>	<b>A nova argamassa deve: a) Condizer com a antiga em cor, textura e acabamento; b) Ter menos resistência à compressão (dureza) que o tijolo ou a pedra circundante; c) Ter menos resistência à compressão idêntica à original; d) Ser hidrófuga (repelente da água), embora permeável ao vapor, para deixar a alvenaria “respirar”.</b>
<b>Lavagem ou Humidificação Das juntas.</b>	<b>a) Remover Quaisquer detritos Ou material solto Após o saneamento. b) Humedecer a zona de trabalho antes da aplicação da nova argamassa.</b>	<b>Usar baixa pressão e não encharcar a parede.</b>
<b>Preencher as Juntas</b>	<b>Preencher completamente A junta até ao fundo</b>	<b>Encher primeiro as juntas verticais. A seguir enchem-se as juntas horizontais. Utilizar uma colher mais estreita que a junta. Colocar o esparavel contra a parede imediatamente abaixo da junta e com a colher de aperto empurrar a argamassa para dentro da junta.</b>
<b>Aperto</b>	<b>Regularizar a junta e comprimir a argamassa de refechamento</b>	<b>a) Utilizar a ferramenta apropriada (deve caber na junta); b) Não fazer nem cedo de mais nem tarde de mais, após o preenchimento com argamassa; c) Ao fim do dia, acabar o trabalho em zonas bem</b>

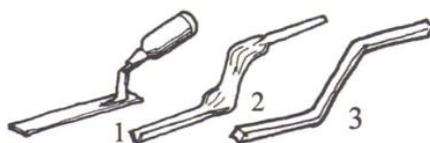
		<b>definidas (cantarias, rebordos, etc.); d) Em tempo quente curar com serapilheira húmida durante, pelo menos, três dias.</b>
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Para executar as juntas são utilizadas as ferramentas do trolha e algumas outras mais específicas, (Figura 3.4). Em grandes superfícies, a aplicação da argamassa de refechamento pode ser feita mecanicamente, utilizando uma bomba.



Legenda: 1 – Maceta; 2- Ponteiro; 3 – Colher; 4 – Colher de refechamento; 5,6 – Ganchos ou ferros; 7 – Esparável.

**Figura 3.4** – Ferramentas utilizadas no refechamento de juntas.



Legenda: 1 – Direito; 2 – Convexo; 3 – Em “V”

**Figura 3.5** – Ferros utilizados no aperto e acabamento das juntas.

### 3.3.5. Função Estrutural do Refechamento

O refechamento das juntas não tem nenhuma função estrutural directa. Tal facto tem sido confirmado por vários autores [5]. É inútil empregar, no refechamento, argamassas de elevada resistência. Tal uso pode até, ter efeitos perversos, na medida em que contribui para o esmagamento superficial das unidades da alvenaria e para a redução da sua durabilidade [6].

Encontra-se na literatura desta área aquilo que se designa por *refechamento estrutural*: trata-se de um caso muito particular do refechamento em que se inserem nas

juntas varões de aço ou, de preferência, de aço inoxidável ou material compósito, de modo a aumentar a resistência á flexão da alvenaria [7], [8].

### **3.3.6. Refechamento das Juntas para Injecção da Alvenaria**

A injecção dos vazios da alvenaria com uma calda de ligante inorgânico é uma das formas de aumentar a resistência de uma construção. A injecção visa dois efeitos principais, aumento da compacidade da alvenaria através do preenchimento dos seus vazios e o aumento da coesão interna do material.

A injecção deve ser precedida pelo confinamento do volume a injectar, operação que envolve o refechamento de juntas e fendas. Neste caso, a composição da argamassa de refechamento deverá incluir um pouco mais de cimento, a fim de apresentar uma maior resistência e permitir que essa resistência seja adquirida mais depressa. Durante esta operação são colocados os tubos destinados à injecção, que, no fim, são cortados.

A composição das caldas de injecção e a realização desta operação obedece, por seu turno, a um conjunto de requisitos próprios.

### **3.3.7. Qualidade e Qualificação**

Embora não seja um operação particularmente complexa, o refechamento de juntas justifica que sejam aplicados os principios da gestão da qualidade, através da sua inclusão no plano da qualidade da obra. A falta de qualidade na execução deste tipo de trabalho pode originar a desvalorização estética da construção, ou, mesmo, a danificação das unidades, para além da redução drástica da durabilidade. A cuidadosa selecção da argamassa a utilizar no refechamento não basta: é essencial assegurar a qualificação dos operários que vão executar o trabalho. A figura profissional mais adequada é a do oficial trolha, que deve evidenciar experiência na correcta execução desta operação ou ser objecto de formação específica. Nos casos de maior responsabilidade, como sejam as intervenções em construções com valor enquanto património construído a proteger, estes operários devem estar abrangidos por um sistema de qualificação estruturado, que assegure que a sua aptidão se mantém ao longo

do tempo. Os oficiais executantes deste tipo de trabalho deverão operar integrados em empresas vocacionadas para a reabilitação construtiva de construções antigas, que disponham de pessoal de enquadramento (encarregados) e de direcção da obra (engenheiros) suficientemente familiarizados com trabalhos desta área. Só nestas condições é possível obter resultados finais satisfatórios.



**Figura 3.6** – Aspecto final de refecimento de juntas, Fábrica de Seda, Chacim, Macedo de Cavaleiros.

### 3.4. Referências Bibliográficas do Capítulo 3

- [1] - **VALLUZZI, M.**, *Comportamento meccanico di murature consolidate con materiali e tecniche a base di calce*. Università di Padova, Italy, 2000.
- [2] - **APPLETON, J.**, *Tecnologias de intervenção em edifícios antigos. Consolidação de estruturas*. Contribuição para um curso de introdução à reabilitação urbana. CCRLVT, Lisboa, Março 1993.
- [3] - **RODRIGUES, J. Delgado** – *Dry – Stone Wall monuments: Structural behaviour, disturbing mechanisms and conservating procedures*; Memória nº 703, LNEC, Lisboa, 1988, pp. 10.
- [4] - **VEIGA, M. R.**, et al. – *Projecto OldRenders – Metodologias para caracterização e conservação das argamassas de revestimento de edifícios antigos*. Lisboa, LNEC-Stap, Outubro de 2001.
- [5] - **VALLUZZI, M. R.**, al. – *Behaviour of multi-leaf masonry walls strengthened by different intervention techniques*. Historical Constructions 2001. Nov 2001, p. 1023.
- [6] - **GERNS, E. A.**, Wegener, T. R. – *Repointing historic masonry structures. Standardization News*. ASTM, Agosto de 2003.
- [7] - **NANNI, A.**, Tumialan, G. – “Fiber-reinforced composites for the strengthening of masonry structures”, in *Structural Engineering International*, nº 4/13, Novembro de 2003.
- [8] – **LI, Tong**, et al. – “Analysis of unreinforced masonry concrete walls strengthened with glass fiber-reinforced polymer bars”, in *ACI Structural Journal* 47102 Julho/Agosto de 2005.

## **4. ARGAMASSAS**

### **4.1. Argamassas nos Edifícios Antigos**

As funções das paredes exteriores, quer a nível estrutural, quer a nível de protecção à água, eram obtidas através de várias camadas e grandes espessuras, em conjunto com as características dos vários materiais, que eram diferentes, mas ao mesmo tempo compatíveis e com funções complementares. As argamassas eram um dos elementos deste conjunto, ora como aglomerante de pedra e/ou tijolo em alvenarias irregulares, ora como argamassas de assentamento de blocos de pedra e/ou tijolo maciço em alvenarias regulares. Também era empregue como argamassa de reboco (interior ou exterior), em barramento e estuques como acabamento decorativo e protector, como camada de base para pinturas murais ou como argamassa para colagem de azulejos [1].

Em geral, as argamassas originalmente aplicadas nas construções antigas, anteriores ao aparecimento do betão armado e ao período dos polímeros, eram uma mistura de água com cal aérea e com agregados finos (areias). Muitas destas argamassas chegaram até aos nossos dias em bom estado de conservação e conseguindo desempenhar as suas funções de forma segura [2].

A cal aérea tem sido utilizada desde tempos remotos como material de construção. Já em algumas das construções egípcias da antiguidade foram descobertos sinais da aplicação deste material de construção [3].

As argamassas de cal também foram usadas desde a Antiguidade, não sendo uma invenção dos Gregos nem dos Romanos. Já na Mesopotâmia se deu início à utilização de argamassas à base de cal para execução de revestimentos.

Esta técnica terá passado para o Mundo Grego da mesma forma e na mesma altura que os conhecimentos sobre a cal, uma vez que a cal aérea só começou a ser mais utilizada na construção pelos Gregos, que aplicavam as argamassas de cal como revestimento em paredes [4].

Todavia, quem explorou mais as aplicações deste tipo de cal foram os Romanos, graças à expansão do seu Império, aos conhecimentos adquiridos de outros povos e à

sua necessidade de desenvolver técnicas de fabrico de cal mais rápidas, eficazes e económicas [5].

Os materiais adicionados à cal para confeccionar a argamassa eram seleccionados consoante a finalidade e as exigências das construções. Pelas palavras de Vitruvio, podemos ter a certeza que já havia a noção de traço e o cuidado de escolher a origem das areias, com o conhecimento das alterações a que estas estão sujeitas: « *Depois de a cal ter sido apagada, então far-se-á em seguida a mistura da argamassa, de forma a que se deite três partes de areia, se esta for fósil, para uma de cal; se for fluvial ou marinha, junte-se duas partes de areia a uma de cal. Desta forma ter-se-á a relação correcta da mistura da composição.* » [6]

Para além das areias, por vezes, era acrescentada cerâmica moída à argamassa, quando se pretendia aumentar a sua resistência ou melhorar as condições de hidraulicidade. Os Romanos utilizaram esta técnica em diversas situações e, já tinham a correcta noção das suas propriedades, e da forma como devia ser preparada, como o provam as palavras de Vitruvio: « *Se for também acrescentada à areia fluvial ou marinha uma terça parte de cerâmica moída e peneirada, a argamassa ficará com mais resistência e terá um melhor desempenho.* » [7]

Outro material utilizado para produção de argamassas hidráulicas foram as pozolanas naturais – cinzas vulcânicas abundantes em sílica e alumina que, reagindo com o hidróxido de cálcio, atribuem propriedades hidráulicas às argamassas. Em Creta, este material seria extraído na ilha de Tera (actual Santorini). Para os Romanos, o local onde eram extraídas as pozolanas ficaria junto à cidade de Puteoli (actual Pozzuoli, perto de Nápoles), sendo este material um dos responsáveis pelo desenvolvimento comercial do local.

Mesmo ignorando que a principal característica desta matéria-prima provém da quantidade de sílicas e aluminas, os Romanos aproveitaram esta descoberta e foram ajustando-a de forma a aperfeiçoarem as suas construções, pois juntando a cal aérea com as pozolanas, transformavam-na em cal hidráulica. Deste modo, alcançavam resultados bem melhores do que os das misturas feitas com cerâmicas ou tijolos moídos, ficando assim bastante popularizada pelos romanos a sua utilização em revestimentos em contacto com a água.

O facto de esta matéria não estar disponível em regiões que não fossem vulcânicas era o principal problema e, por isso, nas zonas onde esta cinza escasseava, eram utilizadas as cerâmicas para garantir a hidraulicidade das argamassas [8].

Com o passar dos tempos e aparecimento de novos materiais, como a cal hidráulica e o cimento, apesar do contributo da cal aérea para a construção, a sua aplicação foi sendo eliminada, tal como os conhecimentos sobre a sua adequada aplicação.

Deste modo, actualmente utilizam-se argamassas de cimento e cal hidráulica na maior parte dos projectos, excluindo apenas as operações em edifícios antigos, onde se aplicam argamassas de substituição à base de cal aérea como solução conciliável com os materiais pré-existentes [9].

## **4.2. Características Principais das Argamassas**

As argamassas a aplicar na reabilitação de edifícios têm como principal função proteger e preservar as alvenarias em que são aplicadas. Deste modo, deve-se avaliar a compatibilidade da argamassa com os restantes materiais existentes, pois esta compatibilidade quer a nível mecânico, como físico e químico, é fundamental no desempenho das alvenarias, tanto a médio como a longo prazo. Assim, após a perda de funcionalidade das argamassas, estas podem ser retiradas sem provocar estragos nos suportes, assegurando-se a reversibilidade ou reaplicação em possíveis operações. Efectuado este estudo, deve-se considerar a durabilidade interna da argamassa, sendo ela representada pelas características de prevenção ou redução da deterioração da argamassa.

As características exigíveis às argamassas para que se consigam cumprir os critérios acima referidos são os seguintes:

a) Para proteger as alvenarias em que são aplicadas, reduzindo a sua degradação devem apresentar:

- Baixa absorção capilar, quer em termos de velocidade de absorção (coeficiente de capilaridade, quer quanto à quantidade total de água absorvida (valor assintótico de absorção);

- Boa permeabilidade ao vapor de água, não devendo ser inferior à do suporte, aumentando de dentro para fora nas diferentes camadas que constituam o revestimento;

- Estabilidade dimensional, quer a curto prazo, onde as possíveis retrações podem provocar a fendilhação, quer a longo prazo, onde as variações dimensionais podem originar esforços no interior da alvenaria ou no reboco, ou ainda perda de aderência entre estes dois elementos;

- As argamassas devem ser mais deformáveis e mais fracas que as alvenarias de suporte e que cada camada sucessiva;

- Boa aderência ao suporte, sem que o ponto anterior seja colocado em causa;

- Baixa libertação de sais solúveis, para a preservação da alvenaria bem como para a redução da degradação da argamassa.

b) Para prevenção da degradação das argamassas (em termos de durabilidade) devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Boa resistência aos sais solúveis (sulfatos e cloretos);

- Boa resistência a ciclos de gelo/degelo – exigida resistência mecânica elevada;

- Boa evaporação da água (mas não muito elevada), para se minorarem os efeitos do gelo e do transporte e cristalização dos sais solúveis;

- Resistências mecânicas suficientemente elevadas para que suportem as acções já referidas e a acção de choques;

- A presa das argamassas devem dar-se num período de tempo suficientemente curto (tanto em ambientes secos, como em ambientes húmidos) prevenindo deteriorações devido a resistências mecânicas iniciais insuficientes.

Estes dois princípios são difíceis de ajustar, pois os seus objectivos são contraditórios, podendo haver alguma dificuldade em encontrar um equilíbrio adequado entre algumas das suas características.

#### **4.2.1. Argamassas de assentamento e refechamento**

Tradicionalmente, utilizadas argamassas de cal para assentamento e refechamento de juntas de edificios de pedra. Essas argamassas variavam nos seus traços, conforme a época construtiva e o local geográfico em que se inseria o edificio em questão. O recurso á cal, a sua cozedura, os agregados e aditivos utilizados, variavam bastante. Os materiais naturais geralmente eram obtidos no local ou na região, e quanto mais antiga e rustica a construção, maior probabilidade em os materiais serem de origem ou fabricado sno local.

Em edificios antigos, as argamassas de acentamento utilizavam correctamente cal e areia ao traço 1:2 e até 1:1, em zonas especialmente vulneráveis.

A areia usada nas argamassas era predominantemente argilosa, ou saibro, eventualmente combinada com areia do rio. Quando se usava apenas areia lavada, de rio, recorria-se a traços mais finos em cal. A utilização da areia de areeiro permitia reduzir o traço, pois os finos de areia amarela ou vermelha contribuíam para o aumento da resistência das argamassas.

Em zonas marítimas, as conchas e a areia da praia eram regularmente como agregados. As antigas construções dessas zonas, estão carregadas de sal, e os sais das argamassas transferiram-se para as cantarias das paredes. As conchas, especialmente

conchas de ostra, eram também utilizadas na construção de alvenarias de pedra argamassada, de lages de xisto ou pedras delgadas. Em certas localidades, eram utilizados escassilhos para reduzir as áreas expostas de juntas largas entre pedras assentes a seco. Isto envolvia a inserção de pequenas pedras na argamassa ainda húmida, prolongando a durabilidade do refechamento pela redução da sua superfície e, assim, também da sua erosão.

Quando é necessário substituir as argamassas, geralmente dá-se preferência a utilização de material semelhante ao original. Com essa finalidade, retiram-se amostras da argamassa original para ser testada e analisada. Os ensaios e análises permitem identificar os materiais constituintes da argamassa original, apesar de nos dizerem pouco sobre como era misturada, conservada, aplicada e tratada. No entanto é essencial que os restauradores estejam familiarizados e confiantes no uso de argamassa de cal.

Em alguns casos, a harmonização com a argamassa original não é possível nem adequada. Argamassas históricas que incorporam componentes carregadas de sal, ou areia do mar, por exemplo, não devem ser utilizadas em refechamento de juntas, por razões óbvias. A escolha da argamassa de cal, de pasta de cal não hidráulica ou de cal hidráulica, depende da dureza e rapidez de presa requerida, e da severidade climática a que está exposta.

A pasta de cal é geralmente opção preferida se a argamassa é não hidráulica. No entanto, o carbonato de cálcio nas argamassas de pasta de cal pode reagir com as chuvas ácidas formando o sulfato de cálcio, que tem sido associado ao decaimento da pedra mais próxima. Embora seja possível ocorrerem estes fenómenos, a experiência mostra que são raros, uma vez que a argamassa permite garantir a carbonatação completa. O decaimento da pedra é devido, essencialmente, à acção do cimento ou dos agregados contaminados de sais. A cal hidráulica natural tem menor percentagem de cal aérea, pelo que existe, neste caso, menor risco de contaminação de sulfato de cálcio pelos blocos de pedra. A sua rápida presa inicial torna-a mais adequada a locais frios, húmidos e junto a costa marítima, do que as argamassas não hidráulicas [10].

Em diversos estudos e aplicações práticas verificou-se a adequação de argamassas de cal e areia com aditivização de pozolanas ou com metacaulino, para as camadas finas. Apresentam, como principal desvantagem, a baixa velocidade em que endurecem.

Na reabilitação de edifícios correntes, obtiveram êxito as argamassas bastardas, de cal, cimento e areia, ao traço 1:1:6, com areia lavada e areia de areeiro em partes iguais [11].

**Quadro 4.1 – Requisitos estabelecidos para características mecânicas das argamassas (Juntas)**

USO	Características Mecânicas (Mpa)			Aderência (Mpa)	Comportamento à retracção restringida			
	Rt	Rc	E		F <sub>rmáx</sub> (N)	G (N.mm)	CSAF	CREF (mm)
Juntas	0,4-0,8	0,6-3	3000-6000	0,1-0,5 ou rotura coesiva pela junta	< 70	> 40	> 1,5	> 0,7

Rt- Resistência à tracção; Rc- Resistência à Compressão; E- Módulo de elasticidade; F<sub>rmáx</sub>- Força máxima induzida por retracção restringida; G- Energia de rotura à tracção; CSAF- Coeficiente de segurança à abertura da 1ª fenda; CREF- Coeficiente de resistência à evolução da fendilhação.

[Adaptado de VEIGA, M. Rosário – Argamassas para revestimentos de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes; Actas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa, LNEC, Maio de 2003.]

**Quadro 4.2 – Requisitos estabelecidos para características de comportamento à água e ao clima (argamassa de juntas).**

USO	Comportamento à água					
	Ensaio Clássico		Ensaio com humidímetro			Envelhecimento artificial acelerado
	S <sub>D</sub> (m)	C Kg/m <sup>2</sup> .H <sup>1/2</sup>	M (h)	S (h)	H (mv.h)	
Juntas	< 0,10	< 12; > 8	> 0,1	< 120	< 16000	Médio: degradação moderada nos ciclos água/gelo

S<sub>D</sub> – espessura da camada de ar de difusão equivalente (valor relacionado com a permeância); C- coeficiente de capilaridade; M- atraso na molhagem; S- período de humedecimento; H- intensidade de molhagem.

[Adaptado de VEIGA, M. Rosário – Argamassas para revestimentos de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes; Actas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa, LNEC, Maio de 2003.]

### 4.3. Referências Bibliográficas do Capítulo 4

[1] - ARGAMASSAS DE CAL NA CONSERVAÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS; Maria do Rosário Veiga.

[2] - PINTO, Ana Paula; GOMES, Augusto, 2006/2007 – Degradação e Conservação de Materiais I. Argamassas. 1º Curso de formação avançada em Recuperação e Conservação do Património Construído, DECivil IST/UTL; e Argamassas de cal na conservação de edifícios antigos, Maria do Rosário Veiga.

[3] - PINTO, Ana Paula; GOMES, Augusto, 2006/2007 – Degradação e Conservação de Materiais I. Argamassas. 1º Curso de formação avançada em Recuperação e Conservação do Património Construído, DECivil IST/UTL.

[4] - 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção – As argamassas na antiguidade Greco-Romana: usos, definições e traduções. Leonor Carmona Ribeiro; Rodolfo Pais Nunes Lopes.

[5] - PINTO, Ana Paula; GOMES, Augusto, 2006/2007 – Degradação e Conservação de Materiais I. Argamassas. 1º Curso de formação avançada em Recuperação e Conservação do Património Construído, DECivil IST/UTL.

[6] - Vitruvio, De Architectura, 2.5.1., - 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção – As argamassas na antiguidade Greco-Romana: usos, definições e traduções. Leonor Carmona Ribeiro; Rodolfo Pais Nunes Lopes.

[7] - Vitruvio, De Architectura, 2.5.1.] - [2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção – As argamassas na antiguidade Greco-Romana: usos, definições e traduções. Leonor Carmona Ribeiro; Rodolfo Pais Nunes Lopes.

[8] - 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção – As argamassas na antiguidade Greco-Romana: usos, definições e traduções. Leonor Carmona Ribeiro; Rodolfo Pais Nunes Lopes.

[9] - BOTELHO, Patrícia Cláudia; 2003 – Argamassas tradicionais em suportes de alvenaria antiga: comportamento em termos de aderência e durabilidade. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Lisboa, IST/UTL; PINTO, Ana Paula; GOMES, Augusto, 2006/2007 – Degradação e Conservação de Materiais I. Argamassas. 1º Curso de formação avançada em Recuperação e Conservação do Património Construído, DECivil IST/UTL.

[10] – MUIR, Colin – “Sandstone” in STONE CONSERVATION: Principles and Practice, Donhead Publishing Ltd, United Kingdom, 2006; pp., 211 e 212.

[11] – APPLETON, João – Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e Tecnologias de Intervenção; Ed. Orion, Amadora, 2003; pp. 238 a 243.

## **5. CASO DE ESTUDO / 1ª Casa dos Vasconcelos, em Macedo de Cavaleiros**

### **5.1. Enquadramento Físico e Humano**

#### **5.1.1. Os tempos pré-nacionais**

A história do Concelho de Macedo de Cavaleiros, como unidade administrativa, só se inicia com a sua instituição, nos meados do século XIX. Para trás, a sua vida foi a vida das diversas circunscrições que se agregaram para o constituir e, no seu conjunto, funde-se no vasto quadro da evolução administrativa do território bragançano.

A estruturação geográfica do Distrito levou-o, naturalmente, ao isolamento; a orientação e a altitude do relevo, o dispositivo hidrográfico e a aspereza do clima foram, ao longo dos tempos, obstáculos dificilmente transponíveis, a oporem-se às tentativas de infiltração do exterior.

Apesar disso, a influência romana, sem que tenha atingido a intensidade verificada noutras regiões do País, penetrou-o profundamente.

Durante mais de 500 anos, depois de encerrada, com Augusto, a conquista e a pacificação da Península, Roma fraguou o seu domínio sobre os celtiberos bravos e rudes e impôs-lhes, progressivamente, com a sua soberania, a sua civilização e a sua cultura.

O território a leste do rio Tuela hoje Tua, desde Mirandela até à sua confluência no Douro que, nos seus limites, quase corresponde ao actual Distrito de Bragança, romanizou-se, como restante da Ibéria, sem que lhe valessem a resistência valorosa dos seus povos, as muralhas das suas serranias e os largos fossos dos seus rios.

No limiar do século V, quando as primeiras vagas de Bárbaros transpunham os Pirenéus, este território, integrado na Província da Galaecia, encontrava-se administrativa e judicialmente subordinado ao Convento Jurídico ou Chancelaria de Astorga. O processo de assimilação dos seus povos, acelerado pela influência decisiva do Cristianismo, fora levado longe. A resistência terminara. No cume dos montes, os

velhos castros caíam em ruínas e os seus moradores, no ambiente calmo da Pax Romana, haviam descido, domados, a povoarem os vales. Por toda a parte e em todos os sectores da vida, Roma afirmava a sua presença absorvente, a superioridade do seu pensamento, da sua língua, da sua orgânica política e social.

A invasão dos Bárbaros, provocando a queda do poder romano, marca o início de uma luta multissecular pela posse da Ibéria. O duelo implacável dos povos transmudou o solo peninsular num imenso campo de batalha, onde o vencedor de hoje era o vencido de amanhã.

Depois dos Suevos que, vindos com as primeiras hordas, fundaram o seu reino no noroeste da Península, com a capital em Braga, e nele incorporaram as terras bragançanas. Godos e Árabes impuseram, sucessivamente, o seu domínio.

Nos princípios do século IX, o Distrito era um deserto, que a política militar dos chefes da Reconquista havia incluído na vasta cintura de «Terra Queimada» que abrigava das investidas árabes os pequenos Estados saídos das Astúrias. Os povoados tinham sido abandonados pelas populações em fuga; e, implacavelmente, a vegetação ia apagando os caminhos e transformando em matagais cerrados os campos incultos. Só de longe em longe, as torres dos castelos testemunhavam a presença do homem e a intensidade da luta.

Na segunda metade daquele século, a monarquia leonesa ocupou definitivamente o território bragançano até ao Tuela e integrou-o na Província ou Terra-Tenência de Zamora, subdividindo-o, para efeitos administrativos e militares, em vários Distritos ou Terras secundárias, entre as quais Bragança, Lampaças e Ledra, começando, desde logo, o seu repovoamento.

À estirpe preclara dos Bragançons, poderosos ricos-homens da Província, foi confiado, quase ininterruptamente, o governo dessas circunscrições; e coube também a um Braganção traçar-lhes, para sempre, o destino político.

De facto, parece poder-se concluir dos livros de linhagem e de outras fontes que, por ter casado com a Infanta D. Sancha, filha de D. Henrique e de D. Teresa, pais do primeiro Rei de Portugal, Fernão Mendes de Bragança tomou o partido dos Condes Portucalenses, seus sogros, na disputa de fronteiras que precedeu a fundação da

monarquia. Um diploma de 1130 menciona já o Braganção como governador, por D. Afonso Henriques, em Bragança e em Lampaças [1]. E tendo Fernão Mendes, falecido sem descendência em 1150, instituído como herdeira dos seus vastos domínios a referida sua consorte, as Terras de Bragança e de Lampaças, que faziam parte do espólio, vieram, afinal, a pertencer, à Coroa de Portugal, por legado da Infanta, também falecida sem descendentes.

A circunstância de, eclesiàsticamente, aquelas circunscrições, que haviam sido integradas na Sé de Astorga, sob Ramiro II, no século X, terem sido restituídas, em 1103, por mandado do Papa Pascoal II, à Sé de Braga, um dos principais centros da luta pela independência, decerto ajudou a transmissão do seu domínio. Mas, fosse como fosse, o território que o Tuela delimita a oeste e agora corresponde ao Distrito de Bragança, só se incorporou na Terra de Portugal a partir do século XII, repartido por três Distritos ou Terras: Bragança, a norte; Lampaças, no centro; e Ledra, no sul.

No termo destas últimas se veio a recortar, 700 anos depois, o Concelho de Macedo de Cavaleiros.

Embora a investigação histórica não tenha conseguido definir, com rigor, a linha de fronteiras entre Ledra e Lampaças e nem sequer tenha localizado as «opida» e «civitas» que as encabeçavam, a doação, feita em 1196, por D. Sancho I a Fernando Fernandes, da vila de Sezulfé, na terra de Ledra [2], e o instrumento Bracarense que contém a doação, datada de 1080, da igreja de Bornes, na «Terra de Lampazas discurrente rivulo Tuela Monte Melis» [3], conjugados com o facto de a povoação de Podence se ter situado, segundo todas as probabilidades, no Distrito de Lampaças [4], permitem concluir que aquela linha se projectava desde Bornes, na direcção norte, até Podence.

À Terra de Lampaças deviam, por isso, ter pertencido todas as freguesias do Concelho, a leste da referida linha; as que se situam a oeste e a noroeste, até Lamalonga, com excepção de Espadanedo e Ferreira, que já pertenciam a Bragança, integravam-se na Terra de Ledra, como mostram, quanto a este último limite, o foral de Ervedosa [5], outorgado em 1288, e o topónimo «Fornos de Ledra», povoado anexo a Lamalonga.

Uma tradição ininterrupta e indesmentida abona esta demarcação, de resto também confirmada por documentos posteriores à extinção daquelas circunscrições, como os Livros das Inquirições de D. Afonso III e de D. Dinis e o Catálogo de Todas as Igrejas, Comendas e Mosteiros que havia nos Reinos de Portugal e Algarves, pelos Anos de 1320 e 1321 [6].

I — MONUMENTOS [7].- Triunfando da acção destruidora do tempo e dos homens, o Concelho guarda ainda vestígios, alguns bem claros e expressivos, da vida dos povos que, ao longo dos séculos, o ocuparam.

Restos de antas e de outros monumentos, insculpturas rupestres e utensílios pré-históricos encontrados em vários locais, revelam que a presença humana, no território concelhio, ascende a eras remotas.

Entre outros achados, a «coleção de pedras adelgaçadas e afiadas à maneira de cunhas ou machadinhas», encontradas em Balsamão, no termo de Chacim [8], e o machado de pedra polida, provindo de Bornes e hoje guardado no Museu do Abade de Baçal, em Bragança, têm indiscutível cunho neolítico; e devem remontar ao período eneolítico as sepulturas, tipo cista, com o anel de ouro, serpentiforme, que numa delas se encontrou, descobertas no sítio dos Lagares, em Vale Bemfeito, as alabardas de bronze e os punhais, de cobre ou bronze, também desenterrados na Serra de Bornes e todos, presentemente, nas coleções do mesmo Museu. A este período parece igualmente pertencer o bezerro de bronze encontrado em Soutelo Mourisco, na Serra de Nogueira, também ali guardado.

Vestígios de castros e ruínas de velhos defensáculos, alguns pré-romanos, como a Fraga do Berço, na Pena Mourisca, em Bousende, a Varanda dos Mouros, em Talhas e o Calveiro, no termo de Vale Bemfeito, outros romanizados, ou mesmo romanos, como a Terronha, em Pinhovel, e Balsamão, aparecem aqui e além; e a toponímia dá notícia de muitos, que a erosão dos séculos apagou [9].

Em vários lugares se têm topado provas inequívocas da presença de Roma.

A Secção de Epigrafia do Museu de Bragança expõe dois exemplares de origem romana, de rara valia, encontrados no Concelho: o miliário de Constantino Cloro, de Lamalonga, que, com um outro também identificado nesta freguesia, abona a passagem,

pelo seu termo, de uma via imperial, e a ara votiva ao deus Aerno, que estava em Malta, junto da Capela do Divino Senhor.

Mais cinco lápidas funerárias foram descobertas em Pinhovelo e uma em Grijó. duas pontes, com características romanas, a de Paradinha dos Besteiros, sobre o rio Azibo e de Cernadela, sobre a ribeira de Carvalhais, são o que, provavelmente, resta da rede romana de caminhos.

Além destes documentos, muitos outros, como moedas, medalhas, fragmentos de cerâmica e utensílios, desenterrados em diversos lugares, mencionadamente em Chacim, Balsamão, Pinhovelo, Morais, Lagoa, Paradinha dos Besteiros e Lombo [10], dão testemunho da presença romana e da grandeza da sua influência na área do Concelho.

Também a ocupação árabe gravou sulcos bem visíveis na terra macedense.

No Monte da Caunha, em Corujas; no Castelo, em Castelãos [11]; na Vila dos Mouros, em Espadanedo; no Caramanchão, nos Cortiços; e na Fraga do Castelo, em Lagoa, descortinam-se escombros de fortificações, alguns com pedaço de cerâmica, que a tradição atribui aos Mouros; e vem de longe a notícia das construções castrenses do Caramouro, em Balsamão, içadas de moedas, de instrumentos de lavoura e de uso doméstico, que «parece não deixarem dúvidas sobre a existência e estabelecimento dos Árabes naquele sítio» [12]. Carvalho da Costa, na Corografia Portuguesa, refere mesmo a tradição da existência de uma Mesquita no lugar onde se ergue «a Ermida da invocação de Nossa Senhora de Balsamão, junto ao Rio Azibo» [13].

Por toda a parte, no Concelho, perduram, na memória do povo, as fantasias coloridas que habitualmente enfloram o folclore das regiões que o árabe habitou: mouras encantadas; princesas de deslumbrante beleza tecendo com fios de ouro; tesouros fabulosos e cavaleiros de esporas e lanças doiradas povoam as grutas e os fraguedos ou dormem junto de fontes murmurosas aguardando a hora do acordar; e sobre as ruínas dos castelos pairam sombras de emires rapaces e sanguinários a lembrarem o extermínio das populações nos povoados a saque e o sacrifício das virgens cristãs, imaculadas e indefesas.

O Tributo das Donzelas foi motivo de duas antiquíssimas tradições que, ambas, se encerram com a derrota do muçulmano tirânico e cruel pelos Cristãos em rebeldia: a da

Vila dos Mouros, em Espadanedo, que teria dado o nome ao povoado Espada nele! Espada nele!; e a formosíssima lenda de Balsamão, com os cavaleiros de esporas doiradas da vila de Alfândega da Fé e a hoste de Castro Vicente a descerem sobre o vale de Chacim, para ali travarem sangrenta peleja com o «Mouro potentado», que lhes exigia o tributo bárbaro e humilhante; acontecendo que, «no maior conflito da batalha, se viu a Rainha das Virgens Maria Santíssima cercada de luzes e resplendores, com cuja vista animados os Cristãos, venceram de todo aos mouros, sem lhes valer o grande esforço com que pelejavam; e os deitaram dali fora». A Senhora trazia em suas mãos um vaso de bálsamo com que curava os Cristãos feridos na luta, pelo que, conclui o cronista do Santuário Mariano, «lhe deram o título de Balsamão; que era o mesmo que o bálsamo que a Senhora trazia em sua mão» [14].

### **5.1.2. Desde a independência à instituição do Concelho**

A divisão pré-nacional do território aquém-Tuela em três Distritos ou Terras Bragança, Lapaças e Ledra manteve-se, na monarquia portuguesa, até que, pelo foral de Junho de 1187, D. Sancho I erigiu a cidade de Bragança em sede de um vasto Concelho que conglomerava os termos de Bragança e Lapaças «totam Bragantiam et Lampazas cum suis terminis» [15]. Ao Concelho de Bragança passaram, assim, a pertencer todas as povoações do actual Concelho de Macedo de Cavaleiros que faziam parte da extinta Terra de Lapaças.

No alvorecer da Nacionalidade, como já anteriormente, a Terra era uma circunscrição, simultaneamente administrativa e militar, governada por um Rico-Homem ou Tenens, em representação do Rei; e constituía também, para efeitos jurisdicionais, uma Comarca ou Julgado, com Juízes da Terra, eleitos pelos povos e, a partir de D. Afonso IV, com Juízes de Fora e Corregedor, de nomeação régia.

As atribuições do Tenens não se exerciam, porém, em toda a área da circunscrição. Dentro das Terras havia zonas privilegiadas, que escapavam à sua acção por terem, legitimamente, jurisdição própria: eram os domínios eclesiásticos e nobres e os

Concelhos. E esses, no seu conjunto, abrangiam, frequentemente, larga parte do território da Tenência.

A política de repovoamento dos primeiros Reis, particularmente intensa e contínua nas áreas da fronteira, como a Terra de Bragança, valeu-se essencialmente de dois processos de estímulo: a doação de terras e de lugares à Igreja e à Nobreza e a instituição de Concelhos, em qualquer dos casos com a expressa obrigação de povoar [16].



**Figura 5.1** - Antigos Paços do Concelho dos Cortiços.

Na área territorial que hoje corresponde ao Concelho de Macedo de Cavaleiros, foi larga a liberalidade dos Reis para com as classes privilegiadas. Para além da documentação, relativamente escassa que chegou até nós [17], as Inquirições de D. Afonso III e de D. Dinis mostram que, no século XIII, a Igreja, particularmente o poderoso Mosteiro Beneditino de Castro de Avelãs [18]. e a Ordem do Hospital [19], e a Nobreza, altamente representada, entre outros filhos d'algo, pelos próceres Nuno Martins de Chacim e Afonso Mendes de Bornes, da linhagem ilustre dos Braganços, eram detentores de largos domínios, com privilégios, respectivamente, de foro próprio [20]. e de honra [21], em quase todos os termos e lugares [22].

Também os Concelhos se multiplicaram, impostos, não só pela evolução das comunidades vicinais no sentido da autonomia e pelo imperativo do repovoamento, mas também pela política de resistência da Coroa às prepotências dos privilegiados [23]. No notável surto municipalista do reinado de D. Dinis foram concedidas cartas de foral a Nozelos, em 1284, a Vale de Prados, em 1287, aos Cortiços, no mesmo ano, a Sezulfe em 1302 e, provavelmente, a Pinhovel.

No final daquele reinado, todo oeste da actual circunscrição Macedense para além da linha Bornes-Podence, que inicialmente pertencera à Terra de Ledra e, desde D. Afonso III, fora integrada no Concelho e julgado de Mirandela [24], instituído pelo foral de 25 de Maio de 1250, estava incluída nos Concelhos de Nozelos, Cortiços e Sezulfe. Da parte leste daquela linha haviam sido destacados do Concelho de Bragança os termos de Vale de Prados e de Pinhovel, então já encartados. E, logo adiante, em 1400, sob D. João I, Chacim era também elevada a Concelho pelo foral que lhe concedeu, segundo parece, D. Fernão Mendes Cogominho, Senhor de Chaves e grande valido daquele Monarca [25].

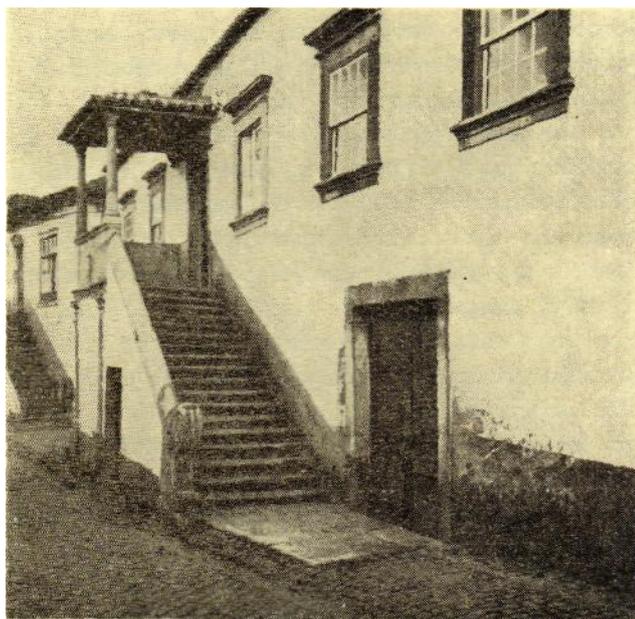
A propriedade privilegiada viu o seu fim com D. João II, após as Cortes Gerais de 1481; mas o movimento municipalista continuou a evoluir progressivamente, a ponto de, na segunda metade do século XIV, o Concelho ser já a célula-base da organização administrativa da Nação. O Reino estava, na altura, talhado em Comarcas, governadas por Corregedores de nomeação régia, e as Comarcas em Concelhos, com os seus magistrados, vereadores, procuradores e homens bons.

No começo do século XVI, a grande reforma de D. Manuel concedeu forais novos a Sezulfe, em 22 de Junho de 1504, a Vale de Prados em 1 de Junho de 1510, a Chacim, provavelmente em 1514 [26] e aos Cortiços, em 4 de Agosto de 1517. As linhas gerais da divisão territorial mantiveram-se. O País partilhava-se, ao tempo, em seis grandes Comarcas ou Províncias: Entre Douro e Minho, Trás-os-Montes, Beira, Estremadura, Entre Tejo e Guadiana e Algarve.

A Comarca ou Provincia de Trás-os-Montes aparece subdividida, na primeira metade daquele século, em quatro Comarcas ou Corregedorias: Moncorvo, Miranda, Vila Real e Bragança. À Comarca de Moncorvo pertenciam os Concelhos de Chacim, Sezulfe e Cortiços; Nozelos, Vale de Prados e Pinhovel e toda a parte leste do actual

Concelho, continuaram integrados na Comarca de Bragança. O Senado Municipal destas Vilas era constituído por juizes ordinários, vereadores e procuradores do Concelho, englobados na designação genérica: Gente da Governação. Com pequenas alterações de pormenor esta orgânica prevaleceu até à primeira grande reforma do constitucionalismo, em 1832.

De facto, em 16 de Maio deste ano, pelos Decretos números 22, 23 e 24, Mousinho da Silveira fixava as novas linhas de rumo da administração. A reforma, autêntica revolução, inspirava-se nas soluções adoptadas pelo liberalismo francês. No extenso e notável relatório que a precedia, anotava-se que as suas bases «eram tomadas da legislação da França» e consignava-se o princípio da autonomia das jurisdições administrativa e judicial. «A autoridade administrativa, rezava o relatório, é independente da judiciária; uma delas não pode sobreestar na acção da outra, nem pôr-lhe embaraço ou limite».



**Figura 5.2** - Antigos Paços do Concelho de Chacim.

Como consequência deste princípio, os Decretos números 23 e 24, publicados na mesma data, organizaram, autonomamente e com novas estruturas, a Administração Pública e a Justiça.

O Decreto número 23 prescrevia: «Art. 1.º Os Reinos de Portugal e Algarves e Ilhas Adjacentes são divididos em Províncias, Comarcas e Concelhos. Muitos Concelhos formam a Comarca, muitas Comarcas a Província». A administração da

Província competia ao Prefeito, a da Comarca ao Subprefeito e a do Concelho a um Provedor, todos de nomeação régia. Junto de cada um destes magistrados funcionava uma Junta ou Corpo Administrativo da confiança e eleição dos povos.

A lei de 18 de Maio de 1835 suprimiu as Prefeituras e, pouco depois, em 18 de Julho, decretava-se a nova divisão administrativa. O País ficava dividido em Distritos, estes em Concelhos e os Concelhos em Freguesias.

O Decreto de 17 de Maio de 1836, incumbiu as Juntas Gerais de Distrito de estudar a divisão dos Concelhos em freguesias, podendo propor as alterações que lhes parecessem convenientes à divisão existente «assim quanto ao número de Concelhos e limites dos Julgados, como a respeito das povoações que os devem compor» (art. 1.º das instruções anexas). Como consequência dos trabalhos das Juntas Gerais, foi decretada, em 6 de Novembro de 1836, a nova divisão administrativa, que reduziu a dois Chacim e Cortiços os velhos Concelhos que viriam a constituir o núcleo do Concelho de Macedo de Cavaleiros, Esta divisão prevaleceu até à reforma de 1853.

A lei de 28 de Fevereiro de 1835 e os Decretos de 21 de Março e 7 de Agosto do mesmo ano realizaram a nova divisão judiciária: o País ficava dividido em Distritos e os Distritos em Julgados. O Julgado de Chacim, do Distrito de Bragança, alargava-se por uma vasta área que incluía, além de muitas outras, as freguesias que, presentemente, constituem a Comarca de Macedo de Cavaleiros, excepto as de Cortiços, Ala e Nozelos e todas as da zona noroeste do Concelho.

O Código de 18 de Março de 1842, do Governo de Costa Cabral, adoptou a divisão administrativa em dois graus. O seu artigo 1.º prescrevia: «O Reino de Portugal e dos Algarves, e as Ilhas Adjacentes, dividem-se em Distritos Administrativos e os Distritos em Concelhos». Estas circunscrições eram chefiadas por Governadores Civis e Administradores do Concelho, assistidos, aqueles, por uma Junta Geral e estes pela Câmara Municipal.

Passado apenas um ano, pela Lei de 29 de Maio de 1843, era o Governo autorizado a realizar uma nova divisão administrativa. Esta autorização, tornada extensiva à divisão do território para efeitos judiciais, pela Lei de 3 de Agosto de 1853, caducava com a abertura da sessão legislativa de 1854. Na reforma prevista devia o Governo

atender, por expressa determinação legal, às circunstâncias locais, às comodidades dos povos e às necessidades do serviço.

No uso das referidas autorizações, foi decretada, em 31 de Dezembro de 1853, a nova divisão administrativa.

O artigo 1.º do diploma rezava:

«Art. 1.º - Fica estabelecida, para efeitos judiciais e administrativos, a nova divisão de Comarcas, Julgados e Concelhos que a par dos círculos de jurados, dos Distritos de Paz, e das freguesias desses Julgados e Concelhos, e segundo os Distritos administrativos a que respeitam, vão designados no incluso mapa n.º 1, o qual faz parte integrante deste Decreto e baixa assinado pelos Ministros e Secretários de Estados dos Negócios do Reino e dos Negócios Eclesiásticos e da Justiça.»

No aludido mapa mencionava-se MACEDO DE CAVALEIROS como sede de uma das circunscções judiciais e administrativas em que ficava dividido o Distrito de Bragança. A Comarca ficava constituída por parte dos Julgados de Alfândega da Fé e de Izeda e pelo de Macedo de Cavaleiros; o Concelho tinha por base os velhos Concelhos de Chacim e Cortiços, que a Reforma suprimia. Era Presidente do Conselho o Duque de Saldanha, e Ministros do Reino e dos Negócios Eclesiásticos e da Justiça, respectivamente, Rodrigo da Fonseca Magalhães e Frederico Guilherme da Silva Pereira.

A Comarca e Concelho de Macedo de Cavaleiros tinham nascido.

### **5.1.3. Estrutura e relevo do solo**

Como todo o Distrito de Bragança, o território do Concelho de Macedo de Cavaleiros faz parte da Meseta Ibérica e, por isso, os terrenos arcaicos estão na base da sua estrutura. São as formações xistosas que predominantemente o constituem. No entanto, encontram-se na área do Concelho consideráveis manchas graníticas, nomeadamente nas serras de Bornes e de Nogueira e nos termos das freguesias de

Cortiços e Lamalonga. Há a destacar ainda, no quadro primário, afloramentos pliocénicos nas proximidades da vila de Macedo de Cavaleiros e formações calcárias, de certa extensão, no curso médio do rio Azibo, junto à povoação de Vale da Porca.

Assim sumariamente estruturado, o território concelhio, como mostram as cartas hipsométrica e orográfica da região, é um extenso planalto, com 600 a 700 metros de altitude, debruado a norte e a sul por linhas de relevo que ultrapassam os 1 200 metros. A montanha e a planície enfrentam-se, em violento e majestoso contraste; mas, não obstante o predomínio das terras baixas, as serranias periféricas são factor de fundamental importância na morfologia do termo: delas se desprende todo o relevo secundário que o anima; as suas vertentes determinam as bacias hidrográficas; a sua orientação e altitude exercem acentuada influência sobre o clima e, por isso, sobre a vida.

Olhada no seu conjunto, a arquitectura do Concelho, à parte a orla montanhosa que o extrema, de feição agitada e áspera, é preponderantemente constituída à base de formas orográficas de contornos esbatidos, de declives suaves, que a acção desgastante das forças erosivas faz propender cada vez mais para a planificação.

Montes boleados ou encimados por superfícies rasas sucedem-se em interminável ondulação, interceptados por vales estreitos ou pelo leito pedregoso das torrentes; e, a espaços, cordas de cabeços demarcam o curso de ribeiras escachoando por entre fraguedos ou cortando mansamente as terras fartas que as marginam.

Em toda a vasta comarca de Entre Azibo e Sabor, só o Cabeço da Paixão (774 m) se eleva no horizonte, perfilado sobre a chã agreste de Morais. Mas, aquém-Azibo, o relevo adensa-se: o maciço de Nogueira ergue, a norte, a sua silhueta gigantesca e disforme, culminada na Pena Mourisca (1230 m); e a larga plataforma que o circunda e, para oeste, se precipita tumultuosamente, em escarpas e ravinas de forte declive sobre o Vale do Rio Macedo, descai para sul, em ritmo lento, a partir das Alturas de Latães (892 m), para se afundar, ladeada pelos visos arredondados de Pinhovel (771 m) e de Vale de Prados (728 m), na peneplanície que emoldura, pelo norte, a Serra de Bornes (1212 m), limite meridional do Concelho.

O quadro, de grandeza inenarrável, integra-se na fascinante panorâmica do planalto bragançano, como ele modelado em terraços, em socalcos, em curvas largas que, vistas do alto, sugerem um plaino imenso, apenas empolado por algumas raras saliências, que se aprumam, isoladas, na majestosa uniformidade da perspectiva.

Embora nadas do mesmo surto orogénico e com idêntica estruturação geológica, as duas grandes serranias que rebordam o termo diferem profundamente na configuração e nas características fitoclimáticas.

Resvalando, aos poucos, para o vale, do lado sul, a Serra de Nogueira diminui-se, aparentemente, na estatura; mas, para leste e o este, apruma sobre as terras baixas as suas gigantescas e alcantiladas vertentes, entrecortadas pelos fossos profundos das linhas de água e coroadas por cristas rochosas, com largas zonas de mato rasteiro e sombrio; e, para norte, vai subindo, crescendo sempre, em altura e rudeza, até ao píncaro distante da Senhora da Serra, já em terras de Bragança. É uma típica montanha do Alto Trás-os-Montes, bravia e áspera, que o Verão requeima e o Inverno sepulta sob a neve.

Mas não é assim a Serra de Bornes, a lendária Montemé [27].

Atirada para o céu, de um jacto, dos vales que a marginam a norte e a leste, recorta no azul a sua cumeada de mais de duas léguas numa linha harmoniosa e tranquila, como o dorso de um gigante adormecido. Olhada de baixo, avista-se, inteira, em toda a sua magnitude, a oferecer o espectáculo admirável das matas e das culturas que, até ao cimo, lhe recobrem as encostas e as chapadas, o colorido em contínua mutação, conforme a estação e a hora. Em qualquer recanto a água brota a refrescar a terra. E a seus pés, atestando a riqueza do agro, dez freguesias erguem o seu casario, cercadas de olivais bíblicos e de velhos soutos, que convivem estranhamente, pela rara tolerância de um clima excepcional.

E nem só as virtualidades telúricas tornam única a serra magnífica. Ela é também, na justa expressão de um geógrafo ilustre, «o melhor miradouro de Trás-os-Montes» [28].

Lá do alto, da maravilhosa varanda que é a sua cumeada, alcança-se, de um golpe, toda a Província, a desdobrar-se numa ondulação de tempestade, eriçada de agulhas e

escavada de abismos, as extremas bem demarcadas, a norte e a oeste, por gigantescas balizas de sombra O Montezinho e o Marão a nascente e ao meio-dia pelo sulco profundo do Douro, impetuoso e ardente; e não só a Província, mas, para além dela montes e mais montes, terras e mais terras Sete Bispados, na fala do povo que à vista se vão gradualmente esbatendo e fundindo, até tudo se afogar no azul violáceo da distância.

Na imensidade do quadro, a grandeza da composição e a profundidade da perspectiva apagam o pormenor; mas a massa formidável do conjunto, colorida e iluminada em gama infinita, fascina e esmaga. A certas horas, na feeria das madrugadas e nas lentas agonias do pôr-do-sol, a mensagem de luz e de cor que se desprende da terra, cambiando a cada instante de tom e de valores, mostra-nos um mundo encantado, de beleza surpreendente e intraduzível, que o silêncio e o isolamento das alturas tornam quase irreal.

Desde sempre a serra incomparável foi o ídolo dos povos do Vale. Ela lhes prenuncia o bom tempo, mostrando a face luminosa e tranquila; profetiza a chuva benfazeja e refrescante e o calor que abrasa, coroando-se de nuvens esfarrapadas ou velando-se com o «carujeiro»; e, quando a tempestade ameaça, o marulhar profundo da «Carvalheira» [29]. cresce por montes e vales, alarmante e poderoso como um toque de rebate. Ela é a fonte da abundância, que atesta as arcas de pão e enche, a transbordar, os tonéis, que dá a lenha para a lareira e o azeite para o caldo e para a candeia, madre opulenta e dadivosa que, nas suas entranhas, guarda todas as riquezas da terra.

*“No monte de Montemé*

*Atiram os pastores com ouro ao gado*

*E não sabem o que é. ”*

À infraestrutura que atrás se esboça, a traços largos, sobrepõe-se um solo quase sempre constituído por xistos desagregados que, nos cimos e nas encostas, é, em geral, magro, árido, de baixa produtividade e chagado pela erosão. Mas nas plataformas que envolvem serras e montes e nos terraços que se escalonam pelos pendores, como em largas áreas do planalto, abundam as terras fundas e generosas; e, ao longo dos

talvegues, magníficos plainos de aluvião olgas e canameiras, veigas e pradarias irrigados pela água fecundante de nascentes e de ribeiras, mostram a sua fertilidade na opulência da vegetação que as reveste.

#### **5.1.4. Hidrografia**

A configuração do relevo e a estrutura geológica determinam o traçado de uma rede fluvial constituída à base de correntes de pequeno curso e de reduzido débito que se compartilham entre as bacias do Tua e do Sabor por uma corda de vertentes que tem como eixo a Serra de Vale de Prados.

Não há grandes rios a entravessar o termo concelhio: o Sabor, correndo no seu vale pedregoso e profundo, apenas o reborda a leste.

Do maciço de Nogueira, principal centro de dispersão hidrográfica do Concelho, desprendem-se as linhas de água que asseguram a drenagem do Norte e de Leste de território: O Rio Macedo, que converge no Tuela, depois de fecundar a campina de Noselos; a *Ribeira de Vale de Moinhos*, que passa junto a Gralhes e o *Rio Azibo*, que irriga a magnífica várzea de Vale da Porca, e, ambos, vão entroncar no Sabor. Todo o Sul se integra na vasta bacia da *Ribeira de Carvalhais*, que nasce na Serra de Bornes e vai lançar-se no Tua, a montante de Mirandela, depois de atravessar os termos fertilíssimos de Castelãos, Vilar do Monte, Grijó, Carrapatas e Cortiços. Na fachada oeste desta serra, o famoso e farto manancial da Burga dá origem à *Ribeira da Vilariça*, que, no seu início, irriga o vale desta freguesia.

Ao longo dos seus cursos, aquelas correntes recolhem os caudais de numerosas ribeiras, algumas de relevante importância: a *Ribeira de Ferreira*, que conflui no rio Macedo; as *Ribeiras de Salselas*, dos *Olmos*, de *Chacim* e do *Fontilheiro*, que desaguam no Azibo, depois de irrigarem as hortas e pradarias de Salselas, a Veiga da Dona, os Campos de Azibeiro e os vales pingues dos Olmos e de Chacim; a *Ribeira dos Lobos* e de *Vale de Prados*, que cortam as terras opulentas de Macedo de Cavaleiros; a *Ribeira de Travanca*; e as *Ribeiras do Bobêdo* e de *Grijó* que descem da Serra de Bornes, todas tributárias da *Ribeira de Carvalhais*.

A este sistema central de escoamento afluem ribeiros e regatos inumeráveis, que sulcam o termo em todos os sentidos, ressaltando pelas quebradas, contornando as encostas e rasgando os vales, fartos e turbulentos nas invernias e nas tormentas, delgados fios de água ou álveos areentos de correntes mortas nas estações quentes.

É uma típica rede de planalto, com a pronunciada torrencialidade e o poder erosivo que resultam do desnivelamento dos leitos e de um regime pluviométrico caracterizado por precipitações abundantes, seguidas de secas intermináveis, só perturbadas pelas quedas de água diluvianas e devastadoras das trovoadas. Ao seu milenário trabalho de sedimentação se devem as várzeas magníficas que marginam alguns dos seus cursos e tanta influência têm exercido no povoamento e na economia do Concelho.

#### **5.1.5. Clima**

Por toda a parte, na vasta zona de altiplanuras, eriçada de montanhas, onde se entalha o Concelho, o clima acusa o predomínio do continente. O mar, contudo, sente-se, rumorejando ao longe, por detrás da cortina de relevo que se levanta a ocidente da Província e culmina no Marão, e a sua interferência marca com sulcos indeléveis o fácies meteorológico regional.

A uma topografia enformada em serranias e vales profundos não pode corresponder a uniformidade climática. O clima da região oferece, por isso, características diversas, por vezes contrastantes, conforme as condições locais de latitude, de altitude e de exposição. No entanto, a análise dos elementos que o compõem evidencia a sua continentalidade.

#### **I — Temperatura**

O condicionamento geográfico do Concelho atenua sensivelmente a natural excessividade do clima regional: a norte, a Serra de Nogueira, autêntica barreira térmica, abriga-o dos ventos gelados da Espanha, dominantes nas estações frias; e, pelos flancos, a alastrar sobre as terras, remonta o hálito morno do Sabor e do Tua.

A incidência destes factores sobre os elementos climáticos peculiares do planalto altera os seus valores e gera uma fisionomia climática «sui generis», caracterizada pela benignidade e pela diversidade.

A Terra Fria e a Terra Quente, as duas grandes zonas fitoclimáticas que compartilham a região, dividem entre si o termo Macedense; e, na falta de dados locais para a determinação das curvas térmicas das fracções que se integram em cada uma daquelas zonas, bem se pode afirmar que as respectivas temperaturas se devem situar nas proximidades das registadas nas estações meteorológicas de Bragança e de Mirandela, que encabeçam áreas climaticamente semelhantes.

Nas serranias e em todo o extenso patamar a norte do paralelo de Macedo Terra Fria a temperatura média anual é de 11,9° e a amplitude térmica atinge um nível superior aos 35°. Os invernos são glaciais, com a neve e a geada a recobrirem os campos e os estios escaldantes e áridos. O termómetro que, em Dezembro, desce, frequentemente, abaixo de zero, ultrapassa os 30°, mesmo os 35°, em Julho e Agosto. As primaveras, álgidas e rudes, mais parecem o prolongamento do Inverno.

«Oito meses de Inverno e quatro de Inferno!».

No Verão, o calor, verdadeiramente africano, sobe, por vezes, a mais de 35° e o índice de aridez baixa para menos de 10. A média térmica anual é de 14,6°.

«Ardem os montes e secam as fontes!».

É a Terra Quente, com o seu clima de feição quase Duriense, mais temperado e mais seco.

## II — Ventos

O regime geral dos ventos processa-se em harmonia com as flutuações da eterna luta de influências entre a terra e o oceano.

No Concelho, como em toda a região, a presença do mar é essencialmente traduzida nos ventos de W., S.W. e N.W., que entravessam o País, desencadeados do centro anticiclónico dos Açores, no sentido do centro ciclónico da Islândia. Variando no

decorrer das estações, em rumo e intensidade, são estas correntes que abrandam os excessos do clima e, normalmente, provocam as quedas de chuva.

Elementos de raízes ibéricas associam-se a este traço atlântico. Assim, no Inverno, as zonas interiores da Península, enregeladas, são centros de altas pressões de onde partem surtos eólicos marcadamente continentais, que se propagam de E. e N.E., no sentido do mar. Inversamente, no Verão, prevalecem as influências oceânicas: o sobreaquecimento das terras interiores transmuda-as em zonas de baixas pressões para onde convergem os ventos marítimos de W. e S.W..

Estas linhas gerais representam apenas uma tendência na típica variabilidade da circulação atmosférica. A intervenção de vários factores, entre os quais a influência continental da Eurásia e os reflexos da passagem, tão frequente, dos ciclones atlânticos sobre a Península, dá lugar a fundas alterações no regime meteorológico regional e explica a violência e a instabilidade dos ventos, no Outono e na Primavera. O próprio relevo impõe, por vezes, mudanças de rumo: em toda a região, as correntes pluviosas sopram frequentemente do Sul e não de W. e S.W., como seria normal.

A incidência de certos ventos na vida rústica levou-os, com nomes próprios, ao glossário regional.

Para o campesino, o E. e o N.E., flagelo dos dias claros e frígidos da Primavera, é o cieiro: o S. e o S.E., que sopram no Estio, violentos e abrasadores, são o Suão; e o N. e N.E., gelado e traiçoeiro «de Espanha nem bom vento nem bom casamento» é o Galego. Vento de Baixo, é, para todos, o do quadrante S., mensageiro das chuvas.

### III — *Chuvas*

São ainda as influências oceânicas que, associadas à altitude e à exposição, condicionam a pluviosidade.

Longe do mar e subtraído ao impacto directo da sua acção por uma cadeia de montanhas que, subindo a mais de 1.400 m, corta o passo às massas de ar húmido e funciona como um gigantesco condensador, a região é, naturalmente, seca; mas, com

este cunho geral, são as zonas de maior relevo e melhor expostas aos ventos marinhos, que atingem o mais alto nível pluviométrico.

A irregularidade é, por isso, a nota dominante no esquema da distribuição de chuvas ao longo do ano.

No entanto, conclui-se que, no Concelho, as precipitações atingem o seu máximo no Outono e no Inverno, declinam sensivelmente na Primavera, e marcam, no Verão, o seu mínimo.

Dezembro e Janeiro assinalam o nível mais elevado na escala da pluviosidade, com médias que, na Terra Quente, se acercam dos 100 mm e na Terra Fria vão até aos 160 mm. Em Julho e Agosto as quedas de chuva mal atingem os 14 mm. As nuvens pluviosas, empurradas pelos ventos de W., sobrevoam as terras ressequidas sem lograrem o seu ponto de condensação. As nascentes morrem e as ribeiras secam. Só a água escaldante das trovoadas cai em catadupas, de quando em vez, sobre o solo calcinado.

#### **5.1.6. Revestimento vegetal**

Pouco ou nada resta, no território concelhio, da floresta imensa que, primitivamente, devia ter povoado os seus montes e os seus vales. A acção do homem foi-a derrubando, sem descanso, ao longo das idades.

O próprio revestimento arbustivo, que lhe sucedeu, o típico «monte» que, ainda há 50 anos cobria largas zonas do termo com o seu manto sombrio, que na Primavera se constelava de flores, foi gradualmente desaparecendo para dar lugar às searas e às pastagens. As carvalheiras e as giestas, as carrasqueiras e os tojos, a esteva, a arca e a urze, vegetação rasteira e humilde, que há pouco tempo era nota dominante na paisagem, vão quase extintas.

Aqui, como em toda a parte, é o condicionamento climático que essencialmente determina a distribuição das espécies vegetais. À grande diversidade climática, peculiar do Concelho, tinha, por isso, de corresponder uma variada representação da flora.

De uma maneira geral, a vegetação arbórea característica da região atlântica, de que o castanheiro (*castanea sativa*) é símbolo nobilíssimo, predomina nas vertentes das serranias periféricas e nas altiplanuras para cima dos 600 m; nos vales e nas zonas planálticas de altitude inferior àquela cota imperam as espécies mediterrâneas, de que a oliveira (*olea sativa*) é o mais alto representante.

Mas nem sempre este esboço de demarcação fitoclimática corresponde à fisionomia vegetal: há zonas de transição, onde convivem todas as espécies e culturas.

Courelas de centeio entremeadas com retalhos de bravio terras que o Inverno gela e o Sol cresta no Verão coroam as cumeadas das serras; e descendo por encostas e ravinas ou povoando amplas áreas de planalto, matas de castanheiros e de carvalhos (*Quercus toza* e *quercus lusitanica*), quebram a monotonia das searas infindáveis. Aqui e além, estreitos prados, cingidos de renques de freixos (*Fraxinus angustipolia*) e de olmos (*Ulmus glabra*) e leiras de horta, escondem-se nos vales ou agrupam-se à volta de povoações que mal se adivinham. Flora atlântica. Terra Fria.

Denunciando a transição, oliveiras e sobreiros (*Quercus suber*) vão aparecendo timidamente, por soalheiras e abrigadas, à medida que a altitude descai; mas só nos vales profundos que flanqueiam, pelo Poente, a Serra de Nogueira e na larga e extensa faixa que se confina entre o paralelo de Macedo e a Serra de Bornes e haure, pelas extremas, a irradiação cálida do Sabor e do Tua olivais, montados e amendoais (*Amygdalus communis*) testemunham a presença da flora mediterrânea e da Terra Quente, com o seu clima mais doce e mais seco.

Além das espécies citadas, que representam, no mais subido nível, as duas grandes regiões fitogeográficas do País, aparecem no Concelho, por todos os recantos, exemplares magníficos de árvores que se integram numa ou noutra, mas que vegetam normalmente, qualquer que seja o condicionamento climático: o pinheiro marítimo (*Pinus pinaster*), o choupo (*Populus nigro*), o salgueiro (*Satix salviofolia*), a azinheira de frutos comestíveis, a figueira (*Ficus carica*), o medronheiro (*Arbutus unedo*) e outras.

Encruzilhada de todos os climas do Distrito, o Concelho de Macedo de Cavaleiros é também um mostruário magnífico da sua flora opulenta.



arquitectónico variado, o concelho de Macedo de Cavaleiros tem para lhe oferecer uma estada agradável, qualquer que seja a época do ano!

Chamada de “Coração do Nordeste“, Macedo de Cavaleiros fica no centro de um desafogado planalto a cerca de 650 metros de altitude, rico em terrenos de cultivo, pomares, olivais e alguns vinhedos, abrigados do vento Norte pela Serra da Nogueira e do Sul pela Serra de Bornes.

É uma terra antiga mas sede de um concelho recente, com apenas 150 anos. Em 1863, foi elevada à categoria de vila e em 1999 foi promovida a cidade. É espantosa esta evolução se tivermos em conta que no início do século XVIII, há 300 anos, não passava de uma simples quinta, “Quinta de Maçada”.

## 5.2. Caracterização do Edifício

### 5.2.1. Breve historial da 1ª Casa dos Vasconcelos, em Macedo de Cavaleiros



**Figura 5.4** – 1ª Casa dos Vasconcelos

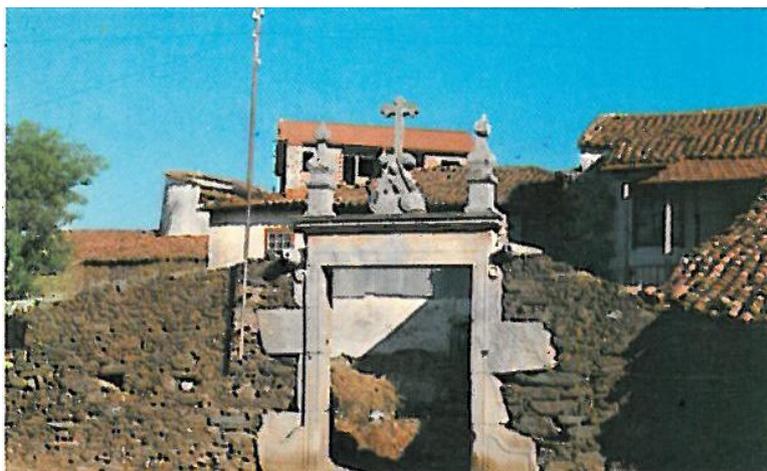
O conjunto edificado designado por 1ª CASA DOS VASCONCELOS em MACEDO DE CAVALEIROS, com o passar dos tempos foi herdado pela família “dos Reis Moreno Gonçalves” que por sinal foi a primeira casa construída na cidade de Macedo de Cavaleiros também conhecida por QUINTA DE MAÇÆDO, constituía para esta família o principal apoio às actividades rurais, agricultura e pecuária, principal desenvolvimento da altura.

Foi a sua proprietária a Sr.<sup>a</sup> D. Herminia do Céu Moreno (minha avó paterna) que por ele tinha especial dedicação, habitando-o e conservando-o até a data de 1978. Nos inúmeros contactos que tivemos, confidenciou-me ser sua aspiração actualizá-lo, possivelmente reabilitando-o para uma finalidade mais ampla do que conjunto habitacional, tendo como prioridade numa primeira fase a reabilitação e conservação da entrada, muro de fachada exterior.

Em entrevista com Sr.<sup>a</sup> D. Herminia do Céu Moreno (minha avó paterna) descreveu-me a QUINTA DE MAÇAEDO e passo a citar:

*“Toda a propriedade era cercada por um muro feito em pedra, o acesso era feito por uma portalada em cantaria; o acesso exterior, para o interior da casa era feito por escadas, em lajes inteiras de xisto; tinha as paredes construídas com xisto, ligadas entre si com barro, posteriormente rebocadas com cal, de seguida pintadas para melhorar a aparência; as divisórias eram feitas em taipas e revestidas a argamassa de cal; as lajes dos pisos e dos tectos eram em madeira de castanho e pinho; a cobertura era feita com telha de barro; A cozinha não era forrada, para melhor secagem do fumeiro e melhor tiragem do fumo, onde ardia a fogueira no lar, para cozinhar e aquecimento; o sistema de aquecimento natural, era feito através dos animais que se recolhiam no rés-do-chão da própria casa, pois que era uma casa de lavoura; não faltava o forno a lenha, onde era cozido o pão; no logradouro da casa, existia o horto, onde se plantava o renovo da primavera; existia a capoeira onde eram criadas várias aves, que entravam na cadeia alimentar da família; a loja dos suínos, que em Dezembro faziam a delícia da “matança do porco”, para que não faltasse o delicioso presunto na adega, junto da pipa do vinho e toda a variedade dos saborosos enchidos transmontanos;*

*Na retaguarda da casa, havia a eira, onde era malhado o cereal; não havia água canalizada, recorria-se à fonte pública, assim como à lavagem da roupa que era feita no tanque público; não havia saneamento.”*



**Figura 5.5** – Aspecto geral da 1ª Casa dos Vasconcelos, aquando habitada por a Sr.ª D. Hermínia do Céu Moreno



**Figura 5.6** – Aspecto geral da 1ª Casa dos Vasconcelos, Julho de 2010.

### 5.3. Referências Bibliográficas do Capítulo 5

- [1] HERCULANO, Alexandre – *História de Portugal*, Liv. III, nota VII.
- [2] HERCULANO, Alexandre – *História de Portugal*, Liv. III, nota VII.
- [3] *Lib. Fidei*, n.º 385.
- [4] Vários documentos confirmam esta localização. ALVES, P. Francisco Manuel - *Memórias Arqueológico - Históricas do Distrito de Bragança*, I, 40 e IV, 444.
- [5] In cit. *Memórias Arqueológicas*, IV, 193.
- [6] Transcrito, na parte respectiva, no vol. IV, pág. 444, das cit. Mem. Arq. Hist.
- [7] Sobre a matéria ver os vols. IX e X das cit. Mem. Arq. ; e LOPES, Maria Cândida de Salgado, *Concelho de Macedo de Cavaleiros, Subsídio para uma monografia*, pág. 12 e seg.
- [8] VARGAS, A. J. de Sá, *Memória sobre Balsamão*, – Bragança, 1853, pág. 12.
- [9] O Castrilhão, nas Arcas; as Cruzes de Castro, em Bagueixe; a povoação de Castro Roupal; a Veiga de Castro, em Limãos; o Crasto, em Salselas; os Lameiros de Crasto, na Sobreda; o Vale de Crasto, em Vale de Prados e outros.
- [10] Cit. *Memória sobre Balsamão*, pág. 11.
- [11] CARDOSO; P. Luís – *Dicionário Geográfico*, verb. Corujas e Castelãos.
- [12] Cit. *Memória*, pág. 9.
- [13] Verb. Chacim.
- [14] *Santuário Mariano*, Tomo V, 594.
- [15] *Foral de Bragança*, in Mem. Arq., III, 107.
- [16] D. Sancho I impôs a Bragança o povoamento dos «vilares veteros» do Concelho. Vid. Inquirições de D. Afonso III, Paróquias de Santa Maria e S. João, da Vila de Bragança, in *Mem. Arq.*, in, 304. Na área do actual Concelho de Macedo de Cavaleiros foram povoados por Bragança, além de outros vilares, Valdrês, Limãos e Vale de Prados, cit. *Mem.*, III, 323, 334 e 357. Sezulfé, também deste Concelho, foi povoada por Mirandela - Inq. de D. Afonso III, cit. *Mem.*, IV, 24. Vilares velhos (veteros) eram antigos povoados que as invasões haviam deixado desertos; vilares novos eram núcleos recentes de povoamento. Vide, sobre a matéria, além das referidas Inquirições, os Forais de Mogadouro, dado por D. Afonso III, em 1273, e de Miranda do Douro, dado por D. Dinis, em 1286, in *Mem., Arq.*, IV, 437 e 83. No Concelho de Macedo de Cavaleiros, eram vilares, além das povoações de Valdrês, Limãos e Vale de Prados, atrás referidas, as de Talhas, Travanca,

Burga, Peredo, Bousende, Azibeiro e Masaedo, actual vila de Macedo de Cavaleiros, como mostram as aludidas Inquirições, in *Mem., cit.*, págs. 345, 347, 351, 353, 355 e 365

[17] Ver vários documentos in *Concelho de Macedo de Cavaleiros — Subsídios para uma monografia*, atrás citado, pág. 24 e seg. e nos vols. I, II, III e IV das aludidas *Mem. Arq. Hist.*

[18] Fundado no século VII e senhor de muitas vilas, casais e coutos, exerceu vasta influência na região. LEAL, Pinho - *Portugal Antigo e Moderno*, escreveu, referindo-se a este Mosteiro: «Eram estes frades dos mais ricos, poderosos e despóticos de todo o Reino».

[19] Na área do Concelho as Inquirições referem bens imobiliários da Ordem nas freguesias e lugares de Azibeiro, Banrezes, Castro Roupal, Espadanedo, Bagueixe, Gralhós, Grijó, Lamas, Morais, Salselas, Vale de Prados, Valdrês, Vale Bemfeito e outras - *Mem. Arq.*, III, 323 e seg.

[20] A Igreja gozava de foro eclesiástico e de outros privilégios e imunidades.

[21] Honra: terra privilegiada de fidalgo. Da nobreza do senhor provinha a existência legal da honra, pelo que a propriedade honrada perdia essa qualidade deixando de ser de fidalgo. GAMA BARROS, *História da Administração Pública em Portugal*, II, 432 e seg.

[22] *Mem. Arq.*, III, 304 e seg. e IV, 7 e seg., onde se transcrevem as Inquirições.

[23] As Inquirições aludem, frequentemente, a casais e terras «filhadas» por Conventos, Ordens e filhos d'algo. Os frades de Castro de Avelãs apossaram-se violentamente da vila de Sezulfel, sem que lhe valessem os protestos dos povoadores de Mirandela. — P.<sup>o</sup> ERNESTO PEREIRA SALES, in *Mirandela*, 22; Afonso Mendes de Bornes expulsou de Vale de Prados os povoadores do Concelho de Bragança e possuía ilegitimamente as Vilas de Cernadela e Cortiços - *Mem. Arq.*, III, 357 e IV, 34; o Concelho de Bragança foi impedido pelas Ordens e por filhos d'algo de povoar certos vilares — Inquirições, in *Mem. Arq.*, III, 306, 307, 312, 313, 315 e 355; este mesmo Concelho viu-se forçado a entregar a D. Nuno (Nuno Martins de Chacim) «com medo», metade do vilar de Valdrês, depois de o povoar — *Mem. Arq.*, III, 322 e 344; et reliqua.

[24] Vid. Mirandela, atrás citada.

[25] É a opinião perfilhada por Pinho Leal, *Port. Ant. e Mod.* e por Carvalho da Costa, *Corografia Portuguesa*, Verb. Chacim.

[26] foral se data, decerto por esquecimento ou lapso de cópia, mas supõe-se, com bons fundamentos que é de 1514. Pinho Leal, ob. cit., verb. Chacim.

[27] Alguns velhos corógrafos designam a Serra de Bornes por Serra de Montemé ou Montemel. Nos forais e nos tombos do antigo Concelho de Chacim também assim é denominada. Ver *Mem. acerca de Balsamão*.

[28] GIRÃO, Prof. AMORIM — *Geografia de Portugal*, pág. 69.

[29] Enorme ravina da Serra, sobre Grijó de Vale Bemfeito, povoada de carvalhos. O vento Sul, que precede os temporais, agita violentamente a ramagem das árvores, provocando um marulhar característico, que se ouve longe.

## **6. ENSAIOS LABORATORIAIS SOBRE ARGAMASSAS DE REFECHAMENTO**

### **6.1. Introdução**

Este trabalho tem como principal objectivo o estudo de duas argamassas (existentes no mercado), para aplicação na reabilitação e conservação de edifícios antigos, nomeadamente em alvenarias de pedra-seca, e para possível aplicação em construções novas.

Desenvolveram-se composições destas argamassas com diferentes dosagens de modo a estudar cada uma delas e identificar a que será mais adequada para aplicar em refechamentos profundos e superficiais de juntas abertas em intervenções de reabilitação de edifícios degradados de alvenarias de pedra-seca.

Esta análise das argamassas, bem como o estudo da composição existente no mercado, foi efectuada em termos de caracterização das suas resistências mecânicas e do seu comportamento em relação à água.

Seguidamente descrevem-se as composições desenvolvidas e os materiais empregues em cada uma delas. Posteriormente apresentam-se os ensaios efectuados, os respectivos resultados e sua discussão e, finalmente, retira-se uma conclusão sobre a adequação da utilização das argamassas formuladas no refechamento de juntas abertas do edifício - caso de estudo.

### **6.2. As Argamassas Comerciais – LEDAN MTX; LEDAN C30**

#### **6.2.1. Descrição dos produtos pré-doseados**

No âmbito destes trabalhos relativos, à 1ª Casa dos Vasconcelos em Macedo de Cavaleiros será conduzido um estudo de caracterização de argamassas com vista à sua utilização no refechamento de juntas abertas, para aplicação em alvenarias de pedra seca.

Determinam-se duas composições distintas de argamassas susceptíveis de serem utilizadas: uma em profundidade e outra com acabamento superficial.

Para o efeito, procedeu-se à análise de 2 tipos diferentes de argamassas, cujos ligantes são pré-doseados.

Os produtos pré-doseados são comercializados em Itália por *Tecno Edile Toscana* com as designações LEDAN C30 (para acabamento superficial, por ser mais resistente á compressão, ter menor porosidade aberta e menor capilaridade que MTX) e LEDAN MTX (para enchimentos em profundidade), contando já com alguma experiência de uso em Portugal.

#### ***6.2.1.1. LEDAN MTX - Ligante hidráulico para juntas de alvenarias de pedra***

LEDAN MTX é um ligante hidráulico especial, aditivado com compostos específicos, que misturado com inertes limpos e adequadamente seleccionados, disponíveis no local da intervenção, permite executar o refechamento das juntas nas paredes em alvenaria de pedra aparente.

Apresenta características particulares, como: óptima trabalhabilidade, mesmo sem humedecimento prévio do suporte; fácil limpeza das excedências; compatibilidade físico-química com a cal e a pozolana. A excelente capacidade do LEDAN MTX em reter a água de amassadura durante as primeiras horas após aplicação, evita a uma secagem demasiado rápida. Quanto aos campos de aplicação, LEDAN MTX é um ligante hidráulico apropriado, em combinação com inertes quer siliciosos quer calcários, na consolidação estrutural e, simultaneamente, na reparação das argamassas de refechamento de juntas das estruturas em alvenaria incoerentes, bem como para o seu eventual reboco “à flor da pedra”.

Na composição do LEDAN MTX encontram-se ligantes hidráulicos especiais (C30) quimicamente estáveis e de baixíssimo conteúdo em sais solúveis, inertes siliciosos, pozolana superventilada e uma especial combinação de aditivos fluidificantes, retentores, arejadores, e expansores quer em fase plástica quer hidráulica. LEDAN MTX é um ligante à base de cal; por conseguinte, o fabricante do produto aconselha que se evite a sua aplicação em períodos excessivamente frios (com

temperaturas mínimas inferiores a 5° C) ou excessivamente quentes (com temperaturas máximas superiores a 35° C).

A aplicação de LEDAN MTX é facilmente executada com equipamentos (injector) a ar comprimido específicos, semelhantes aos que se usam para a injeção de selantes de silicões. Assim é possível, numa aplicação rápida, efectuarem-se intervenções de preenchimento de juntas sem perdas de material, evitando-se sujar a superfície limitando os “salpicos” de material.

#### ***6.2.1.2. LEDAN C30 - Argamassa para restauro de materiais pétreos***

LEDAN C30 é composto por caulino e calcários brancos, mineralogicamente puros e ainda com uma limitadíssima presença de iões corantes sob a forma de ferro, crómio, manganês, etc., submetidos a um processo especial de cozedura em ambiente redutor e rapidamente arrefecidos, e depois misturados com pozolanas brancas.

Alguns aditivos específicos, tais como hiperfluidificantes, incorporadores de ar e estabilizantes volumétricos conferem-lhe as suas especiais características mecânicas e físicas. Apresenta óptimo poder de colagem e elevada tixotropia; é compatível e utilizável em combinação com cal e com pozolana; tem uma gama cromática excepcional, com duráveis cores adicionadas; é, ainda, caracterizada pela ausência de eflorescências mesmo em ambientes muito húmidos. Quanto aos campos de aplicação, LEDAN C30 é um produto especificamente formulado para resolver os problemas inerentes à micro-estucagem (reintegração) e à reconstrução de partes em falta (lacunas) dos elementos ornamentais em material pétreo, tais como estátuas, capitéis e colunas. LEDAN C30 é especialmente apropriado para o restauro de fontes.

No que se refere ao modo de emprego, uma vez que LEDAN C30 é um ligante à base de cal, o fabricante aconselha que se evite a sua aplicação em períodos excessivamente frios (com temperaturas mínimas inferiores a 5° C) ou excessivamente quentes (com temperaturas máximas superiores a + 35° C).

A aplicação de LEDAN C30 é facilmente executada com pequenas ferramentas manuais, que permitem moldarem-se as superfícies objecto de restauro conforme as necessidades.

### 6.2.1.3. Análise mineralógica por difractometria de raios-X

Para obtenção de difractogramas de Raios-X (PANalytical modelo X'Pert PRO com detector X'Celerator), as amostras foram preparadas num porta-amostras padrão. A energia usada na produção da radiação X foi de 50kV e 40mA. A aquisição foi efectuada na geometria Bragg-Bentano entre  $5^\circ < 2 < 95^\circ$ .

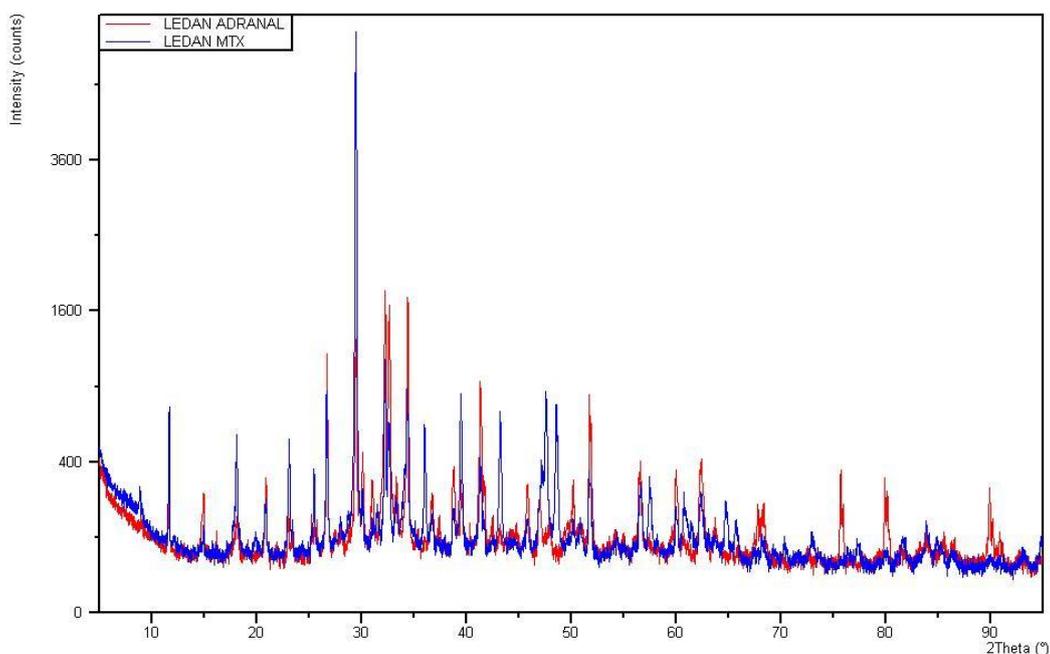


Figura 6.1 - Sobreposição dos espectros obtidos por DRX.

Relativamente à composição mineralógica das amostras, após indexação dos espectros obtidos, pode concluir-se que ambas apresentam silicato de cálcio, quartzo e gesso, sendo que apenas uma possui calcite, de acordo com o seguinte quadro:

Quadro 5.1 - Composição Mineralógica

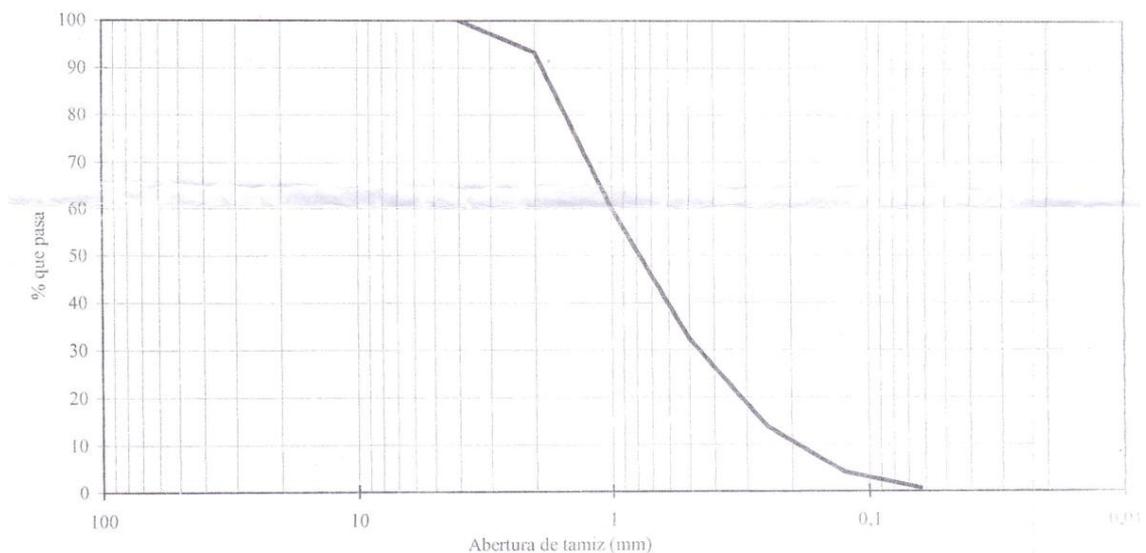
Referência da amostra	Silicato de cálcio	Gesso	Quartzo	Calcite
Ledan MTX	✓	✓	✓	✓
Ledan Andral	✓	✓	✓	X

### 6.3. Aplicação, Optimização das Argamassas

Na afinação das composições foram utilizadas dois tipos de areias perfeitamente calibradas, tendo em conta a optimização da resistência mecânica, a absorção por capilaridade e o aspecto cromático, conforme anexos – ACTA DE RESULTADOS DE ENSAIOS SOBRE AREIAS, Amostra nº OAR-080328, Areia Média; ACTA DE RESULTADOS DE ENSAIOS SOBRE AREIAS, Amostra nº OAR-080327, Areia Fina, estas areia foram nos fornecidas pela Empresa Martins e Cunha, Constantin – Vila Real.

#### 6.3.1. Areia Fina

A areia fina para a execução das argamassas em estudo é uma areia que nos foi fornecida pela Empresa Martins e Cunha, como referimos anteriormente, sendo esta areia proveniente de Espanha. A análise granulométrica desta areia bem como as suas características encontram-se em anexo, «ACTA DE RESULTADOS DE ENSAIOS ÁRIDOS. MARCADO CE (EHA), Nº MUESTRA OAR – 080327.» A figura que se segue mostra-nos a curva granulométrica desta areia.



**Figura 6.2** – Curva granulométrica da areia fina.

### 6.3.2. Areia Média

A areia média para a execução das argamassas em estudo é uma areia que nos foi fornecida pela Empresa Martins e Cunha, como referimos anteriormente, sendo esta areia proveniente de Espanha. A análise granulométrica desta areia bem como as suas características encontram-se em anexo, «*ACTA DE RESULTADOS DE ENSAIOS ÁRIDOS. MERCADO CE (EHA), Nº MUESTRA Nº OAR – 080328.*» A figura que se segue mostra-nos a curva granulométrica desta areia.

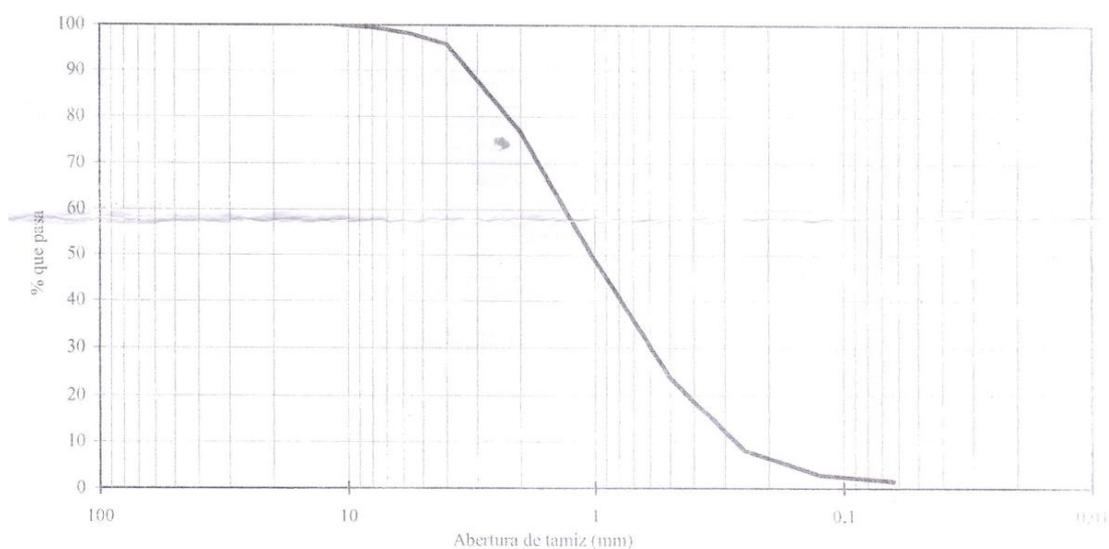


Figura 6.3 – Curva granulométrica da areia média.

### 6.3.3. Composição das Argamassas de Revestimento de Juntas Abertas

Nos quadros 1 e 2, apresentam-se as composições das argamassas utilizadas nos ensaios de *Resistência à Flexão, Compressão, Absorção de Água por Capilaridade e Absorção de Água a Baixa Pressão*, tendo sido realizadas amassaduras com 1600g por cada molde, sendo cada molde composto por três provetes de 4 x 4 x 16cm.

Quadro 5.2 - Composições LEDAN C30

Argamassas	Traço	Areia Fina		Areia Média		Ligante C30		Água
		(%)	(gramas)	(%)	(gramas)	(%)	(gramas)	(ml)
C30 - 1	1 : 4	30%	384,00	70%	896,00		320,00	160,00
C30 - 2	1 : 4	50%	640,00	50%	640,00		320,00	160,00
C30 - 3	1 : 6	50%	666,50	50%	666,50		267,00	133,50

### Quadro 5.3 - Composições MTX

Argamassas	Traço	Areia Fina		Areia Média		Ligante MTX		Água
		(%)	(gramas)	(%)	(gramas)	(%)	(gramas)	(ml)
MTX - 1		31,25%	500,00	43,75%	700,00	25,00%	400,00	200,00
MTX - 2		24,75%	396,00	41,25%	660,00	33,00%	528,00	264,00

Nas composições para os ensaios de *Arrancamento* “*Pull-off*”, foram realizadas amassaduras de 2500g, determinados de acordo com áreas necessárias para este tipo de ensaios (Quadros 5.3 e 5.4).

### Quadro 5.4 - Composições LEDAN C30

Argamassas	Traço	Areia Fina		Areia Média		Ligante C30		Água
		(%)	(gramas)	(%)	(gramas)	(%)	(gramas)	(ml)
C30 - 4	1 : 4	30%	600,00	70%	1400,00		500,00	265,00
C30 - 5	1 : 4	50%	1000,00	50%	1000,00		500,00	265,00
C30 - 6	1 : 6	50%	1041,67	50%	1041,67		416,67	215,00

### Quadro 5.5 - Composições MTX

Argamassas	Traço	Areia Fina		Areia Média		Ligante MTX		Água
		(%)	(gramas)	(%)	(gramas)	(%)	(gramas)	(ml)
MTX - 3		31,25%	781,25	43,75%	1093,75	25,00%	625,00	327,00
MTX - 4		24,75%	618,75	41,25%	1031,21	33,00%	825,00	420,00

## 6.4. Descrição do trabalho experimental e dos ensaios

### 6.4.1. Considerações gerais

Este estudo pretende, através da análise dos resultados obtidos, discutir a viabilidade da aplicação das duas argamassas, sobretudo na reabilitação e conservação

de edifícios antigos de paredes de cantaria ou alvenaria, mas também em novas construções.

A campanha de ensaios tem por objectivo a determinação das resistências mecânicas das argamassas desenvolvidas bem como da argamassa comercial. Para além das características mecânicas, estuda-se também o comportamento em relação à água.

Com base nestes pressupostos, as características mecânicas das argamassas são avaliadas em provetes prismáticos, e através da sua aplicação como camadas de refechamento de juntas em alvenarias de pedra-seca. Os provetes prismáticos correspondem à prática adoptada para o estudo em laboratório de argamassas, nomeadamente para avaliação de características mecânicas e físicas.

Para a avaliação do comportamento das argamassas em relação à água são usados provetes prismáticos, ajustando os meios existentes em laboratório às normas preconizadas para este tipo de ensaios.

O presente capítulo apresenta e descreve as metodologias e procedimentos de ensaio adoptados para avaliação das propriedades das argamassas estudadas.

## **6.4.2. Ensaio realizados para determinação das propriedades mecânicas**

### ***6.4.2.1. Ensaio de resistência determinação da resistência à tracção por flexão e da resistência à compressão***

Os ensaios de flexão e compressão são realizados de acordo com a Norma EN – 1015-11 de 1999 - Métodos de ensaio para argamassas para alvenaria - Parte 11: Determinação da resistência à flexão e à compressão da argamassa endurecida.

Para a realização deste ensaio foram realizados moldes prismáticos com as dimensões normalizadas de 4cm x 4cm x 16cm, para cada tipo de argamassa.



**Figura 6.4** – Modes metálicos de 4x4x16.

Efectuaram-se as amassaduras necessárias e efectuou-se a moldagem dos provetes, que foram deixados no ambiente do laboratório durante três dias. Depois foram desmoldados e colocados na câmara húmida do laboratório (a cerca de 20°C com uma humidade relativa de cerca de 60%) até ao dia do ensaio.

Os ensaios de resistência à flexão e compressão foram realizados ao fim de 90 dias de tempo de cura.

Cerca de 15 minutos antes do início dos ensaios, os provetes são retirados da câmara húmida. Como referido anteriormente, os procedimentos adoptados na avaliação da resistência mecânica tiveram por base o estabelecido na norma EN 1015-11:1999 e a máquina utilizada cumpre os requisitos descritos na norma.



**Figura 6.5** – Máquina de ensaio de flexão e compressão.

O ensaio de resistência á flexão realiza-se através da colocação de cada provete sobre os cilindros de apoio da máquina e com o seu eixo longitudinal perpendicular a estes apoios.



**Figura 6.6** – Máquina de ensaio de flexão e compressão.

Desce-se o cutelo superior da máquina, até que este esteja em contacto com a face superior do provete, e seguidamente aplica-se uma carga concentrada a meio vão,

gradualmente crescente, com um aumento uniforme de 10N/s, até à rotura do provete, registando-se a respectiva força de rotura.

A tensão de rotura à flexão,  $f$  [MPa], é dada por um quociente que relaciona a carga máxima,  $F$  [N], e a distância entre os apoios,  $l$  [mm], com as dimensões laterais do provete, perpendicular,  $b$  [mm], e paralela,  $d$  [mm], ao sentido da carga aplicada, da seguinte forma:

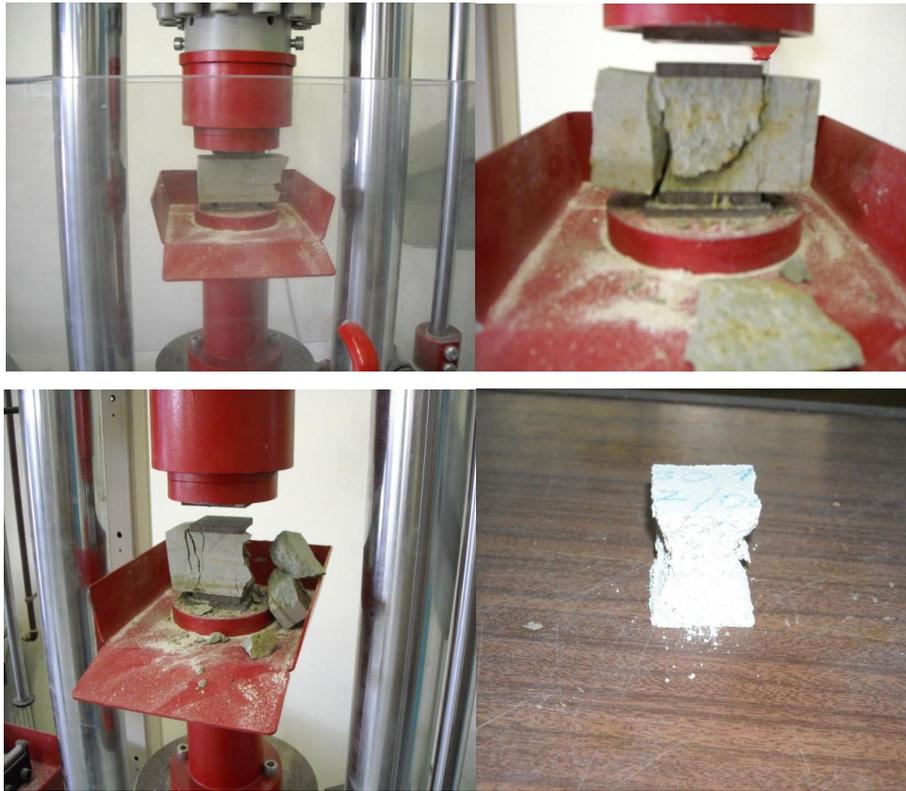
$$f = 1,5 \times \frac{F.L}{b.d^2}$$



**Figura 6.7** – Máquina de ensaio de flexão e compressão

Quanto ao ensaio de determinação da resistência à compressão, este foi realizado para a mesma idade que os ensaios de resistência à flexão uma vez que é efectuado sobre os meios provetes resultantes de cada ensaio de flexão. Assim, este ensaio é efectuado, para cada idade, em seis meios provetes prismáticos com dimensões de 4cm x 4cm x 8cm.

Cada metade dos provetes é centrada entre os pratos inferior e superior da máquina em conformidade com as especificações da norma referida anteriormente e, de seguida, aplicam-se forças gradualmente crescentes sobre a face de 4cm x 4cm do meio-prisma, até que se atinja a sua rotura, registando-se o respectivo valor desta força.



**Figura 6.8** – Máquina de ensaio de flexão e compressão

Assim, a tensão de rotura à compressão,  $f_c$  [MPa], é dada pelo quociente entre a carga máxima,  $F_{c, \max}$  [N], e a área da secção transversal onde foi aplicada a força,  $A_c$  [mm<sup>2</sup>]:

$$f_c = \frac{F_{c, \max}}{A_c}$$

#### **6.4.2.2. Ensaio de Arrancamento “Pull-Off” para determinar a aderência ao suporte**

A resistência de aderência à tracção, ou resistência de arrancamento, é definida como a tensão máxima admitida por um revestimento, quando submetido a um esforço normal de tracção. A aderência por resistência à tracção verifica-se principalmente através de penetrações num género de mecanismo de pregagem (ou ancoragem) e a aderência entre um reboco e o respectivo suporte depende da capacidade de resistência a

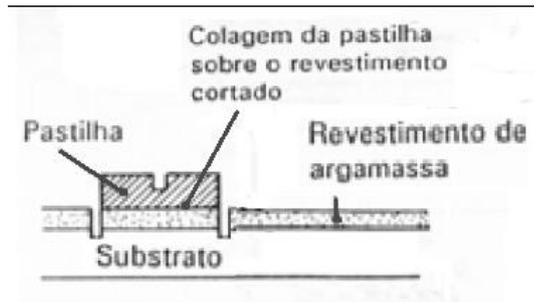
deslocamentos por tracção. Quando acontecem movimentos diferenciais entre a argamassa e o suporte, a falta de aderência pode provocar deslocamentos.

Os ensaios adequados para avaliação da aderência por resistência à tracção são os de arrancamento por tracção, mais conhecidos por “Pull-off tests”. Estes ensaios propõem a utilização de “pastilhas” cilíndricas, com 5 cm de diâmetro, que são coladas á argamassa em estudo, para depois se medir a força necessária para arrancar essa parte de argamassa onde a “pastilha” foi colada. Nestes ensaios, se a rotura ocorrer na argamassa, conclui-se que a aderência argamassa-suporte é superior à resistência à tracção da argamassa, que é o que se pretende.

A determinação da aderência ao suporte foi realizada de acordo com o disposto na Norma ASTM D4541 - Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers (Método de ensaio para determinação da força de arrancamento “Pul-Off” em argamassas endurecidas em substratos usando aparelhos de adesão portáteis), seguindo também os procedimentos da norma EN 1015-12 de 2000 – Métodos de ensaio para argamassas para alvenaria - Parte 12: Determinação da resistência de aderência da argamassa endurecida em substratos de modo a avaliar a força necessária para provocar o arrancamento por tracção.

Para a realização deste ensaio começou-se por aplicar uma camada de argamassa sobre um suporte de xisto, previamente humedecido. Esta camada de argamassa foi aplicada sobre uma das faces da pedra de xisto, com uma espessura de aproximadamente 5cm. Após a aplicação da camada efectuaram-se “carotes” na argamassa, com a forma e dimensões das “pastilhas” a utilizar para a concretização do ensaio (como se pode observar nas figuras abaixo). De seguida, as pedras de xisto foram colocados na câmara húmida até à data da realização do ensaio.

Uma vez que se pretendia realizar o ensaio aos 28 dias de idade da argamassa, no dia anterior à realização do ensaio foi necessário fazer a colagem das “pastilhas” na argamassa. Para isso, foi utilizada uma mistura de duas composições de uma cola à base de resinas de epoxi com a designação comercial: Icosit K101. Para a aplicação desta cola foram seguidas as recomendações do fabricante.



**Figura 6.9** - Exemplificação esquemática do carote efectuado.

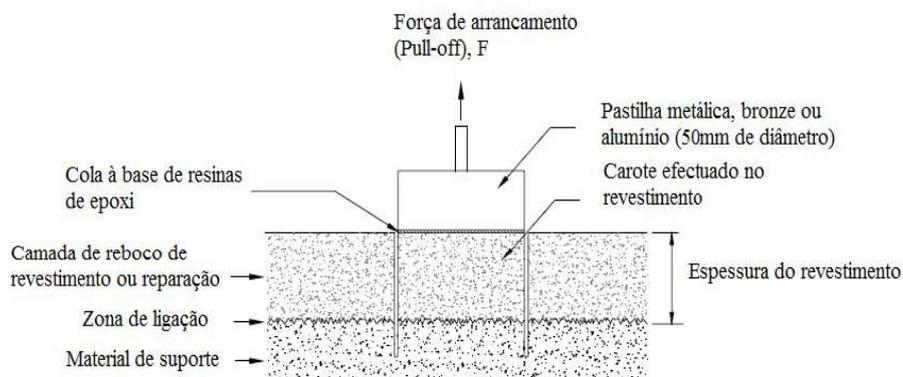


**Figura 6.10** – Cama de reboco, execução dos carotes, colagem das pastilhas após cura na câmara húmida até à data do ensaio.

O ensaio de *pull-off* é um ensaio simples e comum na avaliação da capacidade de aderência de revestimentos e materiais de reparação. Na Figura 5.10 é apresentado o equipamento utilizado nestes ensaios. Trata-se de um aparelho de arrancamento “Proceq DYNA Z15”, com disco em bronze de cerca de 45 mm de diâmetro.



**Figura 6.11** - Aparelho de arrancamento “Proceq DYNA Z15”



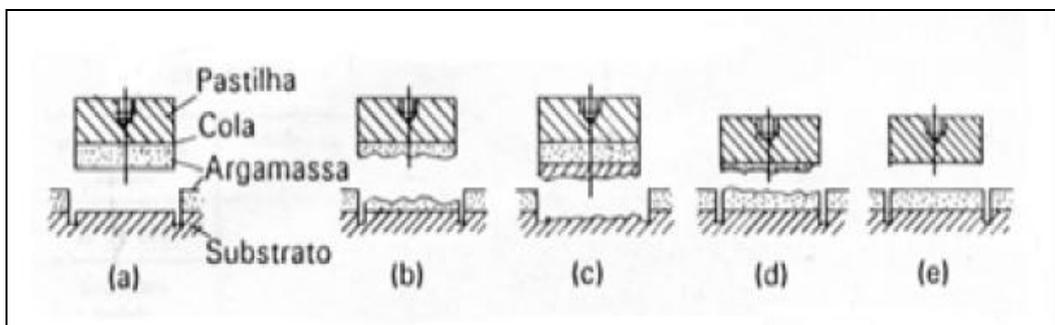
**Figura 6.12** - Representação esquemática do ensaio de pull-off e imagem do aparelho utilizado no ensaio pull-off – “*caracterização do comportamento da ligação entre betões de distinta classe de resistência*”.

O princípio do ensaio consiste na aplicação de uma força predominantemente de tracção ( $F$ ) na camada de argamassa sobre o substrato. Esta força é aplicada através de um parafuso que é enroscado à pastilha colocada no revestimento. Para isso, encaixa-se o parafuso na pastilha e de seguida coloca-se o aparelho sobre o parafuso, nivela-se o aparelho e ajusta-se ao parafuso. Após este processo, roda-se a manivela lateral do

aparelho, de modo a aplicar a força de tracção até que a pastilha arranque a parte do reboco onde está colada. Ao mesmo tempo, verifica-se no mostrador do aparelho qual a força máxima de tracção aplicada durante o ensaio.

Quanto à forma de rotura, ela pode ocorrer das seguintes formas:

- a) Na interface argamassa/substrato;
- b) No interior da argamassa de revestimento;
- c) No substrato;
- d) Na interface revestimento/cola;
- e) Na interface cola/pastilha.



**Figura 6.13** - Possíveis formas de rotura.

De acordo com as normas referidas anteriormente, a tensão de arrancamento, ou força de arrancamento com que ocorreu a rotura, é determinada pela seguinte expressão:

$$X = \frac{F_a}{A} = \frac{F_a}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4 F_a}{\pi d^2} \text{ (MPa)}$$

Sendo:

$X$  – tensão de arrancamento (MPa);

$F_a$  – carga aplicada na rotura (kN);

$A$  – área do carote cilíndrico (mm<sup>2</sup>);

$d$  – diâmetro do carote cilíndrico (mm).

Neste caso o diâmetro dos carotes é igual ao diâmetro das pastilhas pertencentes ao aparelho para a realização do ensaio e têm um diâmetro de 45mm. Deste modo, a área do carote é de aproximadamente 15490mm<sup>2</sup>.

### 6.4.3. Ensaio realizado para avaliação do comportamento em relação à água

#### 6.4.3.1. Ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade

O ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade consistiu numa adaptação dos procedimentos descritos na norma EN 1015-18 de 2002 - Métodos de ensaio para argamassas para alvenaria - Parte 18: Determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade em argamassas de reboco endurecidas e a Especificação do LNEC E393 – Determinação da absorção de água por capilaridade – Betões; Maio de 1993.

A execução dos provetes foi efectuada em moldes para a execução de amostras com dimensões de 4cm x 4cm x 16cm. Foram efectuadas as amassaduras de cada argamassa e enchidos os moldes. Estes ficaram no ambiente do laboratório até ao dia seguinte à moldagem e depois foram então desmoldados e colocados na câmara húmida até à data do ensaio. Antes de se dar início a este ensaio, com cerca de 5 dias de antecedência, os provetes foram colocados numa estufa para secarem (a  $50 \pm 5$  °C) até atingirem massa constante. Os provetes atingem uma massa constante, quando entre duas pesagens consecutivas, num espaço de 24 horas, não ocorre variação do seu peso. Após este processo, deu-se início ao ensaio, colocando os provetes num tabuleiro, sobre uma rede de plástico que lhes serviram de apoio para não estarem pousados directamente sobre o tabuleiro, com 5mm a 10mm de altura de água acima da base dos provetes e foram-se efectuando várias pesagens ao longo do tempo até se obter a saturação dos provetes. Na Figura xxx é possível observar o esquema de montagem deste ensaio.



**Figura 6.14** – Esquema de montagem/ensaio, absorção de água por capilaridade.

Durante o ensaio, procedeu-se ao registo da massa dos provetes e nos seguintes instantes: 10 minutos, 90 minutos, 3horas, 6horas, 24horas, 48horas e 72horas, após o início do ensaio.

Para efectuar as medições, retira-se o provete do recipiente, permitindo que a água escorra do provete e depois coloca-se sobre uma base não absorvente durante cerca de  $60s \pm 5s$ . De seguida, coloca-se o provete num recipiente tarado e pesa-se.

A absorção de água por capilaridade no tempo  $t_i$  é calculada dividindo o aumento de massa ( $M_i - M_0$ ) pela área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água.

$$Abs_i = \frac{M_i - M_0}{A} (Kg / m^2)$$

Sendo:

$M_i$  – a massa do provete ao fim de um determinado tempo  $t_i$  (kg);

$M_0$  – a massa do provete seco, no início do ensaio (kg);

$A$  – a área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água durante o ensaio ( $m^2$ ).

#### **6.4.3.2. Absorção de água a baixa pressão – Método do Tubo (Tubo de Karsten)**

Quando se aplica uma coluna de água sobre um material poroso, a água penetra no material. O volume de água absorvida, depois de um tempo bem definido, é uma característica do material. Este ensaio permite medir a quantidade de água absorvida, a baixa pressão, sobre uma superfície definida de um material poroso e após um determinado tempo. A medida da absorção da água a baixa pressão é útil, tanto em laboratório como *in situ*, para: caracterizar o material são e, por comparação, avaliar modificações superficiais ou alterações que alterem a absorção de água a nível de superfície; caracterizar o resultado de um tratamento de impregnação, ou de um tratamento que modifique a permeabilidade superficial (impermeabilização e hidrofugação); caracterizar o resultado de envelhecimento natural (patine, colmatagem superficial dos poros); avaliar o efeito do envelhecimento natural ou artificial (aparelho de simulação) de um tratamento impermeabilizante ou hidrófugo, ou de um tratamento de impregnação; determinar a profundidade do tratamento até onde se actuou por abrasão sucessiva. Este ensaio realizado a baixa pressão (método do tubo) vem prescrito nas Recomendações da Comissão 25-PEM, ensaio nº II.4. O ensaio de absorção de água à pressão atmosférica normal, vem descrito nas Normas DIN 52 103 e 52 106, na norma

espanhola UNE 22 182 e na especificação do LNEC E-216/1968 (ver absorção por gotas).

O aparelho é muito simples e existe sob duas formas diferentes, conforme a superfície do material, que é objecto de medição, seja horizontal ou vertical. Sobre um superfície vertical, usamos o dispositivo em vidro em forma de tudo, ilustrado na figura abaixo. Trata-se de um tubo graduado soldado, na sua parte inferior, num cilindro; o seu fundo é fechado, enquanto que a sua secção superior é aberta, e pode, através da sua borda plana e circular, ser aplicado ao material juntando-lhe um pedaço de mástique de estanqueidade.

Aplicamos o aparelho no material, intercalando uma fita de mastique, a qual é pressionada exercendo uma pressão sobre o cilindro do aparelho. Enchemos o aparelho com água através da abertura superior do tubo até a graduação zero. Lemos directamente no tubo graduado a quantidade de água absorvida pelo material em função do tempo; a pressão de água decresce em função da absorção do material. Os tempos escolhidos de leitura foram, 1 minuto, 2 minutos, 3mints, 4 mints, 5 mints, 6 mints, 7 mints, 8 mints, 9 mints, 10 mints, 11 mints, 12 mints, 13 mints, 14 mints, 15 mints, 20 minutos e 30 minutos.



**Figura 6.15** – Esquema de montagem/ensaio, Método do Tubo (de Karsten).

## 6.5. Apresentação e Discussão dos Resultados Obtidos

De seguida apresentam-se os resultados dos ensaios realizados ao longo deste trabalho. Os ensaios efectuados sobre as argamassas formuladas foram os que se indica de seguida:

- Determinação da resistência mecânica à tracção por flexão e compressão;
- Determinação da aderência ao suporte;
- Determinação da absorção de água por capilaridade;
- Determinação da absorção de água a baixa pressão.

### 6.5.1. Ensaio de determinação da resistência à tracção por flexão e resistência à compressão

Como foi dito anteriormente, os ensaios de determinação das resistências à flexão e à compressão das argamassas em estudo foram efectuados de acordo com os procedimentos indicados na Norma Europeia EN 1015-11.

As figuras abaixo mostram alguns exemplos dos ensaios realizados.



**Figura 6.16** – amostra de ensaio à rotura por flexão.

No Quadro 5.5 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos, em termos de valores médios, tanto dos ensaios de resistência à flexão como dos ensaios de resistência à compressão.

**Quadro 5.6 – Valores médios de resistência à flexão e à compressão**

		RESISTÊNCIA À FLEXÃO (f) (Valores em MPa)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (fc) (Valores em MPa)		VALOR MÉDIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (fcm) (das duas metades de cada provete) (Valores em Mpa)	RELAÇÃO f/fcm
		Idade dos Provetes (90 dias)	Idade dos Provetes (90 dias)			
ARGAMASSA		Provete 4 x 4 x 16 cm	1ª (1/2) Provete do Ensaio à Flexão	2ª (1/2) Provete do Ensaio à Flexão		
<b>C30-1</b>						
Amostra	Peso (g)					
Provete 1	451,00	2,65	4,94	5,17	5,06	0,52
Provete 2	439,60	1,29	6,18	6,54	6,36	0,20
Provete 3	434,80	1,75	5,21	5,13	5,17	0,34
<b>C30-2</b>						
Amostra	Peso (g)					
Provete 1	470,00	2,95	7,49	8,29	7,89	0,37
Provete 2	468,40	2,12	4,21	5,00	4,61	0,46
Provete 3	475,18	2,15	4,98	3,76	4,37	0,49
<b>C30-3</b>						
Amostra	Peso (g)					
Provete 1	447,80	2,49	4,90	4,95	4,93	0,50
Provete 2	450,20	2,28	5,14	3,26	4,20	0,54
Provete 3	462,70	1,91	4,44	3,33	3,89	0,49
<b>MTX-1</b>						
Amostra	Peso (g)					
Provete 1	464,33	3,27	5,99	6,53	6,26	0,52
Provete 2	454,43	2,53	6,60	6,93	6,77	0,37
Provete 3	458,75	3,04	6,65	6,72	6,69	0,46
<b>MTX-2</b>						
Amostra	Peso (g)					
Provete 1	432,14	2,30	5,74	5,38	5,56	0,41
Provete 2	434,19	4,04	6,91	6,75	6,83	0,59
Provete 3	431,03	3,49	5,39	5,61	5,50	0,63
<b>XISTO</b>						
Amostra	Peso (g)					
Provete 1	712,21	13,35	69,44	63,59	66,52	0,20
Provete 2	809,73	16,14	69,32	91,23	80,28	0,20
Provete 3	778,34	15,63	92,73	78,84	85,79	0,18

### **6.5.1.1. Análises dos resultados**

Analisando cada uma das argamassas constata-se que, em termos de valores de resistência à flexão, todas as argamassas não enquadram na gama de valores de referência, revelando resistências bastante superiores. No que se refere às resistências à compressão, a situação repete-se, visto que uma vez mais todas elas revelam também valores bastantes superiores em relação aos valores de referência.

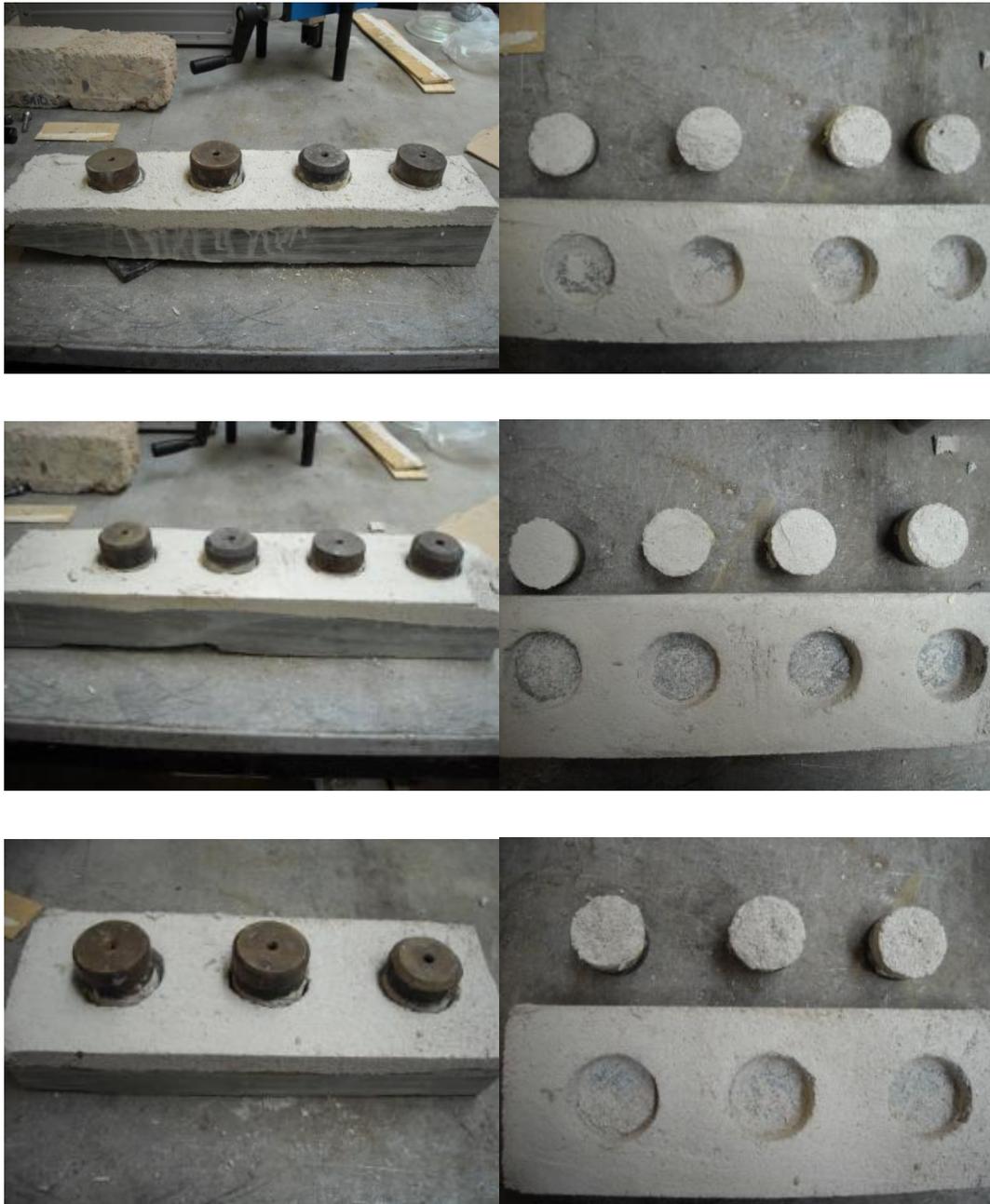
No entanto, as argamassas formuladas possuem suficiente resistência mecânica que lhes permite aguentar o desgaste normal e assegurar a estabilidade dos blocos de pedra, sem causar tensões desnecessárias nas ligações entre as pedras e a argamassa. Por outro lado, possuem características mecânicas inferiores às do suporte de xisto, o que constitui um requisito de compatibilidade entre a argamassa de refechamento de juntas a introduzir e o suporte existente.

### **6.5.2. Ensaio de Arrancamento “Pull-Off” para determinação da aderência ao suporte**

Como se referiu anteriormente, os ensaios “Pull-Off Test” foram efectuados de acordo com os procedimentos descritos nas Normas ASTM D4541 e EN 1015-12. As figuras abaixo demonstram alguns procedimentos efectuados durante a realização destes ensaios.



**Figura 6.17** – Ensaio de arrancamento.



**Figura 6.18** – Amostra de resultados do ensaio de arrancamento.

Apresentamos, de seguida, um quadro resumo dos resultados de 17 arrancamentos, das tensões de arrancamento obtidas em cada ensaio com o respectivo tipo de rotura dos carotes no momento do arrancamento. Apresenta-se também um outro quadro com os respectivos valores médios e com a percentagem de ocorrência de cada modo de rotura.

**Quadro 5.7 – Resumo dos resultados do ensaio de arrancamento**

ARGAMASSAS ENSAIADAS AOS 28 DIAS DE IDADE	TENSÃO DE ARRANCAMENTO (Mpa)	MODO DE ROTURA	TENSÃO MÉDIA DE ARRANCAMENTO (valores médios em Mpa)	ROTURA ADESIVA NA INTERFACE XISTO/ARGAMASSA
<b>C30-4</b>				
Amostra/Carote				
1	0,90	a		50,00%
2	0,60	a	0,67	80,00%
3	0,50	a		80,00%
<b>C30-5</b>				
Amostra/Carote				
1	1,60	a		70,00%
2	1,50	a	1,50	80,00%
3	1,40	a		70,00%
<b>C30-6</b>				
Amostra/Carote				
1	0,55	a		75,00%
2	0,80	a	0,58	80,00%
3	0,40	a		70,00%
<b>MTX-3</b>				
Amostra/Carote				
1	0,40	a		100,00%
2	0,45	a		95,00%
3	0,50	a	0,46	100,00%
4	0,50	a		100,00%
<b>MTX-4</b>				
Amostra/Carote				
1	0,40	a		85,00%
2	0,45	a		85,00%
3	0,60	a	0,49	60,00%
4	0,50	a		60,00%

São formas de rotura:

- a) Na interface argamassa/substrato;
- b) No interior da argamassa de revestimento;
- c) No substrato;
- d) Na interface revestimento/cola;
- e) Na interface cola/pastilha.

### 6.5.2.1. Análise dos resultados

Analisando estes valores, em comparação com os valores de referência indicados na bibliografia analisada, constata-se que a argamassa com a composição C30-4 e C30-6, apresenta valores ligeiramente superiores aos de referência, a composição C30-5, valores bastantes superiores. Enquanto que as composições MTX-3 e MTX-4 se enquadram perfeitamente nos valores de referência, (0,1 – 0,5MPa ou rotura coesiva pela junta). No entanto, as argamassas formuladas correspondem aos requisitos estabelecidos para as argamassas de substituição no refechamento de juntas, pois a sua aderência ao suporte é tal que nunca apresenta rotura coesiva pelo suporte.

### 6.5.3. Ensaio de Absorção de água por capilaridade

Para a avaliação da absorção de água por capilaridade, foram efectuados ensaios tendo em conta os procedimentos indicados na Norma EN 1015-18. Tendo-se usado prismas com 4cm x 4cm x 16cm, como a referida norma indica, e os ensaios foram efectuados aos 90 dias de idade. As fotografias abaixo mostram as condições de realização deste ensaio.



Figura 6.19 – Amostra de ensaio de absorção de água por capilaridade.

Como foi referido na descrição deste ensaio, absorção de água por capilaridade no tempo  $t_i$  é calculada dividindo o aumento de massa ( $M_i - M_0$ ) pela área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água.

Segundo a norma que regula este ensaio deve ser calculado este coeficiente para os tempos entre os 10 e os 90 minutos, e também ao fim de 24 horas. Assim, foram determinados esses coeficientes de absorção de água como indicado na norma, e que constam nos quadros abaixo. De acordo com a norma, tem-se:  $C_{90} = 0,1 (M_{90} - M_{10})$  onde o coeficiente  $0,1$  é obtido através do inverso da área do provete em contacto com a água ( $mm^2$ ), multiplicada pela diferença entre a raiz quadrada de 90 min. e a raiz quadrada de 10 min., ou seja  $\min.0,5$ , tudo isto multiplicado por 0,001 para se obter o valor deste coeficiente em  $kg/(m^2 \cdot \min^{0,5})$ ;  $C_{24} = 0,625 (M_{24} - M_0)$  onde o coeficiente  $0,625$  é obtido através do inverso da área do provete em contacto com a água ( $mm^2$ ) multiplicado por 0,001 para se obter o valor deste coeficiente em  $kg/m^2$ .

Os resultados destes ensaio reúnem as pesagens efectuadas para cada uma das amostras de cada Composição das argamassas em estudo, bem como a determinação dos coeficientes de absorção de água referidos anteriormente (Quadro 5.8).

**Quadro 5.8 – Resumo dos resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade**

ARGAMASSAS ENSAIADAS - PROVETES SUJEITOS A IMERSÃO AOS 90 DIAS DE IDADE											
Duraç. da imers. (min)	Massas (em gr) com n minutos de absorção de água (Mn)										
	Designação de Mn	C30-1		C30-2		C30-3		MTX-1		MTX-2	
		Provete 2	Provete 3								
0	M0	442,34	433,79	460,61	467,20	460,43	464,42	497,09	494,22	422,29	417,44
10	M10	443,00	434,20	460,90	468,00	460,80	464,90	500,60	498,50	423,50	419,50
90	M90	443,60	435,50	461,20	468,80	461,20	465,20	503,80	501,50	426,50	422,60
180	M180	444,90	436,63	463,34	470,29	462,47	466,29	510,40	506,92	430,06	425,65
360	M360	445,60	437,06	463,96	470,68	463,00	466,84	512,93	509,32	431,29	426,95
1440	M1440	447,91	439,18	466,00	472,64	465,32	469,18	519,45	515,90	436,52	432,06
2880	M2880	449,66	441,08	467,39	474,28	467,30	471,08	524,21	520,63	441,71	437,01
4320	M4320	450,72	441,87	468,48	475,02	468,31	472,24	526,26	522,66	444,54	439,64
<b>Coefficientes de Absorção</b>											
	<b><math>C_{90} = 0,1(M_{90}-M_{10})</math> em <math>Kg/(m^2 \cdot \min^{0,5})</math></b>	<b>0,06</b>	<b>0,13</b>	<b>0,03</b>	<b>0,08</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<b>0,32</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,31</b>
	<b><math>C_{24} = 0,625(M_{1440}-M_0)</math> em <math>Kg/m^2</math></b>	<b>3,48</b>	<b>3,37</b>	<b>3,37</b>	<b>3,40</b>	<b>3,06</b>	<b>2,97</b>	<b>13,98</b>	<b>13,55</b>	<b>8,89</b>	<b>9,14</b>

### 6.5.3.1. Análise dos resultados

Na absorção de água obtido entre os 10 e os 90 minutos de ensaio verifica-se que, todas as argamassas não se enquadram nos valores de referência indicados por Veiga e Carvalho – entre  $1,00 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$  e  $1,55 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$ , (que é praticamente nulo).

No entanto, a ligeira superioridade dos valores determinados para as argamassas formuladas, permite melhor permeabilidade ao vapor de água acumulado no interior das alvenarias e, por outro lado, atingir valores de capilaridade mais próximos do suporte de xisto, o que vai de encontro aos requisitos das argamassas de substituição.

### 6.5.4. Ensaio de Absorção de água a baixa pressão – Método do Tubo

**Quadro 5.9 – Resumo dos resultados do ensaio de absorção de água a baixa pressão.**

ARGAMASSAS ENSAIADAS - PROVETES COM 90 DIAS DE IDADE						
Tempo/Leituras (minutos)	Volume absorvido em "n" minutos ( $\text{cm}^3$ )					
	C30-2	C30-2	C30-3	MTX-1	MTX-2	XISTO
	Provete 1	Provete 1	Provete 1	Provete 1	Provete 1	Provete 1
1	0,05	0,05	0,05	0,30	0,10	0,05
2	0,05	0,10	0,10	0,60	0,10	0,05
3	0,10	0,10	0,10	0,80	0,10	0,05
4	0,10	0,10	0,10	1,00	0,05	0,05
5	0,10	0,15	0,15	1,15	0,05	0,05
6	0,10	0,15	0,15	1,30	0,05	0,10
7	0,10	0,20	0,15	1,45	0,05	0,10
8	0,15	0,20	0,15	1,60	0,05	0,10
9	0,15	0,20	0,15	1,70	0,05	0,10
10	0,15	0,20	0,15	1,80	0,05	0,10
11	0,15	0,20	0,15	1,90	0,05	0,10
12	0,15	0,25	0,15	2,10	0,05	0,10
13	0,15	0,30	0,15	2,20	0,05	0,15
14	0,20	0,30	0,15	2,30	0,05	0,15
15	0,20	0,30	0,20	2,40	0,05	0,15
20	0,20	0,40	0,20	2,90	0,20	0,20
30	0,25	0,60	0,20	3,70	0,30	0,25
<b>Somatório</b>	<b>2,35</b>	<b>3,80</b>	<b>2,45</b>	<b>29,20</b>	<b>1,40</b>	<b>1,85</b>

Este ensaio foi elaborado segundo Recomendações da Comissão 25-PEM, ensaio nº II.4. O ensaio de absorção de água à pressão atmosférica normal, vem descrito nas Normas DIN 52 103 e 52 106, na norma espanhola UNE 22 182 e na especificação do LNEC E-216/1968 (ver absorção por gotas), conforme descrevemos anteriormente. Os resultados destes ensaio reúnem as leituras efectuadas para cada uma das amostras de cada Composição das argamassas em estudo, conforme quadro seguinte.

#### **6.5.4.1. Análise dos Resultados**

Na absorção de água a baixa pressão podemos verificar que a composição MTX-1 é a composição com maior quantidade de água absorvida, em relação a todas as outras composições, principalmente em relação à composição MTX-2, como verificamos esta ultima é a que menos água a absorve de todas. As composições C30 têm valores muito próximos umas das outras.

#### **6.5.5. Compatibilidade entre as argamassas formuladas e o suporte de xisto**

A compatibilidade das argamassas formuladas relativamente ao suporte de xisto existente, pode ser aferida através do Quadro 5.9, no qual se podem comparar os dois parâmetros mais significativos para o refechamento de juntas abertas das alvenarias de pedra seca do edifício – “caso de estudo”. As características mecânicas são inferiores às do suporte e a capilaridade é superior, correspondendo assim, aos princípios básicos das intervenções de reparação deste tipo de alvenarias.

**Quadro 5.10 – Características das argamassas com 90 dias de idade e do xisto de suporte**

	C30 - Acabamento superficial			MTX – Enchim. profundidade		Xisto
	C30-1	C30-2	C30-3	MTX-1	MTX-2	
<b>Resistência à Compressão</b> (Mpa)	5, 53	5, 62	4, 34	6, 58	5, 96	77,53
<b>Absorção por Capilaridade C24</b> (g/m <sup>2</sup> . √S )	3, 43	3, 39	3, 02	13, 77	9,02	1,85

Torna-se claro que a escolha deve recair sobre a argamassa MTX-2, para enchimentos em profundidade, e a argamassa C30-3, para o acabamento superficial das juntas, por apresentarem a resistência mecânica à compressão e a absorção de água por capilaridade mais aproximadas aos valores estabelecidos para argamassas de substituição, segundo Rosário Veiga [1] [2].

## 6.6. Referências Bibliográficas do Capítulo 6

[1] – **VEIGA**, Maria do Rosário – Argamassas de cal na conservação de edifícios antigos, LNEC, Lisboa, 2005, pp. 8.

[2] – **APPLETON**, João - Reabilitação de Edifícios Antigos Patologias e Tecnologias de Intervenção; Edições Orion; Setembro de 2003.

## 7. CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de estimular a reabilitação de edifícios antigos que se encontram já degradados deve ter sempre em conta a conservação da identidade do edifício e o seu contexto construtivo. Tanto as anomalias estruturais, como as não estruturais devem ser corrigidas através da aplicação de materiais com adequadas resistências mecânicas. Não sendo obrigatoriamente contemporâneos dos originais, devem proporcionar o enquadramento arquitectónico e a compatibilidade com os restantes elementos da construção. Assim, deve fazer-se um ajustamento dos novos conhecimentos em relação às novas tecnologias construtivas e novos materiais, à realidade na época da construção dos edifícios em causa.

As argamassas estão presentes na maioria dos edifícios passíveis de reabilitação, ora como material ligante ora como material de revestimento, o que justifica todos os esforços em dar resposta às exigências construtivas e funcionais dos edifícios antigos, constituindo desta forma um desafio para a indústria das argamassas.

A utilização destas argamassas deve-se a diversos motivos: históricos, de compatibilidade entre materiais e de imagem. Devem-se procurar as adequadas características destas argamassas, através de factores de qualidade quer dos materiais, quer das metodologias de preparação.

A continuação deste estudo com ensaios em maior número e a mais longos prazos e com a correcção de alguns factores que dificultam a comparação de resultados, poderão permitir, fundamentar conclusões mais claras sobre as vantagens e desvantagens deste tipo de argamassas.

Ao longo deste trabalho, com intuito de aprofundar melhores conhecimentos das argamassas em causa foram efectuados ensaios de análise do comportamento mecânico das argamassas em estudo de modo a avaliar a sua aplicação como refechamento de alvenarias de pedra-seca de edifícios antigos. Para além deste aspecto, também o comportamento destas argamassas em relação à acção da água se revela muito importante pois é um factor determinante na degradação das alvenarias.

Do estudo realizado pode concluir-se que, apesar de as argamassas em causa nem sempre cumprirem os valores de referência, apresentam resultados próximos destes valores.

Contudo há que alertar para o facto de estes ensaios não representarem exactamente as condições reais pois os refechamentos de juntas em alvenarias de pedra-seca em obra acarretam exigências diferentes das aplicadas nestes ensaios.

## 8. BIBLIOGRAFIA GERAL

**SALAVESSA, M. E. C.** – Projecto de Reabilitação da casa das Pinheiras para fins de Turismo em espaço Rural; Série Didáctica, Ciências Aplicadas, nº 313, UTAD, Vila Real, 2007.

**SALAVESSA, M. E. C.** – Rochas de construção: análises, técnicas laboratoriais e técnicas de inspecção; Série Didáctica, Ciências Aplicadas, nº 274, UTAD, Vila Real, 2005.

**BRANCO, P.**, “Manual do Pedreiro”, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1981.

**CEN**, “Eurocódigo 6 - Projecto de estruturas de alvenaria”, 1996.

**FERREIRA, J.**; Appleton, J., “Reforço e reabilitação estrutural de um edifício de habitação do século XVIII”. Ingenium, 2ª série, Nº65, Fevereiro 2002.

**GELMI, A.**, et al., “Mechanical characterization of stone masonry structures in old urban nuclei”. The Sixth North American Masonry Conference, Philadelphia, Pennsylvania, June 6-9, 1993.

**HENRIQUES, F.**, “A conservação do património histórico edificado”. LNEC, Memória Nº 775, Lisboa, 1991.

**PINHO, F.**, “Sistematização do estudo sobre paredes de edifícios antigos”. Ingenium, 2ª série, Nº19, Julho 1997.

**RSA** (Regulamento de Segurança e Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes) (Dec.- Lei nº 235/83 de 31 de Maio), Porto Editora.

**SANTOS, P.**; Mun, M., “Métodos de avaliação da resistência mecânica das alvenarias em edifícios antigos”. Encontro sobre conservação e reabilitação de edifícios. 2º ENCORE, LNEC, Lisboa, 27 de Junho a 1 de Julho de 1994.

**SEGURADO, J.**, “Alvenaria, cantaria e betão”. Biblioteca de Instrução Profissional, Livraria Bertrand, Lisboa, 1908.

**LNEC** - Revestimento de paredes. Ensaio de arrancamento por tracção. Ficha de ensaio FE Pa36, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Abril 1986.

**Wikipédia**, [http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina\\_principal](http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina_principal)”.

**APPLETON**, João – Reabilitação de Edifícios Antigos. Patologias e tecnologias de intervenção. Edições ORION, Lisboa, Setembro de 2003.

**GARCIA**, A. U. – Emprego da ardósia como material de construção – publicação nº15; LNEC; 1951; Lisboa.

**CASTRO**, Elda de – Tratamento de conservação de pedras em monumentos – ICT; ITG 2; LNEC; 1989, Lisboa.

**RODRIGUES**, J. Delgado - Dry-Stone wall monuments: Structural behavior, disturbing mechanisms and conservation procedures ; LNEC, Memória 703 Lisboa, 1988.

**PINTO**, J.Loureiro Pinto - Deformabilidade de rochas xistosas ; LNEC, Memória 418 Lisboa, 1973.

**MATEUS**, João Mascarenhas - Técnicas tradicionais de construção de alvenarias –, Livros Horizonte Lda, Lisboa 2002.

Torre de Belém – Intervenção de conservação exterior, IPPAR Lisboa, 2000.

## **ANEXOS**

## **CARTA DE VENEZA**

### ***Carta Internacional sobre a Conservação e o Restauro de Monumentos e Sítios (1964)***

Os monumentos de um povo, portadores de uma mensagem do passado, são um testemunho vivo das Suas tradições seculares. A humanidade tem vindo progressivamente a tomar maior consciência da unidade dos valores humanos e a considerar os monumentos antigos como uma herança comum, assumindo colectivamente a responsabilidade da sua salvaguarda para as gerações futuras e aspirando a transmiti-los com toda a sua riqueza e autenticidade.

É essencial que os princípios orientadores da conservação e do restauro de edifícios antigos sejam elaborados e acordados a nível internacional, ficando cada país responsável pela sua aplicação no âmbito específico do seu contexto cultural e das suas tradições. A Carta de Atenas, de 1931, ao expressar pela primeira vez aqueles princípios, contribuiu para o desenvolvimento de um amplo movimento internacional, traduzido na elaboração de vários documentos nacionais, na actividade do ICOM e da UNESCO e na criação, por esta última entidade, de um Centro Internacional para o Estudo da Preservação e do Restauro do Património Cultural. O desenvolvimento dos conhecimentos e o espírito crítico têm trazido a atenção sobre problemas novos e mais complexos; é, portanto, chegada a altura de reexaminar aquela Carta para, através de um estudo mais aprofundado dos seus princípios, se proceder ao alargamento do seu âmbito traduzido na elaboração de um novo documento. Em consequência, o 2º Congresso Internacional de Arquitectos e Técnicos de Monumentos Históricos, reunido em Veneza de 25 a 31 de Maio de 1964, aprovou o seguinte texto:

### **DEFINIÇÕES**

#### **ARTIGO 1**

O conceito de monumento histórico engloba, não só as criações arquitectónicas isoladamente, mas também os sítios, urbanos ou rurais, nos quais sejam patentes os testemunhos de uma civilização particular, de uma fase significativa da evolução ou do progresso, ou algum acontecimento histórico. Este conceito é aplicável,

quer às grandes criações, quer às realizações mais modestas que tenham adquirido significado cultural com o passar do tempo.

## **ARTIGO 2**

A conservação e, o restauro dos monumentos devem recorrer à colaboração de todas as ciências e técnicas que possam contribuir para o estudo e a protecção do património monumental.

## **ARTIGO 3**

A conservação e o restauro dos monumentos têm como objectivo salvaguardar tanto a obra de arte como as respectivas evidências históricas.

## **CONSERVAÇÃO**

## **ARTIGO 4**

Para a conservação dos monumentos é essencial que estes sejam sujeitos a operações regulares de manutenção.

## **ARTIGO 5**

A conservação dos monumentos é sempre facilitada pela sua utilização para fins sociais úteis. Esta utilização, embora desejável, não deve alterar a disposição ou a decoração dos edifícios. É apenas dentro destes limites que as modificações que seja necessário efectuar poderão ser admitidas.

## **ARTIGO 6**

A conservação de um monumento implica a manutenção de um espaço envolvente devidamente proporcionado. Sempre que o espaço envolvente tradicional subsista, deve ser conservado, não devendo ser permitidas quaisquer novas construções, demolições ou modificações que possam alterar as relações volumétricas e cromáticas.

## **ARTIGO 7**

Um monumento é inseparável da história de que é testemunho e do meio em que está inserido. A remoção do todo ou de parte do monumento não deve ser permitida,

excepto quando tal seja exigido para a conservação desse monumento ou por razões de grande interesse nacional ou internacional.

### **ARTIGO 8**

Os elementos de escultura, pintura ou decoração que façam parte integrante de um monumento apenas poderão ser removidos se essa for a única forma de garantir a sua preservação.

### **RESTAURO**

### **ARTIGO 9**

O restauro é um tipo de operação altamente especializado. O seu objectivo é a preservação dos valores estéticos e históricos do monumento, devendo ser baseado no respeito pelos materiais originais e pela documentação autêntica. Qualquer operação desse tipo deve terminar no ponto em que as conjecturas comecem; qualquer trabalho adicional que seja necessário efectuar deverá ser distinto da composição arquitectónica original e apresentar marcas que o reportem claramente ao tempo presente. O restauro deve ser sempre precedido e acompanhado por um estudo arqueológico e histórico do monumento.

### **ARTIGO 10**

Quando as técnicas tradicionais se revelarem inadequadas, a consolidação de um monumento pode ser efectuada através do recurso a outras técnicas modernas de conservação ou de construção, cuja eficácia tenha sido demonstrada cientificamente e garantida através da experiência de uso.

### **ARTIGO 11**

As contribuições válidas de todas as épocas para a construção de um monumento devem ser respeitadas, dado que a unidade de estilo não é o objectivo que se pretende alcançar nos trabalhos de restauro.

Quando um edifício apresente uma sobreposição de trabalhos realizados em épocas diferentes, a eliminação de algum desses trabalhos posteriores apenas poderá ser justificada em circunstâncias excepcionais, quando o que for removido seja de pouco

interesse e aquilo que se pretenda pôr a descoberto tenha grande valor histórico, arqueológico ou estético e o seu estado de conservação seja suficientemente bom para justificar uma acção desse tipo. A avaliação da importância dos elementos envolvidos e a decisão sobre o que pode ser destruído não podem depender apenas do coordenador dos trabalhos.

## **ARTIGO 12**

Os elementos destinados a substituírem as partes que faltem devem integrar-se harmoniosamente no conjunto e, simultaneamente, serem distinguíveis do original para que o restauro não falsifique o documento artístico ou histórico.

## **ARTIGO 13**

Não é permitida a realização de acrescentos que não respeitem todas as partes importantes do edifício, o equilíbrio da sua composição e a sua relação com o ambiente circundante.

## **SÍTIOS HISTÓRICOS**

### **ARTIGO 14**

Os sítios dos monumentos devem ser objecto de um cuidado especial, de forma a assegurar que sejam tratados e apresentados de uma forma correcta. Os trabalhos de conservação e restauro a efectuar nesses locais devem inspirar-se nos princípios enunciados nos artigos precedentes.

### **ESCAVAÇÕES ARTIGO 15**

Os trabalhos de escavação devem ser efectuados de acordo com as normas científicas e com a "Recomendação definidora dos princípios internacionais a aplicar em matéria de escavações arqueológicas", adoptadas pela UNESCO em 1956.

Deve ser assegurada a manutenção das ruínas e tomadas as medidas necessárias para garantir a conservação e a protecção dos elementos arquitectónicos e dos objectos descobertos. Para além disso, devem tomar-se todas as medidas que permitam facilitar a compreensão do monumento, sem distorcer o seu significado. Todos os trabalhos de reconstrução devem ser rejeitados a priori. Só a anastylosis, isto é, a remontagem das

peças soltas que existam num estado de desagregação, pode ser permitida. Os materiais utilizados para reintegração deverão ser sempre reconhecíveis e o seu uso restringido ao mínimo necessário para assegurar as condições de conservação do monumento e restabelecer a continuidade das suas formas.

## **PUBLICAÇÃO**

### **ARTIGO 16**

Os trabalhos de conservação, restauro ou escavação devem ser sempre acompanhados por um registo preciso, sob a forma de relatórios analíticos ou críticos, ilustrados com desenhos e fotografias.

Todas as fases dos trabalhos de reparação, consolidação, recomposição e reintegração, assim como os elementos técnicos e formais identificados ao longo dos trabalhos devem ser incluídos. Este registo deverá ser guardado nos arquivos de um organismo público e posto à disposição dos investigadores. Recomenda-se, também, que seja publicado.

## *Carta de Washington*

### *Carta Internacional para a Salvaguarda das Cidades Históricas* (1987)

#### **PREÂMBULO E DEFINIÇÕES**

Em resultado de um desenvolvimento mais ou menos espontâneo ou de um projecto deliberado, todas as cidades do mundo são a expressão material da diversidade das sociedades através da história, sendo, por esse facto, históricas.

A presente carta diz respeito, mais precisamente, às cidades grandes ou pequenas e aos centros ou bairros históricos, com o seu ambiente natural ou edificado, que, para além da sua qualidade como documento histórico, expressam os valores próprios das civilizações urbanas tradicionais. Ora, estas estão ameaçadas pela degradação, desestruturação ou destruição, consequência de um tipo de urbanismo nascido na industrialização e que atinge hoje universalmente todas as sociedades.

Face a esta situação muitas vezes dramática, que provoca perdas irreversíveis de carácter cultural, social e mesmo económico, o Conselho Internacional dos Monumentos e dos Sítios (ICOMOS) considerou necessário redigir uma "Carta Internacional para a Salvaguarda das Cidades Históricas".

Completando a "Carta Internacional sobre a Conservação e o Restauro dos Monumentos e Sítios" (Veneza 1964), este novo texto define os princípios e os objectivos, os métodos e os instrumentos de acção adequados à salvaguarda da qualidade das cidades históricas, no sentido de favorecer a harmonia da vida individual e social, e perpetuar o conjunto de bens, mesmo modestos, que constituem a memória da humanidade.

Corno no texto da Recomendação da UNESCO "relativa à salvaguarda dos conjuntos históricos ou tradicionais e ao seu papel na vida contemporânea" (Varsóvia - Nairobi 1976), assim como noutros diferentes instrumentos internacionais, entende-se por "salvaguarda das cidades históricas" as medidas necessárias à sua protecção, conservação e restauro, assim como ao seu desenvolvimento coerente e à sua adaptação harmoniosa à vida contemporânea.

## **PRINCÍPIOS E OBJECTIVOS**

**1.** A salvaguarda das cidades e bairros históricos deve, para ser eficaz, fazer parte integrante de uma política coerente de desenvolvimento económico e social, e ser considerada nos planos de ordenamento e de urbanismo a todos os níveis.

**2.** Os valores a preservar são o carácter histórico da cidade e o conjunto dos elementos materiais e espirituais que lhe determinam a imagem, em especial:

**a)** forma urbana definida pela malha fundiária e pela rede viária;

**b)** as relações entre edifícios, espaços verdes e espaços livres;

**c)** a forma e o aspecto dos edifícios (interior e exterior) definidos pela sua estrutura, volume, estilo, escala, materiais, cor e decoração;

**d)** as relações da cidade com o seu ambiente natural ou criado pelo homem;

**e)** as vocações diversas da cidade adquiridas ao longo da sua história.

Qualquer ataque a estes valores comprometeria a autenticidade da cidade histórica.

**3.** A participação e o envolvimento dos habitantes da cidade são imprescindíveis ao sucesso da salvaguarda. Devem ser procuradas e favorecidas em todas as circunstâncias através da necessária consciencialização de todas as gerações. Não deve ser esquecido que a salvaguarda das cidades e dos bairros históricos diz respeito, em primeiro lugar, aos seus habitantes.

**4.** As intervenções num bairro ou numa cidade histórica devem realizar-se com prudência, método e rigor, evitando dogmatismos mas tendo sempre em conta os problemas específicos de cada caso particular.

## **MÉTODOS E INSTRUMENTOS**

**5.** O planeamento da salvaguarda das cidades e bairros históricos deve ser precedido de estudos pluridisciplinares. O plano de salvaguarda deve incluir uma análise dos dados, designadamente arqueológicos, históricos, arquitectónicos,

técnicos, sociológicos e económicos, e definir as principais orientações e modalidades de acção a empreender nos campos jurídico, administrativo e financeiro. O plano da salvaguarda deverá definir uma articulação harmoniosa dos bairros históricos no conjunto da cidade. O plano de salvaguarda deve determinar quais os edifícios ou grupos de edifícios a serem especialmente protegidos, a conservar em certas condições e, em circunstâncias excepcionais, a serem demolidos. O estado em que se encontram os sítios antes de qualquer intervenção será rigorosamente documentado. O plano deveria beneficiar da adesão dos habitantes.

**6.** Enquanto não for adoptado um plano de salvaguarda, as acções necessárias à conservação devem ser tomadas no respeito pelos princípios e métodos da presente Carta e da Carta de Veneza.

**7.** A conservação das cidades e dos bairros históricos implica uma manutenção permanente do parque edificado.

**8.** As novas funções e as redes de infra-estruturas exigidas pela vida contemporânea devem adaptar-se as especificidades das cidades históricas.

**9.** A melhoria das habitações deve constituir um dos objectivos fundamentais da salvaguarda.

**10.** No caso de ser necessário efectuar transformações nos edifícios ou construir edifícios novos, qualquer operação deverá respeitar a organização espacial existente, nomeadamente a sua rede viária e escala, como o impõem a qualidade e o carácter geral decorrente da qualidade e do valor do conjunto das construções existentes. A introdução de elementos de carácter contemporâneo, desde que não perturbem a harmonia do conjunto, pode contribuir para o seu enriquecimento.

**11.** É importante contribuir para um melhor conhecimento do passado das cidades históricas, favorecendo as investigações de arqueologia urbana e a apresentação adequada das descobertas arqueológicas.

**12.** A circulação de veículos (leve ser rigorosamente regulamentada no interior das cidades ou dos bairros históricos; as zonas de estacionamento deverão ser dispostas de modo a não degradar o seu aspecto nem a seu ambiente envolvente.

**13.** As grandes redes viárias previstas no quadro do ordenamento do território não devem penetrar nas cidades históricas, mas apenas facilitar o tráfego na aproximação destas cidades e permitir-lhes um acesso fácil.

**14.** Devem adoptar-se medidas preventivas contra catástrofes naturais e contra quaisquer perturbações (designadamente poluição e vibrações), tanto para a conservação das cidades históricas como para a segurança e o bem-estar dos seus habitantes. Os meios empregues para prevenir ou reparar os efeitos das catástrofes devem estar adaptados ao carácter específico dos bens a salvaguardar.

**15.** Para assegurar a participação e a responsabilização dos habitantes, deve ser implementado um programa de informação geral começando a sua divulgação desde a idade escolar. A acção das associações de defesa do património deve ser favorecida, e devem ser adoptadas as medidas financeiras apropriadas para assegurar a conservação e o restauro do parque edificado.

**16.** A salvaguarda exige que seja ministrada uma formação especializada a todos os profissionais que nela participem.

## *Documento de Nara sobre a autenticidade*

### *NARA.1-6 Novembro 1994*

#### **PREÂMBULO**

1. Nós, os especialistas reunidos em *Nara* (Japão), desejamos saudar a generosidade e a visão das autoridades japonesas que nos forneceram a oportunidade deste encontro, no qual pudemos colocar em questão o pensamento convencional em matérias de conservação do património cultural, instaurando um debate sobre as vias e os meios de alargar os nossos horizontes na perspectiva de assegurar um maior respeito, na prática da conservação, pela diversidade das culturas e dos patrimónios.

2. Também desejamos salientar o valor do quadro de discussão proposto pelo Comité do Património Mundial no seu desejo de aplicar o teste da autenticidade, de acordo com formas que garantam o total respeito para com os valores culturais e sociais de todas as sociedades, no exame do valor excepcional do património cultural proposto para inscrição na Lista do Património Mundial.

3. O Documento de Nara sobre a Autenticidade é concebido no espírito da Carta de Veneza, 1964, findando-se nesta e constituindo seu prolongamento, como resposta à expansão do interesse e preocupações para com o património cultural no nosso mundo contemporâneo.

4. Num mundo que esta crescentemente sujeito às forças da globalização e da homogeneização, e num mundo onde a procura da identidade cultural por vezes se exprime ligada a um nacionalismo agressivo e à supressão de culturas minoritárias, a contribuição essencial do conceito de autenticidade na prática da conservação consiste em clarificar e pôr em destaque a memória colectiva da humanidade.

#### **DIVERSIDADE CULTURAL E DIVERSIDADE PATRIMONIAL**

5. A diversidade das culturas e do património cultural no nosso mundo é uma fonte insubstituível de riqueza espiritual e intelectual para toda a humanidade. A protecção e a promoção da diversidade cultural e patrimonial do nosso mundo deve ser activamente promovida como um aspecto essencial do desenvolvimento humano.

**6.** A diversidade do património cultural existe no tempo e no espaço, e exige respeito pelas outras culturas e por todos os aspectos do seu sistema de crenças. Nos casos onde os valores culturais pareçam estar em conflito, o respeito pela diversidade cultural exige o reconhecimento da legitimidade dos valores culturais de todas as partes.

**7.** Todas as culturas e sociedades exprimem-se por formas particulares e através de meios tangíveis e intangíveis de expressão, que constituem o seu património, e estas devem ser respeitadas.

**8.** É importante sublinhar um princípio fundamental da UNESCO: o facto de que o património cultural de cada um é o património cultural de todos. A responsabilidade pelo património cultural e pela sua gestão pertence, em primeiro lugar, à comunidade cultural que o gerou, e subseqüentemente, àquela que o preserva. No entanto, no exercício destas responsabilidades, a adesão às cartas e convenções internacionais desenvolvidas para a conservação do património cultural obriga à consideração dos princípios e das responsabilidades que delas advêm. A ponderação das exigências para com o seu próprio património com as de outras comunidades culturais é, para cada comunidade, altamente desejável, desde que esta comparação não ponha em causa os seus valores culturais fundamentais.

## **VALORES E AUTENTICIDADE**

**9.** A conservação do património cultural em todas as suas formas e períodos históricos fundamenta-se nos valores atribuídos a esse património. A nossa capacidade para compreender esses valores depende, em parte, do grau de credibilidade e veracidade das fontes de informação a seu respeito. O conhecimento e a compreensão destas fontes de informação, por relação com as características originais e subseqüentes do património cultural, e do seu significado, são um requisito básico para avaliar todos os aspectos da autenticidade.

**10.** A autenticidade, tal como foi considerada e afirmada na Carta de Veneza, surge como o factor qualitativo essencial quanto à qualificação dos valores patrimoniais. O entendimento da autenticidade desempenha um papel fundamental

em todos os estudos científicos sobre património cultural, no planeamento da conservação e do restauro, assim como nos procedimentos utilizados para a inscrição na Lista do Património Mundial e outros inventários do património cultural.

**11.** Todos os juízos sobre os valores atribuídos ao património assim como da credibilidade das fontes de informação podem diferir de cultura para cultura, e mesmo no seio da mesma cultura. Não é portanto admissível basear juízos de valor e de autenticidade em critérios fixos. Pelo contrário, o respeito devido a todas as culturas exige que cada obra seja considerada e julgada dentro do contexto cultural a que pertence.

**12.** Em consequência, é da mais alta importância e urgência que, dentro de cada cultura, seja reconhecida a natureza específica dos seus valores patrimoniais assim como a credibilidade e a fiabilidade das fontes de informação que lhes dizem respeito.

**13.** Dependendo da natureza do património cultural e do seu contexto cultural, a avaliação da autenticidade poderá estar ligada ao valor de uma grande variedade de fontes de informação. Aspectos destas fontes podem compreender concepção e forma, materiais e substância, uso e função, tradição e técnicas, situação e implantação, espírito e sentimento, e outros aspectos internos ou externos à obra. A utilização dessas fontes permite a determinação, sob os aspectos artístico, histórico, social e científico, das dimensões específicas do objecto patrimonial em exame.

## **DEFINIÇÕES**

**Conservação** é toda a operação que vise compreender uma obra, conhecer a sua história e o seu significado, assegurando a sua salvaguarda material e, se necessário, o seu restauro e valorização.

**Fonte de informação:** conjunto de fontes documentais, escritas, orais e figurativas, que permitem conhecer a natureza, as especificidades, o significado e a história de uma obra.



**G.O.C. S.A.**

ENTRADA DE GELANDIA 11 SALO  
 TORRE SAN CIBRADO DAS VEIÑAS (OURENSE)  
 TEL: 988.214.237 988.204.982 FAX: 988.214.237

Laboratorio de Ensayos Acreditado por el IGVV (Servicio Gallego) por resolución de 11 de Mayo de 2007 (I/2007/2798/05) de acuerdo con lo establecido en el Decreto 441/1996 de 05 de septiembre (DOG 24 septiembre) en el área de Acreditación: Ourense "EHA n° 15013EH0010", GTC n° 15013GTX950", GTL n° 15013GTL050", "VSG, n° 15013VSG050". Pontevedra EHF n° 15013EH0010 EHF 08 B

**ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYOS SOBRE ÁRIDOS. MARCADO CE (EHA)**

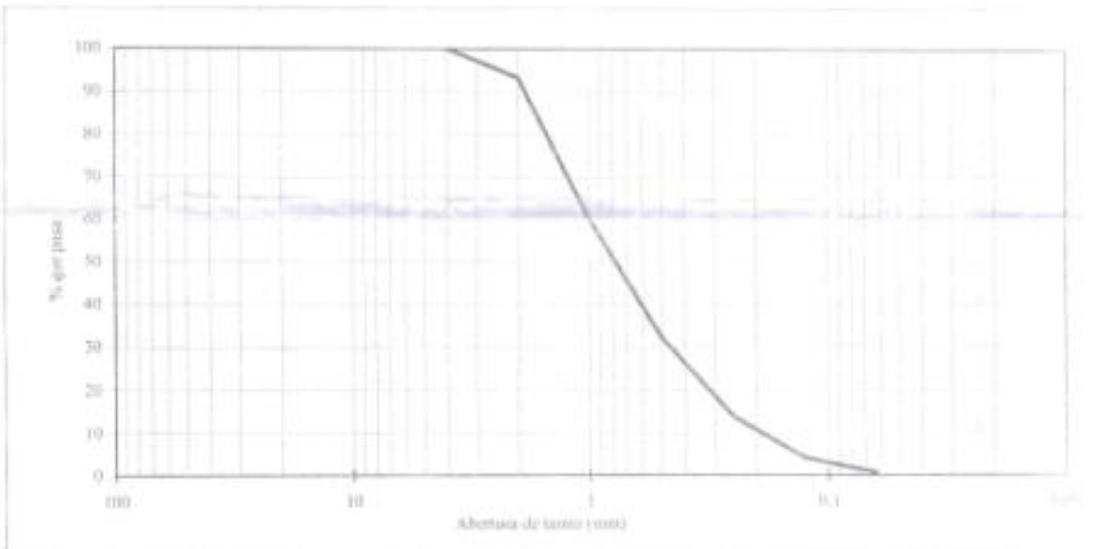
IMPUTACIÓN: **32-070896-LL** N° MUESTRA: **04R-08177**  
**IBRAT 07**

Peticionario: GRAVERAS CASTRO  
 Obra: CONTROL DE PLANTA.  
 Modalidad de Control: CF Modalidad de Muestreo: ME (UNE EN 921-1)  
 Procedencia de la muestra: ACOPIOS  
 Fecha de Toma: 21/04/08 (SEMANA 17) Fecha de Registro: 21/04/2008  
 Descripción del árido: **ARENA 02 FINA.**

**RESULTADOS DE ENSAYOS** (Los valores reflejados se corresponden con versión vigente o en vigor del año en curso)

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (UNE EN 933-1/98** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1. Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado) **SERIE BÁSICA**

Tamiz (mm)	63	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
% que pasa					99,8	95,3	70,9	22,3	13,8	4,0	0



**DATOS COMPLEMENTARIOS DE ENSAYO**

FASE POR EL TAMIZ 2,0: **99,8**

Fecha de Terminación de los Ensayos: **26/04/2008**

Acta de Resultados: **DEFINITIVA**

**OBSERVACIONES:**

Equipos utilizados: **GOC: 346, 503, 406, 489, 917, 504**

En Ourense a **25-abr-08** El Director del Laboratorio  
 Modesto Nuñez Sotomayor

Jefe de Área de Acreditación (EHA):  
 Manuel Viquez Hernández



**G.O.C.**

Los resultados que aquí se expresan son únicamente representativos de la muestra ensayada. Este documento no deberá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito de G.O.C.

ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYOS SOBRE ÁRIDOS, MARCADO CE (EHA)

IMPUTACIÓN: 32-060006-LI

N° MUESTRA: GAB-080377

Peticionario: GRAVERAS CASTRO  
Obra: CONTROL DE PLANTA

HOJA 2 DE 2

RESULTADOS DE ENSAYOS SOBRE ARIDOS MARCADO CE

ENSAYOS ÁRIDOS MARCADO CE		Resultados	Especif.
<b>Modulo de Finura</b>		<b>2,969</b>	<b>F</b>
Equivalente de arena UNE EN 933-8/99 Áridos para homogeneos. Determinación del equivalente de arena		82	
Coeficiente de forma UNE EN 933-4/00 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 4. Determinación de la forma de las partículas. Coeficiente de forma			
Índice de lajas (%) UNE EN 933-3/97 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3. Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas			
Determinación del coeficiente de pelillado acelerado. UNE EN 1097-8/00			
Desgaste Los Angeles (%) UNE 1097-2/99 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos Parte 2. Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación			
Desgaste Mierro - Deval (%) UNE 1097-1/99 Ensayo para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1. Determinación de la resistencia al desgaste (Mierro - Deval)			
Densidad y Absorción UNE EN 1097-6. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6. Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua		Ap. 5.4.5. Real % Absorción	
Reactividad UNE 146507-1/99 Ensayos de áridos. Determinación de la reactividad potencial de los áridos. Método químico. Parte 1. Determinación de la reactividad álcali-silice y álcali-silicato			
Reactividad UNE 146508/99 Ensayos de áridos, determinación de la reactividad álcali-silice de los áridos. Método acelerado en probetas de mortero			
Cloruros expresados en Cl UNE 1744-1/99 (apdo. 7) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
Compuestos totales de S en SO <sub>3</sub> UNE EN 1744-1/99 (Apdo. 11) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
Sulfatos solubles en áridos en SO <sub>3</sub> UNE EN 1744-1/99 (apdo. 12) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
Contaminantes orgánicos ligeros UNE EN 1744-1/99 (apdo. 14.2) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico (Pd)			
Contaminantes orgánicos: Hálógenos UNE EN 1744-1/99 (apdo. 15.1) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
Contaminantes orgánicos:Ácido Fólvico UNE EN 1744-1/99 (apdo. 15.2) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
Contaminantes orgánicos: ensayo del mortero UNE EN 1744-1/99 (apdo. 15.3) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
% que pasa por 0,083 UNE. UNE 933-1/98 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1. Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado		0,71	
Azul de Metileno UNE EN 933-9/99 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9. Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno			
Granulometría de los fillos. Tamizado en corriente de aire UNE EN 933-10/04 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 10. Evaluación de los fillos. Granulometría de los fillos (tamizado en corriente de aire)			
Terceros de arcilla (%) UNE 7 13M Determinación de tercetos de arcilla en áridos para la fabricación de mortero y homogeneos			
Resistencia a los ciclos hielo-deshielo UNE EN 1367-1/99 Ensayo para determinar las propiedades térmicas y de abstracción de los áridos. Parte 1. Determinación de la resistencia a ciclos de hielo-deshielo		% Pérdida	
Materia orgánica (%) UNE EN 1744-1/99 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1. Análisis químico. Determinación del contenido en contaminantes orgánicos/hálógenos (Apdo. 15.7)			

DATOS COMPLEMENTARIOS DE ENSAYO:

OBSERVACIONES:

AR Áridos Marcado CE

Los resultados que aquí se expresan son únicamente representativos de la muestra ensayada.  
Este documento no deberá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito de G.D.C.



# G.O.C. S.A.

ESTRADA DE DELAYOYA 14 SAJO  
20911 SAN DOMINGO DAS VEJAS (SURTIDO)  
TELF 988 214 307 988 254 001 FAX 988 214 301

Laboratorio de Ensayos Acreditado por el IGVN (Junta de Control de Calidad) por resolución de 11 de Mayo de 2005 (DOG 2706/05) de acuerdo con lo establecido en el Decreto 441/1990 de 06 de septiembre (DOG 24 septiembre) en las áreas de Acreditación: Química "CMA n° 15013EHA05B", "GTC n° 15013GTC05B", "GTE n° 15013GTE05B" y "VSG n° 15013VSG05B". Patentes de EHF n° 135940 EHF 08 B.

## ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYOS SOBRE ÁRIDOS, MARCADO CE (EHA)

IMPUTACIÓN: **22-078009-11**

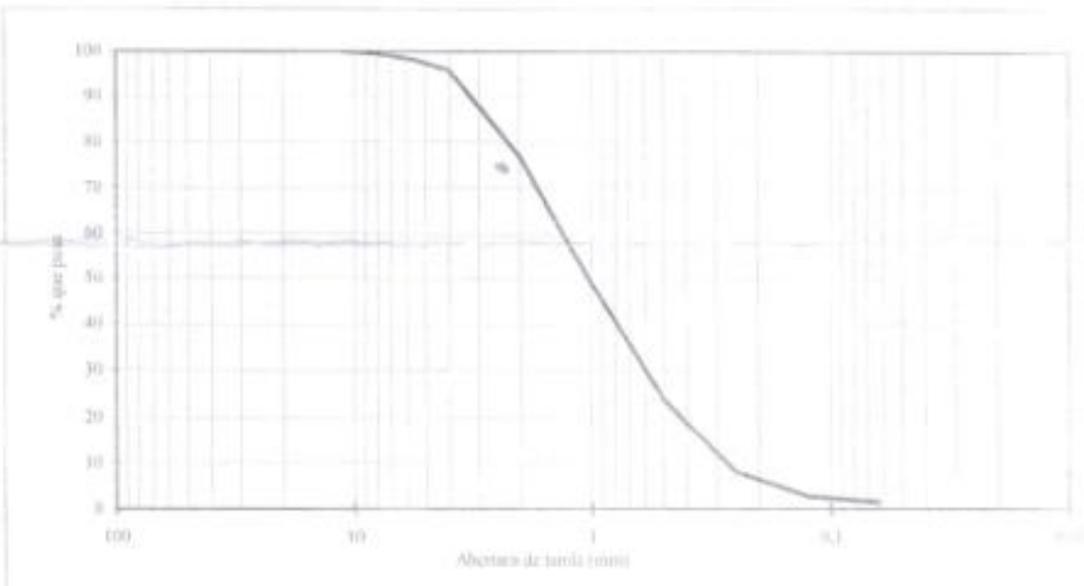
N° MUESTRA: **QAR-08017  
RDVAT 120**

Peticionario: GRAVERAS CASTRO  
Obra: CONTROL DE PLANTA  
Modalidad de Control: CF  
Procedencia de la muestra: ACOPIOS  
Fecha de Toma: 21/04/08 (SEMANA 17)  
Descripción del árido: **ARENA 0/5 NORMAL**  
Morfología de Muestra: ML (UNE EN 932-1)  
Fecha de Registro: 21/04/2008

### RESULTADOS DE ENSAYOS *H2O* (Las normas reflejadas se corresponden con normas vigentes a enero del año en curso)

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (UNE EN 933-1/98** Ensayos para determinar las propiedades granulométricas de los áridos. Parte 1. Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado SERIE BÁSICA+1)

Tamaño (mm)	63	45	31,5	22,4	16	11,2	8	5,6	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
% que pasa	100	99,5	98,2	95,2	78,7	48,8	23,7	8,1	2,8	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01



### DATOS COMPLEMENTARIOS DE ENSAYO

Fecha de Terminación de los Ensayos: 28/04/2008

Acta de Resultados: DEFINITIVA

### OBSERVACIONES:

Equipos utilizados: GOC: 366, 563, 468, 489, 817, 504

En Ocurra a: 28-04-08 El Director del Laboratorio  
Miguel Ángel Hernández

Jefe de área de Acreditación (I.G.V.N.)  
Manuel Vargas Hernández



# G.O.C.

Los resultados que aquí se expresan son únicamente representativos de la muestra ensayada. (AR Áridos Marcados)  
Este documento no deberá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito de G.O.C.



## ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYOS SOBRE ÁRIDOS, MARCADO CEE (EHA)

IMPUTACIÓN: 32-00006-L1

Nº MUESTRA: 03AR-080378  
FOLIA 2 DE 2

Peticionario: GRAVERAS CASTRO  
Obra: CONTROL DE PLANTA

### RESULTADOS DE ENSAYOS SOBRE ARIDOS MARCADO CE

ENSAYOS ÁRIDOS MARCADO CEE		Resultados	Explic.
<b>Modulo de Finura</b>		<b>1,586</b>	
Equivalente de arena UNE EN 933-8/09 Áridos para hormigones. Determinación del equivalente de arena		82	
Coeficiente de forma UNE EN 933-4/08 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 4. Determinación de la forma de las partículas. Coeficiente de forma			
Índice de lajas (%) UNE EN 933-3/97 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3. Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas			
Determinación del coeficiente de pulimento acelerado UNE EN 1097-8/08			
Desgaste Los Angeles (%) UNE 1097-2/99 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2. Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación			
Desgaste Micro - Deval (%) UNE 1097-1/99 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1. Determinación de la resistencia al desgaste (Micro - Deval)			
Densidad y Absorción UNE EN 1097-6. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6. Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua		Ap. 5.5.5.	
		Real	
		% Absorción	
Reactividad UNE 146507-1/99 Ensayos de áridos. Determinación de la reactividad potencial de los áridos. Método químico. Parte 1. Determinación de la reactividad alfa-silícica y alfa-silícica			
Reactividad UNE 146508/99 Ensayos de áridos. Determinación de la reactividad alfa-silícica de los áridos. Método acelerado en solución de nitrato			
Cloruros expresados en CL UNE 1744-1/99 (apdo. 7) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
Compuestos totales de S en SO <sub>3</sub> UNE EN 1744-1/99 (Apdo. 11) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
Sulfatos solubles en ácidos en SO <sub>3</sub> UNE EN 1744-1/99 (apdo. 12) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
Contaminantes orgánicos ligeros UNE EN 1744-1/99 (apdo. 14.2) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico (PCL)			
Contaminantes orgánicos: Húmicos UNE EN 1744-1/99 (apdo. 15.1) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
Contaminantes orgánicos: Ácido Fúlvico UNE EN 1744-1/99 (apdo. 15.2) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
Contaminantes orgánicos: ensayo del mortero UNE EN 1744-1/99 (apdo. 15.3) Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1 Análisis químico			
% que pasa por 0,063 UNE, UNE 933-1/98 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1. Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado		1,43	
Aral de Metileno UNE EN 933-9/99 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9. Evaluación de los fillos. Ensayo de aral de metileno			
Granulometría de los fillos. Tamizado en corriente de aire UNE EN 933-10/01 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 10. Evaluación de los fillos. Granulometría de los fillos (tamizado en corriente de aire)			
Terrones de arcilla (%) UNE 7 153/ Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones			
Resistencia a los ciclos hielo-deshielo UNE EN 1367-1/00 Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Parte 1. Determinación de la resistencia a ciclos de hielo-deshielo		% Pérdida	
Materia orgánica (%) UNE EN 1744-1/99 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1. Análisis químico. Determinación del contenido en contaminantes orgánicos húmicos (Apdo 15.3)			

#### DATOS COMPLEMENTARIOS DE ENSAYO

##### OBSERVACIONES:

Los resultados que aquí se expresan son únicamente representativos de la muestra citada.  
Este documento no deberá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito de G.O.C. AR Áridos Marcados S.L.