



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Patologias em Paredes Antigas de Tijolo Cerâmico

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil
na Especialidade de Construções

Autor

Sérgio Rui Duarte Mendes

Orientadores

Professor Doutor Fernando José Forte Garrido Branco

Professor Catedrático Eduardo Nuno Brito Santos Júlio

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Outubro, 2011

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação representa o culminar de um objectivo académico que me propus realizar e que só foi possível com a ajuda de algumas pessoas, as quais queria manifestar o mais sincero agradecimento.

Aos meus orientadores, Professor Doutor Fernando José Forte Garrido Branco, do Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, e ao Professor Catedrático Eduardo Nuno Brito Santos Júlio, da Secção de Mecânica Estrutural e Estruturas do Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georecursos, do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, por todo o incentivo, pelas disponibilidades e colaboração demonstradas e pelo apoio na superação dos diversos obstáculos.

Aos meus pais, por inculcarem o amor ao conhecimento e aos valores morais e éticos que regem a minha vida.

À minha esposa, por me ter apoiado nos momentos difíceis, por ter entendido as minhas dúvidas e angústias, por ter estado sempre ao meu lado, a quem dedico todo este trabalho que sem ela não se poderia ter concretizado.

À minha filha, pela atenção que não dei durante todo o tempo de elaboração da dissertação.

RESUMO

O valor patrimonial, cultural e arquitectónico que representam os edifícios antigos construídos com paredes de tijolo cerâmico fez com que a sua conservação e manutenção sejam, hoje em dia de grande interesse para quem os tutela.

Esta dissertação visa contribuir para a melhoria do conhecimento da metodologia de intervenção para reparação das patologias em paredes antigas de tijolo cerâmico.

Neste contexto, o trabalho enquadra as paredes de tijolo cerâmico no tempo, classifica-as em função da sua espessura, faz referência às características inerentes à sua construção, apresenta os sintomas e as respectivas causas das manifestações patológicas mais frequentes a que estão sujeitas, sistematiza a metodologia de intervenção, nomeadamente a investigação das suas patologias e as respectivas acções de reparação, e sintetiza a informação inerente a estas acções de reparação através de fichas individuais para cada patologia.

Palavras-chave: tijolo cerâmico; paredes de tijolo; patologias; metodologia de intervenção; reparação.

ABSTRACT

The patrimonial, cultural and architectural value represented by old buildings constructed with ceramic brick walls made their conservation and maintenance of great value to those who protect them.

This essay aims to contribute to the improvement of the intervention methodology knowledge to repair old brick ceramic walls' pathologies.

In this context, the essay locates the ceramic brick walls in time, classifies them according to their thickness and alludes to their construction inherent characteristics, presents the symptoms and the respective causes of the most frequent pathologic manifestations to which they are exposed, systematizes the intervention methodology, specifically the investigation of their pathologies and the correspondent repairing actions, and resumes the intrinsic information to these repairing actions, through individual files to each pathology.

Key words: ceramic brick; brick wall; pathologies; intervention methodology; repairing.

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento do Tema	1
1.2 Objectivos e Metodologia	1
1.3 Estrutura da Dissertação	2
2 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DO TIJOLO CERÂMICO	4
2.1 Considerações Iniciais	4
2.2 A Origem do Tijolo Cerâmico	4
2.3 O Tijolo Cerâmico em Portugal	5
2.3.1 Época Romana	5
2.3.2 Ocupação Islâmica	6
2.3.3 Período Medieval	7
2.3.4 O Absolutismo	7
2.3.5 Do Liberalismo ao fim da 1. ^a República	7
2.3.6 O Estado Novo	8
2.3.7 Da Revolução de 1974 até à Actualidade	9
3 ANÁLISE TÉCNICA DO TIJOLO CERÂMICO	10
3.1 Considerações Iniciais	10
3.2 Processos de Fabrico	10
3.2.1 Produção Manual	10
3.2.2 Produção Semi-industrial	13
3.2.3 Produção Industrial	16
3.3 Caracterização do Tijolo Cerâmico Antigo	17
3.3.1 Tipologia	17
3.3.2 Propriedades Físicas e Mecânicas	17
3.3.3 Propriedades Químicas	18
3.4 Argilas Compatíveis	18
4 PAREDES DE TIJOLO CERÂMICO ANTIGO	19
4.1 Considerações Iniciais	19
4.2 Características Construtivas e Regras Gerais de Paredes de Tijolo	19
4.3 Tipos de Paredes de Tijolo em Função da Espessura	21
4.3.1 Parede de Tijolo ao Alto	21
4.3.2 Parede de Meia Vez Tijolo	21
4.3.3 Parede de Uma Vez Tijolo	21
4.3.4 Parede de Uma Vez e Meia Tijolo	23
4.3.5 Parede de Duas Vezes Tijolo	25
4.3.6 Parede de Espessura Superior a Duas Vezes Tijolo	26

4.3.7 Espessura das Paredes de Tijolo	27
4.4 Cunhais de Paredes de Tijolo	28
4.5 Ligações de Paredes de Tijolo	29
4.6 Pilares de Tijolo	30
4.7 Vãos de Paredes de Tijolo	31
4.8 Refechamento de Juntas	32
4.9 Decoração de Paredes de Tijolo	33
5 PATOLOGIAS EM PAREDES ANTIGAS DE TIJOLO CERÂMICO	34
5.1 Considerações Iniciais	34
5.2 Tipos de Patologias: Sintomas e Causas	34
5.2.1 Fendilhação	34
5.2.2 Esmagamento	35
5.2.3 Eflorescências	36
5.2.4 Desagregação	37
5.2.5 Manchas	38
6 METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO	39
6.1 Considerações Iniciais	39
6.2 Investigação	39
6.2.1 Levantamento Histórico	39
6.2.2 Caracterização das Patologias	40
6.3 Acções de Reparação	42
6.3.1 Consolidação Estrutural	42
6.3.2 Extinção da Macroflora	42
6.3.3 Eliminação da Humidade Ascensional	43
6.3.4 Eliminação da Humidade de Precipitação	46
6.3.5 Eliminação da Humidade de Condensação	47
6.3.6 Consolidação e Limpeza Superficial da Parede	47
6.3.7 Dessalinização	48
6.3.8 Extinção da Microflora	49
6.3.9 Desmonte e Substituição Parcial da Parede	50
6.3.10 Reparação da Fendilhação	50
6.3.11 Refechamento de Juntas	54
6.3.12 Hidrofugação pelo Exterior	55
6.4 Ficha de Reparação de Patologia	56
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
7.1 Síntese e Considerações Gerais	57
7.2 Desenvolvimentos Futuros	58
ANEXO I - Fábricas de cerâmica criadas entre o Liberalismo e o fim da 1. ^a República	62

ANEXO II – Locais de produção manual de tijolo cerâmico e de telha no período do Liberalismo ao fim da 1. ^a República	63
ANEXO III – Principais tipos de tijolo cerâmico fabricados no início do século XX	65
ANEXO IV – Classificação de arcos quanto à sua forma	66
ANEXO V – Produtos utilizados em barreiras químicas e em injeções	68
ANEXO VI – Fichas de reparação de patologia	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Elementos construtivos romanos em tijolo cerâmico: (a) exemplo de parede de pé e meio de espessura (Vitrúvio, 2009); (b) arcos na vila romana de S. Cucufate - Vidigueira (Goes, 1998)	5
Figura 2.2 – Uma das quatro portas da antiga Mesquita de Mértola (Torres e Macias, 1998) ..	6
Figura 2.3 – Antiga Fábrica de Cerâmica Jerónimo Pereira Campos & Filhos, Aveiro	8
Figura 2.4 – Casa da Juventude de Beja, Beja (Ferreira, 2002)	9
Figura 3.1 – Vista diagramática de um forno romano (Campbell e Pryce, 2005)	10
Figura 3.2 – Produção manual de tijolo cerâmico (Vasconcellos, 1907): (a) molde de madeira; (b) cozedura ao ar livre em medas	12
Figura 3.3 – Exemplos de máquinas de preparação da pasta (Vasconcellos, 1907): (a) laminador; (b) amassador mecânico	13
Figura 3.4 – Exemplos de máquinas de moldar tijolo (Segurado, s/d): (a) máquina de fieira; (b) moldador de parafuso	14
Figura 3.5 – Forno circular Hoffmann (Vasconcellos, 1907)	14
Figura 4.1 – Parede de tijolo ao alto (Segurado, s/d-a)	21
Figura 4.2 – Parede de meia vez tijolo (Segurado, s/d-a)	21
Figura 4.3 – Parede de uma vez tijolo: “perpianhos” (Segurado, s/d-a)	22
Figura 4.4 – Parede de uma vez tijolo: <i>aparelho inglês</i> (Segurado, s/d-a)	22
Figura 4.5 – Parede de uma vez tijolo: <i>aparelho trincado</i> (Segurado, s/d-a)	22
Figura 4.6 – Parede de uma vez tijolo: <i>aparelho flamengo</i> (Segurado, s/d-a)	23
Figura 4.7 – Parede de uma vez tijolo: <i>aparelho holandês</i> (Segurado, s/d-a)	23
Figura 4.8 – Parede de uma vez tijolo: <i>aparelho em losango</i> (Segurado, s/d-a)	23
Figura 4.9 – Parede de uma vez e meia tijolo com <i>aparelho defeituoso</i> (Segurado, s/d-a)	24
Figura 4.10 – Parede de uma vez e meia tijolo: <i>aparelho inglês</i> (Segurado, s/d-a)	24
Figura 4.11 – Parede de uma vez e meia tijolo: variante do <i>aparelho inglês</i> (Segurado, s/d) ..	24
Figura 4.12 – Parede de uma vez e meia tijolo: <i>aparelho flamengo</i> (Segurado, s/d-a)	25
Figura 4.13 – Parede de duas vezes tijolo (Segurado, s/d-a): (a) <i>aparelho inglês</i> ; (b) variante do <i>aparelho inglês</i> ; (c) <i>aparelho flamengo</i>	26
Figura 4.14 – Parede de 3 ^{1/2} vezes tijolo: <i>aparelho inglês</i> (Segurado, s/d-a)	26
Figura 4.15 – Parede de 4 vezes tijolo: <i>aparelho inglês</i> (Segurado, s/d-a)	27
Figura 4.16 – Cunhais em esquadria de paredes de uma vez tijolo (Segurado, s/d-a): (a) <i>aparelho inglês</i> ; (b) <i>aparelho flamengo</i>	28
Figura 4.17 – Cunhais em esquadria de paredes de uma vez e meia tijolo (Segurado, s/d-a): (a) <i>aparelho inglês</i> ; (b) <i>aparelho flamengo</i>	28
Figura 4.18 – Cunhais obtusos de paredes de uma vez e meia tijolo (Segurado, s/d-a): (a) <i>aparelho inglês</i> ; (b) <i>aparelho flamengo</i>	29

Figura 4.19 – Cunhais agudos de paredes de uma vez e meia tijolo (Segurado, s/d-a): (a) <i>aparelho inglês</i> ; (b) <i>aparelho flamengo</i>	29
Figura 4.20 – Intersecção de paredes de tijolo de uma vez com uma vez e meia, segundo o <i>aparelho inglês</i> (Segurado, s/d-a)	30
Figura 4.21 – Intersecção de paredes de tijolo de uma vez e meia com duas vezes (Segurado, s/d-a): (a) <i>aparelho inglês</i> ; (b) <i>aparelho flamengo</i>	30
Figura 4.22 – Algumas formas de pilares de tijolo (Pinho, 2008)	30
Figura 4.23 – Pilares de tijolo de secção quadrada (Segurado, s/d-a): (a) <i>aparelho inglês</i> em pilares de 2, $2^{1/2}$ e 3 vezes de espessura; (b) <i>aparelho flamengo</i> em pilares de 2 e $2^{1/2}$ vezes de espessura	31
Figura 4.24 – Exemplo de vãos de janelas: (a) vão de janela em tijolo, Aveiro; (b) vão de janela de sacada em pedra e tijolo, Pampilhosa do botão - Mealhada.....	32
Figura 4.25 – Aspectos finais de juntas de tijolo (Pinho, 2008)	33
Figura 4.26 – Decoração de paredes de tijolo (Pinho, 2008): (a) algumas representações esquemáticas; (b) <i>aparelho reticulado</i>	33
Figura 5.1 – Fenda junto ao canto de uma janela. Antiga Fábrica de Cerâmica Jerónimo Pereira Campos & Filhos, Aveiro	35
Figura 5.2 – Esmagamento de parede em zona localizada onde existe aplicação de cargas concentradas. Antiga Fábrica de Cerâmica Arganilense, Arganil	35
Figura 5.3 – Eflorescências em parede antiga de tijolo cerâmico. Antiga Fábrica de Cerâmica Arganilense, Arganil	37
Figura 5.4 – Desagregação em parede de tijolo cerâmico. Antiga Fábrica de Cerâmica Arganilense, Arganil	37
Figura 5.5 – Manchas em parede de tijolo cerâmico. Antiga Fábrica de Cerâmica Arganilense, Arganil	38
Figura 6.1 – Aplicação de armadura e projecção de argamassa para consolidação e reforço de parede de alvenaria (INH e LNEC, 2006)	52
Figura 6.2 – Exemplo de aplicação do refechamento de juntas com armadura, combinado com pregagens transversais, em parede de duas vezes tijolo (Roque, 2002)	53

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Evolução típica das dimensões dos tijolos cerâmicos antigos	17
Quadro 3.2 – Características físicas e mecânicas gerais de tijolos cerâmicos maciços antigos de produção manual	18
Quadro 4.1 – Espessura das paredes de tijolo das habitações antigas	27
Quadro 5.1 – Sintomas e causas da fendilhação em paredes antigas de tijolo cerâmico	34
Quadro 5.2 – Sintomas e causas do esmagamento em paredes antigas de tijolo cerâmico	35
Quadro 5.3 – Sintomas e causas das eflorescências de sais em paredes antigas de tijolo cerâmico	36
Quadro 5.4 – Sintomas e causas da desagregação em paredes antigas de tijolo cerâmico	37
Quadro 5.5 – Sintomas e causas das manchas em paredes antigas de tijolo cerâmico face à vista	38
Quadro 6.1 – Meios de diagnóstico não destrutivos	40
Quadro 6.2 – Exemplos de ensaios não destrutivos <i>in situ</i>	41
Quadro 6.3 – Exemplos de ensaios minimamente destrutivos em Laboratório	41
Quadro 6.4 – Tipos de intervenção para eliminação da macroflora	42
Quadro 6.5 – Soluções de intervenção destinadas a impedir o acesso da água às paredes	43
Quadro 6.6 – Soluções de intervenção destinadas a impedir a ascensão da água nas paredes	44
Quadro 6.7 – Soluções de intervenção destinadas a retirar a água em excesso em paredes	45
Quadro 6.8 – Soluções de intervenção destinadas a ocultar as anomalias em paredes	46
Quadro 6.9 – Soluções de intervenção destinadas a eliminar as deficiências de estanquidade em paredes	46
Quadro 6.10 – Soluções de intervenção destinadas a evitar a ocorrência de condensações superficiais	47
Quadro 6.11 – Tipos de intervenção para eliminação da microflora	49
Quadro 6.12 – Fases e descrição do processo de injeção	51
Quadro 6.13 – Operações da solução de refecimento de juntas com armadura	54
Quadro 6.14 – Operações da solução de refecimento de juntas	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do Tema

A existência de estruturas de paredes antigas de tijolo cerâmico está difundida por toda a Europa, em centros históricos e urbanos, e em diferentes tipos de construção, como edifícios, torres, muros, fortes, muralhas, etc. A valorização das construções históricas aumentou significativamente através reconhecimento da importância estratégica que as mesmas constituem, por razões culturais e económicas.

Em Portugal, os edifícios históricos construídos com paredes de tijolo cerâmico surgiram em épocas distintas, tendo o auge da sua edificação ocorrido desde meados do século XIX até à década de 20 do século XX, com especial impacto na construção de unidades fabris.

Recentemente, tem-se assistido à preservação das paredes de tijolo cerâmico de edifícios antigos através de intervenções efectuadas com recurso a materiais modernos, geralmente incompatíveis com os materiais antigos, e com reduzido domínio das técnicas de reparação. Estas intervenções podem considerar-se no limiar mínimo da conservação do património arquitectónico não-monumental.

A prática moderna na conservação de paredes de tijolo em edifícios antigos é uma tarefa complexa, que requer uma investigação profunda e cuidadosa das patologias, essencial para uma intervenção correcta.

Assim, pretende-se com este trabalho contribuir para um conhecimento mais aprofundado da metodologia de intervenção para reparação das patologias em paredes antigas de tijolo cerâmico.

1.2 Objectivos e Metodologia

Esta dissertação teve como objectivo fundamental o aprofundamento do conhecimento sobre a metodologia de intervenção para reparação de paredes antigas de tijolo cerâmico. Esta metodologia passa por uma correcta investigação que identifique as causas mais prováveis das patologias, fazendo recurso a um levantamento histórico do edifício a reparar e à caracterização das patologias do mesmo. Após esta investigação, podem ser propostas as acções de reparação viáveis, atendendo às causas mais prováveis das patologias e tentando, sempre que possível, eliminá-las. Por conseguinte, pode estruturar-se os objectivos desta dissertação da seguinte forma:

- Sistematização das etapas fundamentais da evolução histórica e técnica do tijolo cerâmico em Portugal;

- Classificação das paredes de tijolo em função da sua espessura e referência às características inerentes à construção das mesmas;
- Conhecimento profundo dos sintomas e causas da ocorrência de cada um dos fenómenos patológicos em paredes antigas de tijolo cerâmico;
- Enquadramento da fase de investigação e a sua importância na elaboração do projecto de reparação;
- Estudo de acções de reparação que contribuam para a conservação de paredes antigas de tijolo cerâmico;
- Apresentação de fichas de reparação de patologia que contêm uma descrição da metodologia de intervenção.

No que respeita à metodologia desta dissertação, o trabalho foi baseado em estudo documental, de forma a obter um conhecimento mais aprofundado do que actualmente se faz.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação desenvolve-se ao longo de 7 capítulos, fazendo-se de seguida uma sumária descrição do seu conteúdo.

Neste capítulo inicial faz-se o enquadramento da temática abordada, descrevem-se os objectivos inicialmente definidos e a metodologia seguida, para além da descrição dos conteúdos de cada capítulo.

No capítulo 2 aborda-se historicamente o tijolo cerâmico como material de construção em paredes de edificações antigas, sendo referida a sua origem e feito o seu enquadramento nas várias épocas em Portugal.

No capítulo 3 efectua-se uma análise técnica do tijolo cerâmico antigo. O capítulo desenvolve-se em duas perspectivas: na primeira indicam-se os processos de fabrico do tijolo cerâmico, em cada época, e na segunda faz-se uma caracterização do tijolo cerâmico antigo.

No capítulo 4 apresenta-se uma classificação das paredes de tijolo em função da sua espessura, que por sua vez é definida em função do número e disposição dos tijolos, e referem-se algumas características inerentes à sua construção.

No capítulo 5 analisam-se as patologias em paredes de tijolo cerâmico dos edifícios antigos, segundo uma abordagem da relação sintoma e causa dos danos mais frequentes que lhe estão associados.

No capítulo 6 apresenta-se uma proposta de metodologia de intervenção para reparação de paredes antigas de tijolo cerâmico. Mencionam-se as várias etapas necessárias a um desenvolvimento faseado das operações, nomeadamente a investigação das patologias, as acções de reparação de fenómenos patológicos e um modelo de ficha de reparação de patologia para paredes antigas de tijolo cerâmico.

No capítulo 7 referem-se algumas considerações gerais deste estudo e indicam-se determinados trabalhos a desenvolver nesta área de futuro.

Nos anexos apresenta-se informação complementar ao corpo do texto deste trabalho.

2 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DO TIJOLO CERÂMICO

2.1 Considerações Iniciais

No presente capítulo pretende-se fazer um enquadramento histórico do tijolo cerâmico¹. Deste modo, começa-se por fazer uma breve abordagem à origem do tijolo cerâmico como material cerâmico de construção em edificações antigas. De seguida, enquadra-se o tijolo cerâmico nas suas diversas épocas em Portugal.

2.2 A Origem do Tijolo Cerâmico

Considerando como certas as teorias clássicas, propostas por vários investigadores, aceitamos que os mais antigos tijolos cerâmicos foram descobertos num canal de esgoto na cidade de Maddhur, na Mesopotâmia, no período Ubaid 3-4 (c. 5000-c. 4000 a.C.) (Campbell e Pryce, 2005).

Os tijolos cerâmicos eram pouco utilizados como material de construção antes da terceira dinastia de Ur (2111-2003 a.C.), salvo raras excepções em templos e palácios, devido ao seu elevado custo de fabrico.

A terceira dinastia de Ur (2111-2003 a.C.) fundou como capital de província a cidade da Babilónia, atingindo o seu apogeu arquitectónico no reinado de Nebuchadnezzar II, que reinou entre 604 a 562 a.C. Os povo babilónico aperfeiçoaram a arte da moldagem e posteriormente a de vidrar tijolos, alcançando estas novas tecnologias um alto nível de requinte. Os tijolos eram de barro vermelho e feitos manualmente, à excepção dos de relevo que eram esculpidos. Após a secagem, os tijolos eram cozidos e podiam, de seguida, receber vidrados coloridos, provavelmente na forma de uma pasta mole, que se transformavam em vidro numa segunda cozedura. Os babilónios tinham um perfeito controlo sobre as cores dos vidrados através de um longo processo de experimentação, não tendo deixado, no entanto, registo dos seus processos. Os tijolos vidrados, com efeitos decorativos, destinavam-se a alçados de palácios e eram utilizados em frisos, cornijas ou pilastras (Campbell e Pryce, 2005).

Desde muito antes da conquista romana da maior parte da Península Itálica até 274 a.C., os etruscos que a habitavam usavam telhas de terracota sobre edifícios com paredes de tijolos crus, embora já tivessem experimentado tijolos cozidos. Com a ocupação romana as

¹ Peça de barro moldada, em forma geralmente paralelepípedica, cozida em forno para adquirir dureza e resistência.

edificações começaram a ter alicerces, a ser construídas com paredes de tijolo² ou pedra e a ser cobertas de telhas semelhantes às usadas na Sicília em tempos helénicos (Vitrúvio, 2009).

2.3 O Tijolo Cerâmico em Portugal

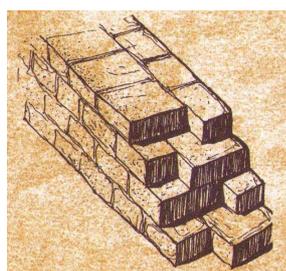
A evolução da construção de edifícios em Portugal ocorreu ao longo da história em épocas distintas. Neste contexto, são referidas de seguida algumas considerações sobre as diversas aplicações do tijolo cerâmico na evolução do edificado a nível nacional.

2.3.1 Época Romana

A ocupação definitiva da Península Ibérica pelos Romanos, no século I a.C., desencadeou um profundo processo de transformação na construção dos povoados, em que a casa castreja de pedra ou taipa³ passou a ter formato rectangular em vez de circular, a ser construída com alicerces e com alvenaria de tijolo, de taipa ou de pedra, e a ter cobertura em telha em lugar de colmo ou de pedra (Matoso, 1993).

Em Portugal, os romanos utilizavam nas edificações diversos tipos de tijolo cerâmico (vd. Quadro 3.1 – Época: Séc. I a.C. até Séc. V) consoante o elemento estrutural para que se destinava: paredes, colunas, pilares, arcos, abóbadas, cúpulas, entre outros. Estas construções, na sua maioria, eram revestidas a estuque ou mármore (Campbell e Pryce, 2005).

As paredes podiam ser construídas inteiramente em tijolo, tendo aquelas a espessura de pé⁴ e meio (Figura 2.1 (a)), formadas com tijolos cerâmicos quadrados, inteiros e cortados ao meio. Porém, a espessura das paredes exteriores das edificações que faceavam com as ruas ou com os *ambitus*⁵ tinha que ser de dois pés e meio de largo (Vitrúvio, 2009).



(a)



(b)

Figura 2.1 – Elementos construtivos romanos em tijolo cerâmico: (a) exemplo de parede de pé e meio de espessura (Vitrúvio, 2009); (b) arcos na vila romana de S. Cucufate - Vidigueira (Goes, 1988)

² Paredes laterícias (*Latericii parietes*) construídas em tijolo (*later*), de início seco ao sol.

³ Sistema construtivo em que se empregava, na confecção das paredes, terra humedecida ou molhada.

⁴ Um pé média 29,5 cm.

⁵ Caminhos em redor, circuitos e outros locais de domínio comum.

A maior parte dos arcos romanos eram construídos com grandes tijolos (Figura 2.1 (b)), assentes lado a lado, conseguindo-se a forma do arco com antigos métodos: ao adelgaçar as juntas; ao efectuar o corte dos tijolos em forma adelgada; e em modela-los na forma cuneiforme, recebendo o nome de *cunei*.

No século II d.C., a produção de tijolo cerâmico era uma das mais importantes indústrias de todo o Império Romano, que perdurou até ao início do século V.

O domínio romano do actual território português terminou em 411 d.C. aquando da vinda de Vândalos, Suevos e Alanos. No mesmo território, instalaram-se também os Visigodos em 459 d.C., que permaneceram juntamente com os Suevos até ao século VII e que mantiveram, no essencial, os modelos de civilização que já aí vigoravam. Assim, apesar dos poucos vestígios arquitectónicos dessa época, pode afirmar-se que se produzia telha e tijolo cerâmico com recurso às técnicas usadas pelos romanos (Matoso, 1993).

2.3.2. Ocupação Islâmica

O início da ocupação islâmica em Portugal deu-se no século VIII d.C., de Sul para Norte, com a conquista das cidades de Faro, Beja e Mértola, que aproveitou a desagregação da monarquia visigótica. Contudo, só no século X é que se deu a ocupação definitiva do território português por parte dos árabes (Matoso, 1993).

O povo islâmico manteve, no entanto, as culturas locais de religião cristã (que tiveram por base a tradição visigótica pré-existente), dando origem, entre os séculos IX e XI, às formas de arte moçárabe. Os vestígios muçulmanos ainda numerosos são os que nos restam de antigas muralhas, muitas delas aproveitadas de primitivas fortificações romanas, levando a querer que o processo de fabrico de tijolo cerâmico era igual ao dos romanos, mas com dimensões inferiores e com formas mais rectangulares. Outra marca da ocupação árabe é o arco em ferradura (já utilizado no período visigótico), com função estrutural até então pouco comum, construído em pedra ou, caso esta não existisse, em tijolo (Figura 2.2).



Figura 2.2 – Uma das quatro portas da antiga Mesquita de Mértola (Torres e Macias, 1998)

2.3.3 Período Medieval

A verdadeira reconquista cristã teve o seu início a partir de finais do século X em Portugal, tendo prosseguido com os reis da 1.^a dinastia até D. Afonso III que conquistou todas as terras que ainda estavam na posse dos muçulmanos, como: Faro (1249); Albufeira; Perches; e demais localidades algarvias (Barros, 1948). Assim deu-se início ao longo período medieval que perdurou até às primeiras décadas do século XVI, cujas construções medievais portuguesas receberam as influências romana e muçulmana.

Subsiste actualmente, em aldeias portuguesas, um número considerável de casas medievais, todas elas dos séculos XV ou XVI, que, apesar de uma pobreza de forma, tradutora de uma não inferior rudeza de mão-de-obra, reflectem um claro progresso do conceito de habitação actual. Como a madeira era rara, construíram-se edifícios preferencialmente em alvenaria de taipa, de pedra, de tijolo ou de pedra e tijolo, cuja forma e dimensões deste último material eram idênticas aos do período muçulmano (vd. Quadro 3.1). O exterior dos edifícios tinha uma decoração praticamente nula e era revestido a cal (Marques, 1964).

2.3.4 O Absolutismo

O Absolutismo (séculos XVI e XVIII) favoreceu a produção da cerâmica de construção em Portugal, passando o tijolo cerâmico, e também a pedra, a substituir sistematicamente a madeira pela sua escassez. O tijolo cerâmico utilizava-se na construção integral de paredes, em pavimentos, em arcos, em abóbadas, e, em casos mais restritos, em coberturas abobadadas na zona sul do nosso País (Ferreira, 2002).

Após o violento sismo de 1 de Novembro de 1755, na reconstrução de Lisboa foi concebida uma solução essencialmente destinada a acções sísmicas – conceito de gaiola –, consistindo numa estrutura de madeira formando diagonais cruzadas, revestida, a partir do rês-do-chão, por alvenaria de pedra nas paredes exteriores e cujas paredes interiores eram preenchidas com tijolos cerâmicos (Gouveia et al, 2007).

Na época pombalina começaram a produzir-se com medidas *standard* cantarias, ferros, azulejos, telhas, tijolos (vd. Quadro 3.1), entre outros materiais, considerando-se este processo a pré-fabricação (Rodrigues e Mendes, 1999). A produção de tijolo cerâmico com medidas *standard* era efectuada em *oficinas*, sendo estas unidades de produção pequenos estabelecimentos frequentemente com características de negócio de família, assemelhando-se à chamada indústria doméstica.

2.3.5 Do Liberalismo ao fim da 1.^a República

Com a instauração do Liberalismo em 1834, foi extinta, na mesma data, a Casa dos Vinte e Quatro – estrutura controladora das artes e ofícios existente desde finais do século XIV –, e foi criado, em 1837, o ensino politécnico – Escola Politécnica de Lisboa e Academia

Politécnica do Porto –, que contribuiu para o desenvolvimento das ciências industriais, particularmente o ensino no Porto (Rodrigues e Mendes, 1999).

Estes acontecimentos levaram à criação de um número considerável de fábricas de cerâmica – que produziam tijolo cerâmico independentemente de fabricarem outros produtos cerâmicos –, desde meados do século XIX até à década de 20 do século XX (vd. Quadro I.1, do Anexo I), tendo contribuído para este facto: o crescimento demográfico e urbano – e o conseqüente aumento da procura dos produtos cerâmicos –; o aperfeiçoamento da tecnologia – produção em série e/ou em cadeia, e instalação de máquinas a vapor –; e a melhoria da rede de transportes – com a construção de novas estradas e o lançamento do caminho-de-ferro. Contudo, a produção manual de tijolo cerâmico ainda se encontrava generalizada por todos os distritos do território português (vd. Quadro II.1 do Anexo II).

As fábricas de cerâmica do período do Liberalismo ao fim da 1.^a República, contradizendo a arquitectura vernacular, foram construídas em alvenaria de tijolo cerâmico face à vista (Figura 2.3), devido à sua resistência ao fogo e à dificuldade em utilizar-se alvenaria de pedra em grandes alturas com pequena espessura e sem existência de contraventamento eficaz. Nestas fábricas o tijolo cerâmico era produzido mecanicamente em larga escala com diversos formatos (Quadro III.1 do Anexo III) e seco artificialmente antes da cozedura, fazendo-se esta em fornos contínuos (vd. 3.2.2).



Figura 2.3 – Antiga Fábrica de Cerâmica Jerónimo Pereira Campos & Filhos, Aveiro

Neste período, a alvenaria de tijolo cerâmico face à vista teve também a sua aplicação na arquitectura civil, sendo exemplo de destaque a Praça de Touros do Campo Pequeno em Lisboa, inaugurada em 1892. Não obstante, a alvenaria de tijolo cerâmico usada em habitações era revestida, à excepção de alguns vãos de janelas e de portas que poderiam ser construídos em tijolo face à vista ou conjuntamente com pedra (Mesquita, 2007).

2.3.6 O Estado Novo

O Estado Novo teve o seu começo em 28 de Maio de 1926, com um movimento militar que conduziu à instauração de uma Ditadura em Portugal (Rodrigues e Mendes, 1999).

O início do Estado Novo proporcionou que construções tradicionais no geral, e em particular as de alvenaria de tijolo cerâmico com funções estruturais, tivessem o seu declínio com o advento do betão armado, passando o tijolo cerâmico a ocupar a função secundária de material de enchimento, surgindo numa primeira fase os edifícios mistos de alvenaria e betão ou de alvenaria e metal.

Apesar do contínuo desuso da alvenaria de tijolo cerâmico, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), em 1952, fez um Reportório dos Tipos Nacionais de Tijolos para Paredes e Pavimentos, relativamente aos tipos de parede previstos pelo Regulamento Geral das Edificações Urbanas (Decreto-lei 38:382 de 7 de Agosto de 1951). Apenas nos anos 60 surgiram as primeiras normas nacionais para a avaliação das características de unidades de alvenaria de tijolo cerâmico, mas nunca foram desenvolvidos quaisquer documentos de dimensionamento para estruturas de alvenaria de tijolo cerâmico (Gouveia et al, 2007).

2.3.7 Da Revolução de 1974 até à Actualidade

O regime político do Estado Novo foi derrubado pela maior parte das Forças Armadas que deixaram de estar do lado do Governo, a 25 de Abril de 1974 (Caetano, 1985).

Desde 1974 até à actualidade tem existido uma estagnação do uso de estruturas de alvenaria resistente de tijolo cerâmico com a continuação de um domínio claro das construções de betão armado. Actualmente, ainda se verifica a utilização do tijolo cerâmico como elemento de enchimento em alvenarias, apesar do declínio do seu uso (Gouveia et al, 2007).

Um dos raros casos em que o tijolo cerâmico teve aplicação em alvenaria estrutural no período de 1974 até à actualidade foi a cobertura da Casa da Juventude de Beja (1977), em Beja, com a construção de 20 cúpulas formando abóbadas do tipo Barrete de Clérigo (Figura 2.4) (Ferreira, 2002).



Figura 2.4 – Casa da Juventude de Beja, Beja (Ferreira, 2002)

3 ANÁLISE TÉCNICA DO TIJOLO CERÂMICO

3.1 Considerações Iniciais

No presente capítulo pretende-se efectuar a análise técnica do tijolo cerâmico antigo. Para isso, apresentam-se os processos de fabrico do tijolo cerâmico, em cada época, e faz-se uma caracterização do tijolo cerâmico antigo.

O tijolo cerâmico é um material obtido pela cozedura, em fornos apropriados, de uma pasta moldada formada por argila, areia e água (Pinho, 2008), como já referido em 2.1.

3.2 Processos de Fabrico

A produção de tijolo cerâmico em Portugal teve uma evolução técnica através de vários processos, que provocaram sucessivas alterações nas características tipologias, físicas e mecânicas daquele elemento de construção.

Os processos de fabrico podem ser tipificados em três categorias: produção manual; produção semi-industrial; e produção industrial. De 3.2.1 a 3.2.3 são apresentadas cada uma destas categorias.

3.2.1 Produção Manual

Os Romanos, no século I a.C., introduziram em Portugal a técnica de produção de tijolo cerâmico. Para o fabrico de tijolos cerâmicos era usada uma pasta de terra argilosa amassada com água, que se colocava em moldes de madeira para de seguida ser retirado o excesso de barro com uma régua. Os tijolos eram secos na horizontal ao sol, em tempo primaveril ou outonal, para secarem com uniformidade, sendo posteriormente colocados no forno (Figura 3.1) onde eram cozidos.

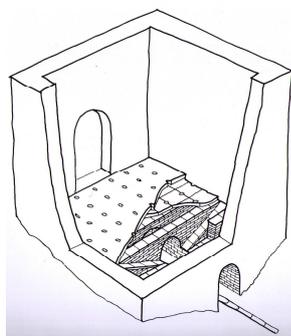


Figura 3.1 - Vista diagramática de um forno romano (Campbell e Pryce, 2005)

O forno era composto por uma área de aquecimento no nível inferior, constituída pela boca do forno que dava acesso à câmara de combustão, e pela câmara de cozedura no nível superior. O ar quente proveniente da câmara de combustão passava para a câmara de cozedura através de uma grelha de orifícios (Almeida et al, 1987). A câmara de cozedura tinha uma cobertura não permanente, que permitia cobrir os materiais em cru com ladrilhos quebrados ou cacos, para proteger da chuva e criar uma camada de isolamento termal (Campbell e Pryce, 2005).

Com a sucessiva ocupação visigótica e islâmica, entre o século V d.C e o século X d.C, o processo de fabrico de tijolo cerâmico era idêntico ao praticado pelos romanos.

Do Período Medieval até meados do século XIX a produção de tijolo cerâmico compreendia cinco fases: o preparo ou escolha da terra argilosa; a formação da pasta; a moldação; o enxugo; e a cozedura.

Na preparação da argila, esta era extraída à enxada e à picareta de barreiras⁶, durante os meses mais secos. A argila assim desagregada era escolhida separando as argilas “gordas” das argilas “magras”, com remoção de toda a parte calcária. Concluída a separação das argilas, estas eram depositadas ao ar livre, em lotes de camadas interpostas⁷. Feita esta lotação em camadas, deixava-se a argila assim preparada exposta à acção do tempo durante o Inverno, para que se efectuasse a desagregação dos materiais e a homogeneização dos mesmos. A esta operação de expor a argila à acção do tempo denominava-se *curtir* ou *apodrecer* o barro (Vasconcellos, 1907).

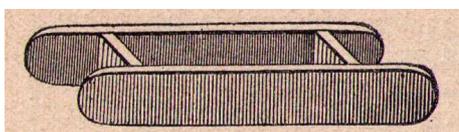
Para a formação da pasta, os lotes da argila eram bem misturados e amassados para se obter uma pasta bem homogénea. A amassadura era feita por meio de operários descalços que iam calcando a argila e de vez em quando removendo-a ou trançando-a à enxada, ao mesmo tempo que removiam as pedras à mão. Se a argila estivesse seca adicionava-se a porção de água necessária para adquirir a plasticidade pretendida. Podia também não ser necessário adicionar água à argila por esta já a ter em quantidade suficiente para adquirir a plasticidade desejada, contudo casos havia em que era necessário adicionar argila seca pelo facto de a humidade em que se encontravam os lotes ser demasiada (Vasconcellos, 1907).

A moldação do tijolo fazia-se em moldes de madeira, consistindo em caixas rectangulares sem fundo nem tampa (Figura 3.2 (a)). O operário moldador trabalhava sobre uma bancada de moldagem – grande inovação medieval –, e tinha por perto a pasta já preparada de que fazia

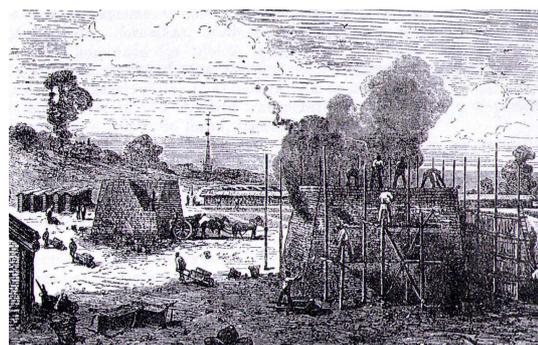
⁶ Lugares de onde se extraia o barro.

⁷ No fabrico de tijolo cerâmico não eram usadas apenas argilas muito plásticas ou “gordas” – os produtos fabricados sofriam durante o enxugo uma contracção exagerada –, nem somente argilas pouco plásticas ou “magras” – os tijolos tornavam-se porosos, friáveis e pouco resistentes –, mas uma composição das duas com maior percentagem de argilas “magras”.

uma bola que batia com as mãos. Depois de assentar o molde sobre a bancada previamente polvilhada de areia fina para a pasta não aderir, tendo sido polvilhado também o molde para o mesmo fim, o moldador atirava com a bola de barro para dentro do molde, comprimindo o barro com força para lhe tomar bem o feitio e ficar o tijolo bem compacto, passando de seguida uma rasoira de madeira ou ferro ao longo da parte superior do molde para remover o excesso da pasta e dar um bom acabamento à face do tijolo.



(a)



(b)

Figura 3.2 – Produção manual de tijolo cerâmico (Vasconcellos, 1907): (a) molde de madeira; (b) cozedura ao ar livre em medas

Para se proceder ao enxugo dos tijolos, estes eram retirados do molde por meio de uma pancada seca sem os deformar. De seguida, os tijolos eram alinhados e separados por pequenas tábuas sobre uma padiola que depois de cheia era transportada para um terreno ao ar livre e que fosse bem plano, nivelado e coberto por uma ligeira camada de areia, sendo este terreno denominado *enxugadouro* ou *eira*. Os tijolos opôs o seu transporte eram dispostos face a face no *enxugadouro* em grandes fiadas, separados por intervalos por onde o ar pudesse circular livremente. A secagem dos tijolos era uma operação em geral demorada, que decorria no verão durante cerca de duas a quatro semanas, permitindo que a humidade existente no seio dos tijolos pudesse sair completamente, evitando assim uma futura deterioração completa dos mesmos (Campbell e Pryce, 2005).

Para a cozedura dos tijolos eram formadas, num largo terreiro ao ar livre, grandes medas⁸ de tijolos (Figura 3.2 (b)), em forma de pirâmides truncadas, que se cobriam com palha e barro amassado para que o calor, não encontrando muito espaço para onde pudesse irradiar, se concentrasse quase todo nos tijolos a cozer. Essa cobertura de barro e palha era perfurada de espaço a espaço para que se activasse a combustão. Ao fim de três dias os tijolos estavam completamente cozidos e deviam apresentar uma cor encarniçada uniforme. Caso os tijolos expressassem uma variação de tons na sua cor, indicando uma cozedura imperfeita, bem como

⁸Conjunto de fiadas sobrepostas de tijolo, com intervalos ou canais entre as mesmas por onde se introduzia o combustível.

apresentassem fendas, que tinham adquirido no processo de cozedura por estarem mal secos, devia proceder-se a uma escolha para separar os tijolos de boa e má qualidade (Vasconcellos, 1907).

3.2.2 Produção Semi-industrial

As primeiras fábricas de tijolo cerâmico surgiram em meados do século XIX com produção semi-industrial. O fabrico de tijolo cerâmico compreendia as seguintes fases: a extracção da argila; a preparação da pasta; a moldação; o enxugo; e a cozedura (Vasconcellos, 1907).

A fase de extracção da argila compreende os mesmos procedimentos da fase de preparação da argila da produção manual (vd. 3.2.1).

Na preparação da pasta, a argila curtida, obtida pelo processo de apodrecimento descrito em 3.2.1, era misturada e laminada através de laminadores – máquinas que faziam passar a argila por dois cilindros metálicos em rotação, formando pequenas lâminas de pasta (Figura 3.3 (a)). Este procedimento permitia esmagar os torrões existentes e reduzir a granulometria da argila. A pasta laminada saía pela parte inferior do laminador caindo sobre uma tela sem fim que a conduzia ao amassador mecânico (Figura 3.3 (b)). No amassador era introduzida a água juntamente com a pasta laminada, formando-se uma pasta homogénea e dúctil que saía continuamente pelo postigo de descarga sobre outra tela sem fim que a conduzia à máquina de moldar.

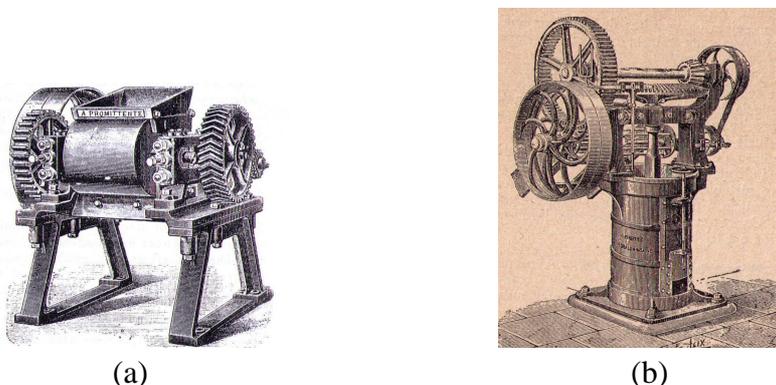
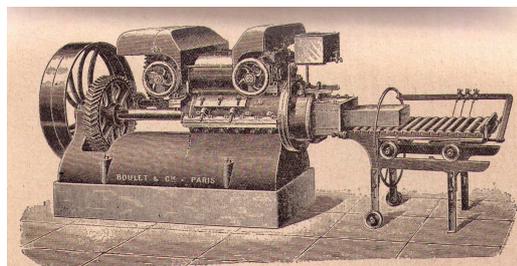


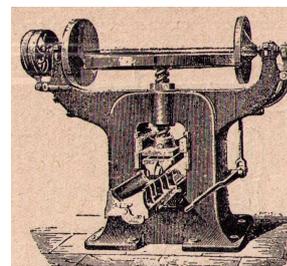
Figura 3.3 – Exemplos de máquinas de preparação da pasta (Vasconcellos, 1907):
(a) laminador; (b) amassador mecânico

A moldação mecânica fazia-se em máquinas de feira (Figura 3.4 (a)), em que a pasta de argila era forçada a passar através de um molde com a forma negativa do tijolo, saindo com o formato pretendido, consoante o tipo de molde, para cima de uma mesa, montada em quatro pés munidos de rodízios para mais facilmente se aproximar ou afastar, designada por *cortadeira*, servindo para cortar os tijolos nas dimensões desejadas. Quando se pretendia dar um acabamento especial aos tijolos cerâmicos usavam-se *moldadores de pressão*, que eram de *choque* ou de *parafuso*. As máquinas que actuavam por *choque* eram usadas especialmente

para rebater os tijolos cerâmicos, isto é, para lhes dar forma mais regular, de arestas mais vivas e faces mais planas. Os moldadores de *parafuso* (Figura 3.4 (b)) eram utilizados no fabrico de tijolos cerâmicos prensados, isto é, dos tijolos que foram moldados à feira para obter as lastras e que eram depois sujeitos a grande pressão nas pressas de parafuso.



(a)



(b)

Figura 3.4 - Exemplos de máquinas de moldar tijolo (Segurado, s/d-b): a) máquina de feira; b) moldador de parafuso

O enxugo dos tijolos fazia-se em telheiros apropriados, geralmente de madeira, abertos de todos os lados para que o ar circulasse livremente e auxiliasse a evaporação da água da pasta moldada. Estes telheiros localizavam-se junto aos fornos para lhes aproveitar o calor irradiante e assim acelerar a secagem dos tijolos (Segurado, s/d-b).

Para a cozedura de tijolos cerâmicos, o forno mais adoptado foi o do tipo Hoffmann (Figura 3.5), que podia ser circular ou rectangular.

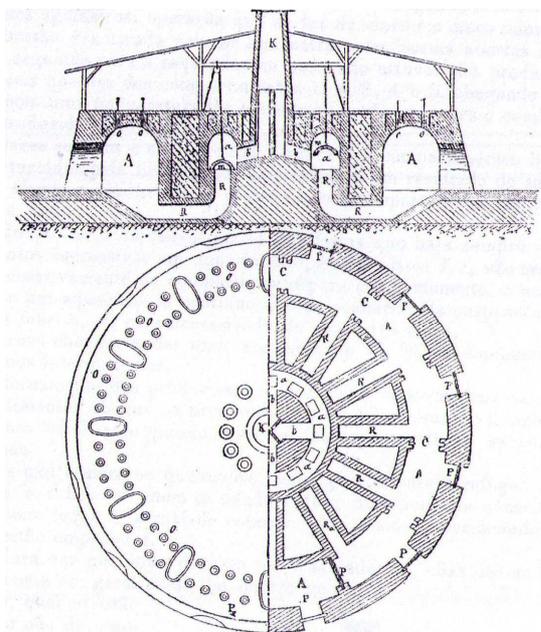


Figura 3.5 – Forno circular Hoffmann (Vasconcellos, 1907)

Como descreve José Segurado [s/d-b], de acordo com a Figura 3.5, “Há a considerar três partes distintas no forno *Hoffmann*: o laboratório, a câmara de fumo e a chaminé.

O laboratório é formado por uma galeria anelar *A*, cuja secção é, em geral, de 3^m de largo por 2^m de alto. Penetra-se nesta galeria por doze portas *P* praticadas no muro exterior. No interior da galeria *A*, e entre duas portas sucessivas, há uma corrediça *C* em que se pode introduzir um registo entrando numa fenda da abóbada do forno. Sendo o número das corrediças igual ao das portas, pode considerar-se o forno dividido em doze compartimentos. Em cada um destes e perto da corrediça, há um canal *R*, terminado numa segunda galeria anelar *a*, ou *câmara de fumo*, e concêntrica com *A*. Usa-se hoje papel em vez de corrediças de ferro para dividir o forno em compartimentos.

A câmara de fumo *a* comunica por quatro outros canais *b*, com a chaminé *K*, que se acha no centro do forno.

Afim de poder interromper a comunicação entre a câmara de fumo e cada um dos compartimentos estão dispostas nesta câmara doze campânulas *m*, que são manobradas exteriormente e podem interceptar um qualquer dos canais *R*.

O espaço compreendido entre as duas galerias é preenchido com areia para concentrar o calor. Funciona o forno do modo seguinte: Suponhamos o registo *p* colocado em qualquer dos compartimentos; de um lado, o esquerdo por exemplo, deste registo, a campânula *m*, que cobre o conduto do forno mais próximo, está levantada, estando todas as outras baixadas; as duas portas exteriores *P*₂ do lado esquerdo da corrediça estão abertas, todas as mais fechadas. No primeiro compartimento à direita do registo estão os tijolos que vão sofrer a última fase da cozedura; é aí que se vai acender o fogo. No primeiro compartimento à esquerda estão os tijolos crus; é por aí que se faz a entrada do ar frio.

Activa-se o fogo no compartimento junto da corrediça, estando neste mesmo compartimento os tijolos que se querem acabar de cozer, estando os outros dispostos nos restantes compartimentos.

O ar frio entra pelas portas abertas *P*₂ *P*₂ e vai arrefecendo os tijolos dispostos nestes compartimentos, já cozidos, indo aquecendo-se sucessivamente até encontrar os tijolos crus e vindo por fim já quente ao primeiro compartimento, onde vai alimentar a combustão, saindo pelo canal *R*, para a câmara de fumo e daí para a chaminé.

Deste mecanismo de circulação do ar e dos gases, vê-se que os tijolos cozidos vão arrefecendo insensivelmente e os crus se vão aquecendo sucessiva e gradualmente até atingirem a temperatura da cozedura.

Quando os tijolos submetidos à acção directa do fogo estão completamente cozidos, faz-se avançar o fogo para o compartimento seguinte; tira-se o registo do ponto em que se achava, para o colocar na ranhura imediata e a operação continua como anteriormente.

A porta aberta à esquerda do registo serve para desenfornar e a do lado para enfornar, servindo ambas para a entrada do ar, como se disse.

As aberturas *C* que servem para a introdução dos registos são fechadas com tampas que se lutam com barro.

O combustível carrega-se por agulheiros *o* praticados na abóbada do forno, muito próximo uns dos outros, e que se podem fechar com tampas de ferro, para se poder examinar o fogo. O carvão pode ser meúdo e de qualidade inferior, deitando-se com colheres de dois a três quilos de capacidade e com intervalos pequenos.”

O forno do tipo Hoffmann rectangular tinha como princípio de funcionamento o mesmo do circular, diferindo apenas na forma, e foi o mais utilizado na produção semi-industrial.

3.2.3 Produção Industrial

Em Portugal, a produção de tijolo cerâmico passou a ser essencialmente industrial desde a década de 80 do século XX e compreende sete fases distintas: a extracção da argila; a pré-preparação da pasta; a preparação da pasta; a conformação; a secagem; a cozedura; e a paletização.

A fase de extracção da argila inclui os mesmos procedimentos da fase de preparação da argila da produção manual (vd.3.2.1), sendo no entanto a argila extraída através de meios mecânicos.

Na pré-preparação da pasta, os lotes são cortados verticalmente, apanhando as diferentes camadas, e a argila é preparada em laminadores. Após esta pré-preparação, a pasta é armazenada no interior, abrigada das condições atmosféricas.

A preparação da pasta consiste, geralmente, numa segunda laminagem da mesma, seguida da amassadura com água, de modo a garantir condições homogéneas de humidade e plasticidade.

A conformação da pasta é feita através de fieiras, como descrito em 3.2.2, porém o tijolo é cortado automaticamente de acordo com a dimensão pretendida e é colocado em estantes.

Para a secagem do tijolo são usadas câmaras que aproveitam o calor produzido pelo forno. O tijolo é seco nestas câmaras a temperaturas que oscilam entre os 30 e os 70°C. O tempo de secagem é variável e poderá oscilar em torno das 16 horas (Silva e Sousa, 2000).

A cozedura do tijolo é feita em fornos do tipo túnel com um ciclo de cozedura que poderá ter uma duração aproximada de 24 horas. Nestes fornos os produtos a cozer atravessam três zonas: a do aquecimento preliminar, a de fogo e a de arrefecimento. Os tijolos crus ao entrarem no forno em vagonetas especiais recebem inicialmente os gases quentes provenientes da combustão. Seguidamente os tijolos atravessam a zona de fogo onde são cozidos a temperaturas que oscilam normalmente entre os 800 e os 1000 °C. Por último os tijolos dirigem-se para a zona de arrefecimento, onde perdem temperatura e cedem calor ao ar destinado à combustão (Silva e Sousa, 2000).

Na fase de paletização os tijolos cerâmicos, após a sua cozedura, são colocados em paletes de madeira e protegidos por um filme plástico para maior facilidade de transporte.

3.3 Caracterização do Tijolo Cerâmico Antigo

No presente sub-capítulo menciona-se a caracterização tipológica do tijolo cerâmico antigo e a caracterização física, mecânica e química do tijolo cerâmico maciço⁹ antigo de produção manual do século XII ao XIX, e, por fim, faz-se referência aos dados de natureza químico-minerológica e tecnológica que possibilitam a obtenção de uma argila compatível com a dos tijolos que se pretendem fabricar.

3.3.1 Tipologia

Tendo por base estudos de diversos autores, poderá afirmar-se que os tijolos cerâmicos antigos sofreram um desenvolvimento progressivo na sua tipologia e forma desde a romanização até à actualidade.

Da romanização até meados do século XIX as dimensões do tijolo cerâmico antigo foram evoluindo para formas mais rectangulares (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 – Evolução típica das dimensões dos tijolos cerâmicos antigos

Época	Dimensões [cm]	Tipos de tijolo	Observações
Séc. I a.C. até ao séc. V	20x20x(4-6)	<i>bessales</i>	Forma geralmente quadrada e diversificada. Os tijolos quando modelados para servirem de aduelas de arco recebiam o nome de <i>cunei</i> .
	30x30x(4-6)	<i>pedales</i>	
	44x44x(4-6)	<i>sesquipedales</i>	
	59x59x(4-6)	<i>bipedales</i>	
	rectangulares, de variadas dimensões	<i>lídios</i>	
Séc. V até ao séc. XVIII	(25-35)x(10-20)x(3,5-4)	maciço	Diminuição das dimensões para formas mais rectangulares e de menor espessura.
Séc. XVIII até meados do século XIX	(20-22)x(10-11)x(2-7)	maciço	Continuação da diminuição das dimensões para formas mais rectangulares de fácil manuseamento.

Nota: Quadro elaborado segundo Alarcão (2004) e Fernandes et al (2003).

No início do século XX José Segurado (s/d-b.) mencionava que se encontravam no mercado diversos tipos de tijolo cerâmico, citando os mais vulgares (Quadro III.1 do Anexo III).

3.3.2 Propriedades Físicas e Mecânicas

Para a caracterização física e mecânica dos tijolos cerâmicos maciços antigos de produção manual foi efectuada em Portugal uma investigação por Francisco Fernandes e Paulo Lourenço, através de amostras recolhidas em monumentos de diferentes pontos do país, do século XII a XIX, tendo aquela sido confrontada com diversos estudos realizados por outros autores (Quadro 3.2).

⁹ Tijolo cujo volume de argila cozida não é inferior a 85% do seu volume aparente total (Simões, 1966). O tijolo maciço também é designado por tijolo burro.

Quadro 3.2 – Características físicas e mecânicas gerais de tijolos cerâmicos maciços antigos de produção manual

Características físicas e mecânicas	Valores de referência	Observações
Densidade	Variável entre 1200 e 1900 kg/m ³ .	<ul style="list-style-type: none"> A densidade apresenta valores baixos, verificando-se, alguma convergência dos mesmos com o tempo para valores entre 1600 e 1800 kg/m³.
Absorção de água	Variável entre 10 e 30 %.	<ul style="list-style-type: none"> Valores que dependem da homogeneidade do tijolo.
Porosidade	Variável entre 15 e 40%.	<ul style="list-style-type: none"> A dimensão e a distribuição dos poros são influenciados pela qualidade da argila, pela quantidade de água e pela temperatura de cozedura.
Sucção	Variável entre 0,11 e 0,28g/(cm ² .min).	<ul style="list-style-type: none"> A variabilidade dos resultados é elevada e explica-se, em parte, pela irregularidade dos tijolos utilizados.
Resistência à compressão	Variável entre 1,5 e 32 MPa.	<ul style="list-style-type: none"> Valores que dependem da localização do tijolo em termos espaciais (interior/exterior) e estruturais (pilar, abóbadas, arcos, ...); Valores que dependem da matéria-prima e do grau de cozedura do tijolo.
Tracção	Variável entre 0,1 a 1,3 Mpa.	<ul style="list-style-type: none"> Valores não superiores a 10% da resistência à compressão.

Nota: Quadro efectuado de acordo com Fernandes et al (2003) e Fernandes e Lourenço (2007).

3.3.3 Propriedades Químicas

A composição química da massa constituinte de tijolos cerâmicos maciços antigos de produção manual de alguns monumentos nacionais de diferentes regiões do país foi estudada por Francisco Fernandes e Paulo Lourenço (2007). De acordo com estes autores, pode concluir-se que a composição química da massa destes tijolos tem uma base relativamente constante, que é composta por 55 a 60% de sílica (SiO₂) e 25 a 30% de alumina (Al₂O₃), pelo que se parece poder afirmar que a matéria-prima utilizada é bastante semelhante.

3.4 Argilas Compatíveis

As proporções dos elementos que compõem a argila variam de barreira para barreira e, frequentemente, de um ponto para outro da mesma barreira, sendo por este facto necessário proceder-se à recolha de dados de natureza químico-minerológica e tecnológica de várias amostras de argila, com o intuito de se obter aquela que seja compatível com a caracterização dos tijolos que se pretendem fabricar (Grade e Moura, 1985).

Os dados de natureza químico-minerológica das argilas permitem: a previsão do comportamento da argila aos tratamentos térmicos (cor, refractariedade, porosidade, grau de vitrificação, aptidão à termo-expansão, etc.); a previsão e/ou justificação da ocorrência de defeitos vários (rachas, empenamentos, etc.); e a determinação da natureza dos “fundentes”.

Os dados de natureza tecnológica das argilas possibilitam o conhecimento da textura, da trabalhabilidade, da resistência mecânica e da reologia. Este conhecimento tem por objectivo elaborar pastas cerâmicas nas condições requeridas pelos diferentes tipos de fabrico, evitar defeitos estruturais no produto final e estabelecer os ciclos de cozedura mais apropriados.

4 PAREDES DE TIJOLO CERÂMICO ANTIGO

4.1 Considerações Iniciais

As paredes de tijolo de edifícios antigos estavam sujeitas a características construtivas e regras gerais para a sua construção, conferindo-lhes estabilidade e durabilidade.

As paredes eram classificadas, vulgarmente, apenas em função do material constituinte dos “elementos” utilizados para a sua construção. Esta prática revelava-se insuficiente para classificar as paredes de tijolo, sendo necessário também designar estas paredes em função da sua espessura, que por sua vez era definida em função do número e disposição dos tijolos.

As paredes de tijolo integravam frequentemente elementos construtivos, como cunhais, ligações de paredes, pilares, vãos (janelas, portas, arcadas, etc.), etc., e acessórios, como ferrolhos. Estas paredes podiam apresentar decoração nos casos de paramentos com face à vista, utilizando para isso diferentes tipos de refechamento das juntas, diferentes tonalidades de tijolo e diversos tipos de tijolo.

A abordagem à classificação das paredes de tijolo em função da sua espessura e às características e regras gerais inerentes à sua construção que se efectua no presente capítulo teve por base as obras “Alvenaria, Cantaria e Betão” de José Segurado [s/d] e “Paredes de Edifícios Antigos em Portugal” de Fernando Pinho [2008], por se tratarem de obras de referência, que mencionam de uma forma muito completa a classificação e as características e regras gerais inerentes à construção das paredes antigas de tijolo cerâmico.

4.2 Características Construtivas e Regras Gerais de Paredes de Tijolo

A construção das paredes dos edifícios antigos era vulgarmente realizada com tijolos cerâmicos maciços ou furados¹⁰, cujas dimensões são as indicadas em 3.3.1. A argamassa de assentamento devia ter alguma consistência e ocupar todos os espaços entre os tijolos. Para isso, colocava-se uma chapada de argamassa sobre a qual se punha o tijolo, carregando-o e esfregando-o levemente até a argamassa “jorrar” pelas juntas.

No assentamento do tijolo devia ter-se em conta dois casos: ou o tijolo ficava à vista ou não. No primeiro caso a escolha do tijolo devia ser cuidadosa, rejeitando-se os fendidos, partidos, mal cozidos, queimados e os que tinham dimensões anormais. Estes tijolos defeituosos reservavam-se para a parte da parede que não ficava à vista. Caso a parede fosse para rebocar

¹⁰ Tijolos com furos paralelos às suas maiores arestas e tais que a sua área está compreendida entre 30% e 75% da área da face correspondente (Simões, 1966).

todos os tijolos serviam, não havendo grande preocupação com as irregularidades das juntas que contribuíam para melhorar a aderência do reboco (Segurado, s/d-a).

Para garantir a horizontalidade das juntas e a verticalidade dos paramentos com o tijolo face à vista, utilizavam-se, para além do cordel e do fio-de-prumo, duas fasquias que tinham a finalidade de mestras, onde se marcavam as fiadas do tijolo. Para fazer esta marcação, media-se, por exemplo, a altura da parede entre os alicerces e o elegimento dos peitoris das janelas, dividindo-se esta altura pela soma da espessura do tijolo com a espessura da junta. O resultado desta divisão devia ser um número inteiro, procedendo-se para o efeito ao aumento ou diminuição da espessura das juntas, de forma a obterem-se fiadas igualmente espaçadas.

Ao construir uma parede de tijolo nunca se devia deixar parte da mesma com altura superior a um metro relativamente à construção anteriormente realizada, para evitar problemas de instabilidade e queda, que podiam ser agravados pela acção do vento ou por choques acidentais. No caso de a construção ser interrompida por qualquer motivo, as fiadas deviam ficar em forma de degraus, para que o novo assentamento dos tijolos pudesse travar bem o antigo e vice-versa (Segurado, s/d-a).

A construção de paredes exteriores e interiores era efectuada em simultâneo, para evitar efeitos devidos aos assentamentos diferenciais, e começava pelos cunhais, pelas intersecções de paredes, pelas ombreiras de portas, e pelos pés direitos¹¹ de arcos quando os havia. Todavia, a construção destas paredes estava sujeita às seguintes regras (Pinho, 2008):

- Nenhuma fiada devia ser assente sem que a inferior tivesse sido humedecida, para evitar que os tijolos absorvessem a água da amassadura, reduzindo, por isso, a consistência e a capacidade resistente da argamassa;
- Antes de serem assentes, os tijolos deviam ser embebidos em água durante alguns segundos, pelos motivos referidos no ponto anterior;
- A argamassa era “estendida” (aplicada) numa camada mais espessa do que o necessário, para que, pela compressão dos tijolos, refluísse por todos os lados, retirando-se em seguida o material em excesso. A espessura média das juntas, que deviam ser muito bem vedadas, era geralmente de um centímetro, não sendo permitida a continuidade entre duas juntas verticais de fiadas consecutivas;
- Quando a espessura das paredes permitia, os tijolos deviam ser assentes alternadamente nas fiadas, isto é, assentes uns segundo o comprimento e outros segundo a largura, tendo em vista melhorar o travamento geral da parede;
- A sobreposição de dois tijolos não devia ser inferior a meia largura ou a meio comprimento de um deles;
- Sempre que possível, utilizavam-se tijolos inteiros.

¹¹ Os pés direitos de um arco correspondem às ombreiras de portas, ou de janelas onde se apoia o mesmo.

4.3 Tipos de Paredes de Tijolo em Função da Espessura

As paredes de tijolo são designadas em função da sua espessura, sendo esta por sua vez definida em função do número e disposição dos tijolos, como se explica nos sub-sub-capítulos imediatamente a seguir.

4.3.1 Parede de Tijolo ao Alto

As paredes com menor espessura obtinham-se pela colocação dos tijolos ao *cutelo* ou ao alto, isto é, assentes segundo a sua espessura (Figura 4.1). Para que as juntas verticais ficassem desencontradas, as fiadas pares, ou as ímpares, eram iniciadas com um tijolo cortado ao meio. Este tipo de parede era empregue para constituir tabiques¹² ou paredes interiores de pequena espessura, reforçados pontualmente com prumos de madeira ou ferro, com um afastamento máximo entre si de cerca de dois metros (Segurado, s/d-a).

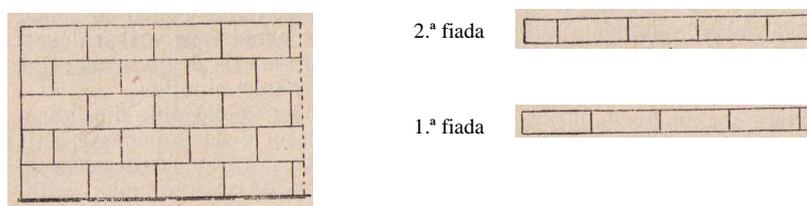


Figura 4.1 – Parede de tijolo ao alto (Segurado, s/d-a)

4.3.2 Parede de Meia Vez Tijolo

A parede de meia vez tijolo era formada por tijolos assentes ao baixo, de modo que a espessura da parede correspondesse à largura do tijolo (Figura 4.2). Para que as suas juntas verticais pudessem ser alternadas, deviam iniciar-se as fiadas pares, ou as ímpares, por um tijolo cortado ao meio. Este tipo de parede era utilizado para formar tabiques ou divisórias interiores, não necessitando ser reforçados com prumos de madeira (Segurado, s/d-a).

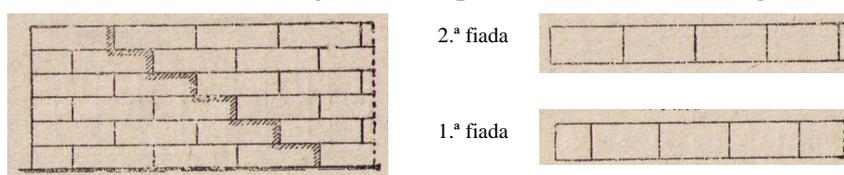


Figura 4.2 – Parede de meia vez tijolo (Segurado, s/d-a)

4.3.3 Parede de Uma Vez Tijolo

A espessura da parede de uma vez é igual ao comprimento do tijolo. A disposição mais simples era aquela em que os tijolos eram colocados como “perpianhos”¹³ (Figura 4.3), cujas fiadas ímpares, ou as pares, eram iniciadas com dois tijolos a meia vez cortados e colocados a par, com apenas 3/4 do comprimento. Este sistema era muito aplicado na construção dos gavetos das paredes com pequeno raio de curvatura (Segurado, s/d-a).

¹² Paredes delgadas feitas de tábuas, tijolos, etc, que servem para dividir compartimentos.

¹³ Tijolo de dois paramentos atravessando uma parede, ou muro, de lado a lado, para assegurar a coesão da alvenaria.

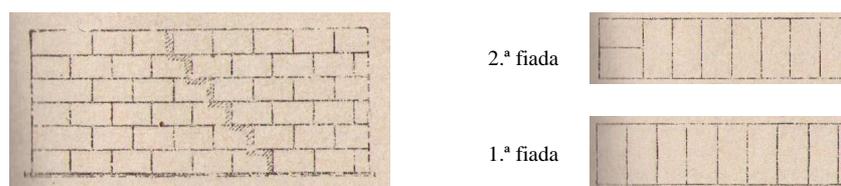


Figura 4.3 – Parede de uma vez tijolo: “perpianhos” (Segurado, s/d-a)

Em alternativa podia usar-se o *aparelho inglês* (Figura 4.4), que consistia em dispor alternadamente uma fiada de tijolos a uma vez, que funcionavam como *travadouros* ou “perpianhos”, e a outra a meia vez, com dois tijolos colocados a par. Para se obter o desencontro das juntas verticais assentavam-se, após o primeiro *travadouro*, dois tijolos cortados e colocados a par com apenas 1/4 do comprimento.

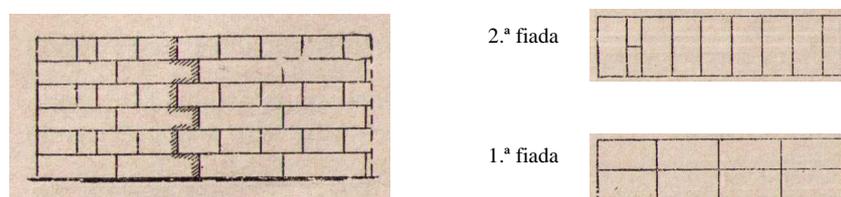


Figura 4.4 – Parede de uma vez tijolo: *aparelho inglês* (Segurado, s/d-a)

No Alentejo, designava-se por *trincado* (Figura 4.5) uma variante do *aparelho inglês*. Para a sua construção, assentava-se sobre cada fiada de *travadouros* uma outra de dois tijolos a meia vez colocados a par, mas com as juntas também desencontradas de meia vez. Para se obter o desencontro das juntas verticais, as fiadas ímpares, ou as pares, eram iniciadas com dois tijolos cortados e colocados a par com apenas 3/4 do comprimento. Este sistema era muito aplicado na construção dos *gavetos*. Neste aparelho, utilizava-se o tijolo cerâmico maciço rebatido com dimensões de 0,30 m × 0,15 m × 0,03 m (Segurado, s/d-a).

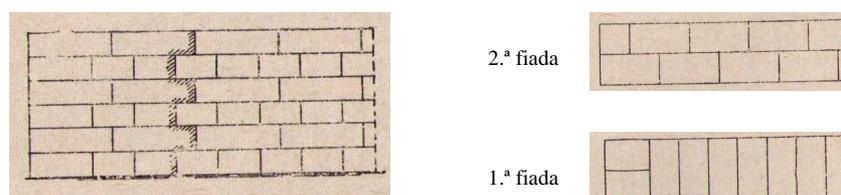


Figura 4.5 – Parede de uma vez tijolo: *aparelho trincado* (Segurado, s/d-a)

Uma outra variante, denominada *aparelho flamengo* (Figura 4.6), consistia na colocação, em cada fiada, de um *travadouro* seguido de dois tijolos a meia vez colocados a par, e assim sucessivamente ao longo da parede. Na fiada seguinte, os *travadouros* correspondiam ao centro dos tijolos colocados a par. Para começar uma fiada segundo este aparelho, a fim de se obter o sobreposto, assentavam-se dois tijolos cortados e colocados a par com apenas 1/4 do comprimento.

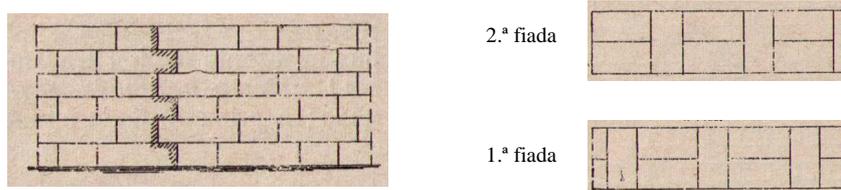


Figura 4.6 – Parede de uma vez tijolo: *aparelho flamengo* (Segurado, s/d-a)

No *aparelho holandês* (Figura 4.7), de uso muito restrito, as fiadas ímpares eram constituídas apenas por *travadouros* e as fiadas pares eram compostas por um *travadoiro* seguido de dois tijolos a meia vez colocados a par. Para que as juntas verticais ficassem desencontradas, as fiadas pares eram iniciadas com dois tijolos cortados e colocados a par com apenas 3/4 do comprimento.

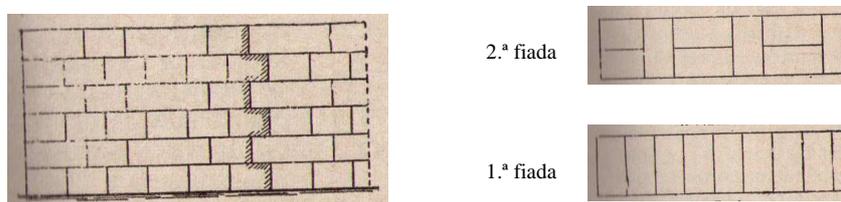


Figura 4.7 – Parede de uma vez tijolo: *aparelho holandês* (Segurado, s/d-a)

Por último, o *aparelho em losango* (Figura 4.8) apresentava melhor desencontro nas juntas verticais do que qualquer um dos anteriores. Este aparelho caracterizava-se pelo facto de o comprimento de cada “degrau”, formado pela sequência das juntas verticais, ser de 1/4 do comprimento de um tijolo. As juntas verticais dos *travadouros* que formam as fiadas ímpares correspondem-se umas às outras, enquanto que as dos tijolos a meia vez colocados a par avançam meio tijolo da segunda para a quarta fiada, e assim por diante.

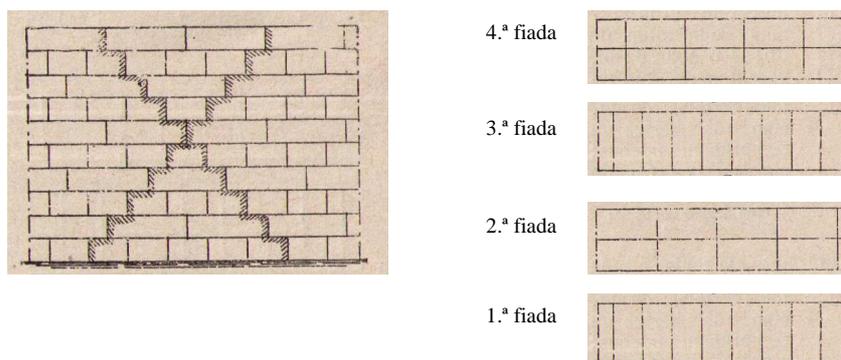


Figura 4.8 – Parede de uma vez tijolo: *aparelho em losango* (Segurado, s/d-a)

4.3.4 Parede de Uma Vez e Meia Tijolo

Numa parede de uma vez e meia, isto é de 0,35 m de espessura, os tijolos podiam ser aplicados de diversos modos.

Na figura 4.9 apresenta-se, em planta, um desses modos, cuja disposição correspondia à colocação, em cada fiada, de uma fila de tijolos a meia vez, completando-se a espessura da parede com outra fila de tijolos a uma vez. Na fiada seguinte, as filas eram alternadas. Esta disposição apresentava o inconveniente de permitir uma correspondência entre as juntas verticais dos *travadouros* que enfraquecia a parede, ficando esta com uma resistência mecânica “idêntica” a três paredes de meia vez justapostas (Segurado, s/d).



Figura 4.9 – Parede de uma vez e meia tijolo com *aparelho defeituoso* (Segurado, s/d-a)

Para obviar este problema havia, portanto, que desencontrar as juntas em relação às fiadas inferior e superior. Assim, apresenta-se, em planta, na Figura 4.10 o *aparelho inglês* adaptado a uma parede de uma vez e meia. Nesta solução, em cada fiada, dispunha-se uma fila a meia vez formando o paramento, correspondendo a cada um destes tijolos dois outros colocados como *travadouros*. Na fiada seguinte, alternava-se esta disposição, tendo, todavia, o cuidado de deslocar esta fiada em 1/4 de tijolo, permitindo assim o desencontro das juntas verticais. Para começar a parede dispunham-se três tijolos colocados a par a meia vez e na fiada seguinte dois *travadouros* postos a topo com 3/4 de comprimento a que se seguiam três tijolos cortados e colocados a par com apenas 1/4 do comprimento.

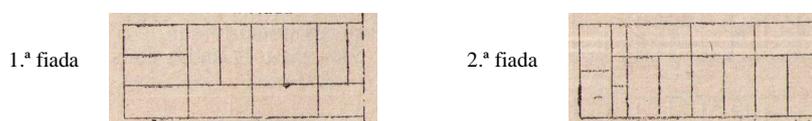


Figura 4.10 – Parede de uma vez e meia tijolo: *aparelho inglês* (Segurado, s/d-a)

Na figura 4.11 representa-se uma variante deste *aparelho inglês*, que consistia em colocar, em cada fiada, dois tijolos a par a uma vez, completando-se a espessura da parede com outro disposto a meia vez, seguindo-se um grupo de três tijolos dispostos de forma idêntica aos anteriores, mas com o tijolo a meia vez no paramento contrário. A fiada seguinte tinha disposição invertida relativamente à fiada anterior e deslocava-se de 1/4 de tijolo para que as juntas verticais ficassem desencontradas.

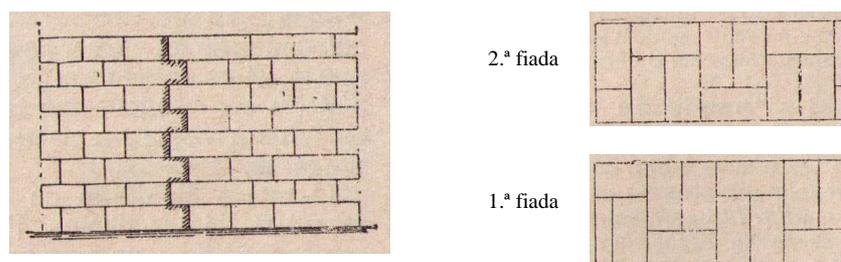


Figura 4.11 – Parede de uma vez e meia tijolo: variante do *aparelho inglês* (Segurado, s/d-a)

O *aparelho flamengo* (Figura 4.12) era também uma solução aplicada a este tipo de parede. Para a sua construção, colocava-se, em cada fiada, um tijolo a meia vez seguido de outro a uma vez, completando-se a espessura da parede respectivamente com um tijolo a uma vez e com um tijolo a meia vez, sendo o centro por eles formado preenchida com meio tijolo, repetindo-se esta disposição ao longo da parede. A fiada seguinte tinha disposição invertida e era deslocada de 1/4 de tijolo para desencontrar as juntas verticais.

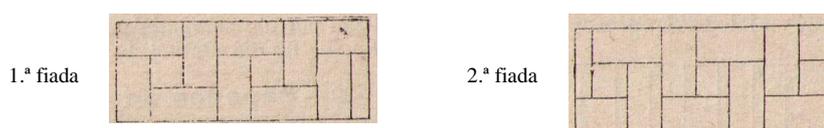


Figura 4.12 – Parede de uma vez e meia tijolo: *aparelho flamengo* (Segurado, s/d-a)

4.3.5 Parede de Duas Vezes Tijolo

Neste tipo de parede também se aplicava o *aparelho inglês*, como se apresenta em planta na Figura 4.13 (a), sendo o alçado idêntico ao da Figura 4.4. Neste aparelho, dispunham-se na primeira fiada os tijolos a uma vez, “topejando” dois a dois. Na fiada seguinte os paramentos eram constituídos por tijolos a meia vez, completando-se a espessura da parede por tijolos a uma vez. Para se obter o melhor desencontro dos tijolos nas diversas fiadas, iniciava-se a primeira fiada, em ambos os paramentos, com um tijolo cortado a 3/4 de comprimento, a que se seguia outro de igual comprimento mas apenas com 1/2 de largura, sendo os dois colocados a uma vez, completando-se a espessura da parede com um tijolo a meia vez com 3/4 de comprimento. A fiada seguinte começava com quatro tijolos a meia vez colocados a par, constituindo a espessura da parede.

Na Figura 4.13 (b) representa-se uma variante do *aparelho inglês*, em que na primeira fiada os tijolos eram postos a topo, dois a dois, a uma vez e na fiada seguinte os paramentos eram constituídos por tijolos a meia vez e desencontrados também de meia vez, em relação um ao outro, completando-se a espessura da parede por tijolos a uma vez, o que evitava juntas transversais contínuas. Para se conseguir um bom desencontro, iniciava-se a segunda fiada, em um dos paramentos, com um tijolo a meia vez com apenas 1/4 do comprimento, colocando-se entre os paramentos um tijolo a uma vez com 1/2 da largura.

O *aparelho flamengo* (Figura 4.13 (c)) era também utilizado nas paredes de duas vezes tijolo, possuindo em cada fiada dois tijolos a uma vez topo a topo, alternando com um grupo de outros quatro formado por dois a meia vez que constituíam os paramentos e dois *travadouros* que os ligavam. A fiada seguinte deslocava-se de 3/4 de tijolo para que as juntas verticais ficassem desencontradas.

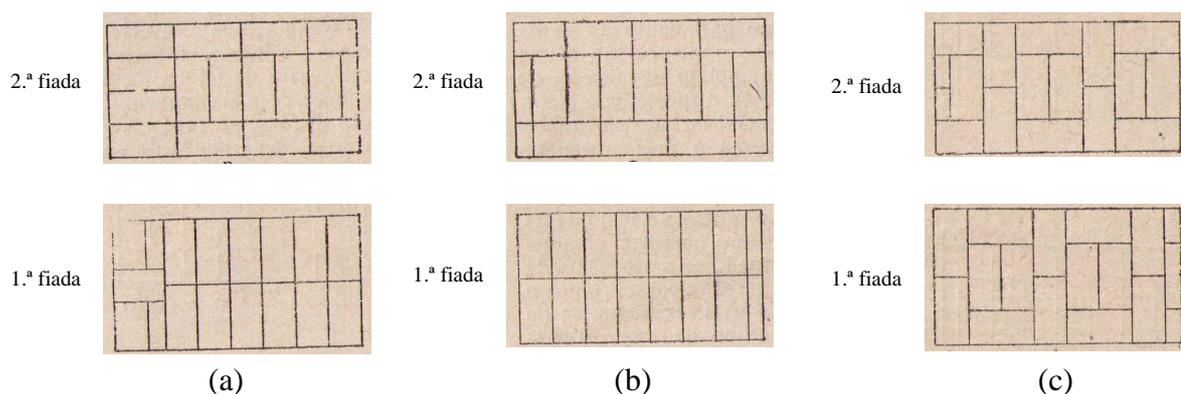


Figura 4.13 – Parede de duas vezes tijolo (Segurado, s/d-a): (a) *aparelho inglês*; (b) *variante do aparelho inglês*; (c) *aparelho flamengo*

4.3.6 Parede de Espessura Superior a Duas Vezes Tijolo

Nas paredes deste tipo, ou a espessura da parede era múltipla da largura do tijolo, ou seja, na espessura da parede o número de meios tijolos era ímpar, como era o caso das paredes de $2^{1/2}$, $3^{1/2}$, $4^{1/2}$, etc., vezes tijolo, ou era múltipla do comprimento do tijolo, como acontecia nas espessuras de 3, 4, 5, etc., vezes tijolo.

No primeiro caso exemplifica-se através da Figura 4.14 a situação de uma parede de $3^{1/2}$ vezes tijolo de *aparelho inglês*, em que a regra utilizada era a seguinte: na primeira fiada colocava-se numa face da parede uma fileira¹⁴ de tijolos a uma vez e no tardoz outra a meia vez, enchendo-se o espaço restante com fileiras de tijolo a uma vez; e na segunda fiada esta ordem era invertida e era deslocada de $1/4$ de tijolo para desencontrar as juntas verticais.

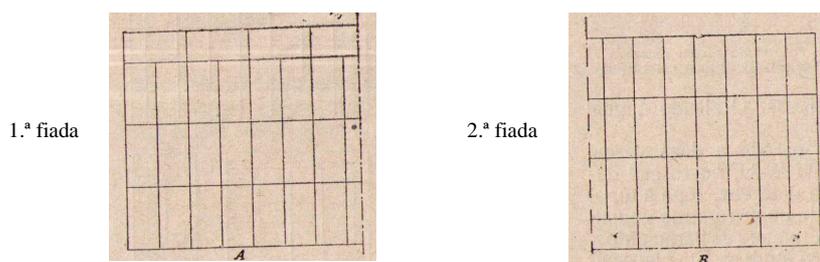


Figura 4.14 – Parede de $3^{1/2}$ vezes tijolo: *aparelho inglês* (Segurado, s/d-a)

A segunda situação é exemplificada pela Figura 4.15 com uma parede de 4 vezes tijolo de *aparelho inglês*, em que se dispunham nas fiadas ímpares duas fileiras de tijolo a uma vez em ambos os paramentos, enchendo-se o “vazio” resultante por outras fileiras postas de igual de forma, e em que nas fiadas pares os tijolos dos paramentos eram postos a meia vez, preenchendo-se o seu intervalo por outras fileiras de tijolos a uma vez. Para que as juntas verticais ficassem desencontradas, as fiadas ímpares eram iniciadas com tijolos cortados e colocados a par com apenas $1/4$ do comprimento.

¹⁴ Objectos dispostos em linha.

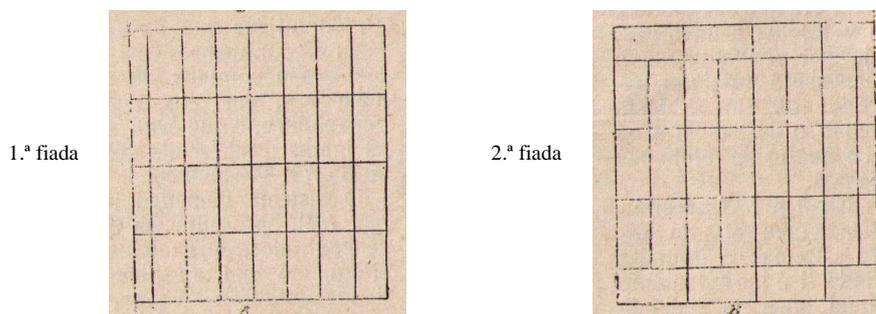


Figura 4.15 – Parede de 4 vezes tijolo: *aparelho inglês* (Segurado, s/d-a)

O *aparelho flamengo* não era aplicado em paredes de grande espessura (Segurado, s/d-a).

4.3.7 Espessura das Paredes de Tijolo

Segundo José Segurado (s/d-a), as espessuras usuais das paredes de tijolo das habitações antigas, obtidas por observações de vários casos, são as que se indicam no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Espessura das paredes de tijolo das habitações antigas

Altura máxima da parede [m]	Comprimento máximo da parede [m]	Espessura mínima da parede indicada pelo número de tijolos							Restantes Pavimentos
		Subterrâneo	1º Pavimento	2º Pavimento	3º Pavimento	4º Pavimento	5º Pavimento	6º Pavimento	
30	Ilimitado	3 ^{1/2}	3	3	2 ^{1/2}	2 ^{1/2}	2	2	1 ^{1/2}
	24	3	3	2 ^{1/2}	2 ^{1/2}	2	2	--	
	14	2 ^{1/2}	2 ^{1/2}	2	2	2	--	--	
27	Ilimitado	3 ^{1/2}	3	3	2 ^{1/2}	2	2	--	1 ^{1/2}
	21	3	2 ^{1/2}	2 ^{1/2}	2	2	--	--	
	14	2 ^{1/2}	2 ^{1/2}	2	2	--	--	--	
24	Ilimitado	3	2 ^{1/2}	2 ^{1/2}	2	2	--	--	1 ^{1/2}
	18	2 ^{1/2}	2 ^{1/2}	2	2	--	--	--	
	14	2 ^{1/2}	2	2	--	--	--	--	
21	Ilimitado	3	2 ^{1/2}	2 ^{1/2}	2	--	--	--	1 ^{1/2}
	17	2 ^{1/2}	2	2	--	--	--	--	
	12	2	2	--	--	--	--	--	
18	Ilimitado	2 ^{1/2}	2	2	--	--	--	--	1 ^{1/2}
	15	2	2	--	--	--	--	--	
	9	2	--	--	--	--	--	--	
15	Ilimitado	2 ^{1/2}	2	--	--	--	--	--	1 ^{1/2}
		Subterrâneo		Entre o subterrâneo e o penúltimo pavimento superior		Penúltimo andar		Andar superior	
15	14	2		1 ^{1/2}		1 ^{1/2}		1	
	9	1 ^{1/2}		1 ^{1/2}		1 ^{1/2}			
12	Ilimitado	2		1 ^{1/2}		1 ^{1/2}		1	
	10	1 ^{1/2}		1 ^{1/2}		1			
9	Ilimitado	1 ^{1/2}		1 ^{1/2}		1 ^{1/2}		1	
	10	1 ^{1/2}		1 ^{1/2}		1			
7	Ilimitado	1 ^{1/2}		1 ^{1/2}		1 ^{1/2}		1	
	9	1		1		1			

Nota: Deve aumentar-se a espessura da parede de 1/16 da altura do andar, se por acaso o valor achado for muito pequeno. As sapatas das paredes devem ser iguais ao dobro da espessura no subterrâneo, diminuindo em dentes regularmente, de base igual a metade da altura. As espessuras das paredes são indicadas pelo número de tijolos empregados.

4.4 Cunhais de Paredes de Tijolo

Os cunhais de paredes de tijolo deviam ser executados com particular atenção, para que os tijolos ficassem bem travados entre si.

A título de exemplo, indica-se nas figuras 4.16 a 4.19 o modo como se executavam os cunhais de paredes de tijolo.

Na Figura 4.16 (a) apresentam-se duas fiadas alternadas, *A* e *B*, de um cunhal em ângulo recto, formado pela intersecção de duas paredes de uma vez tijolo, segundo o *aparelho inglês*.

Na Figura 4.16 (b) mostra-se a mesma representação, segundo o *aparelho flamengo*.



Figura 4.16 – Cunhais em esquadria de paredes de uma vez tijolo (Segurado, s/d-a):
(a) *aparelho inglês*; (b) *aparelho flamengo*

A Figura 4.17 representa os *aparelhos inglês e flamengo*, aplicados às fiadas alternadas dos cunhais em esquadria de paredes de uma vez e meia tijolo.

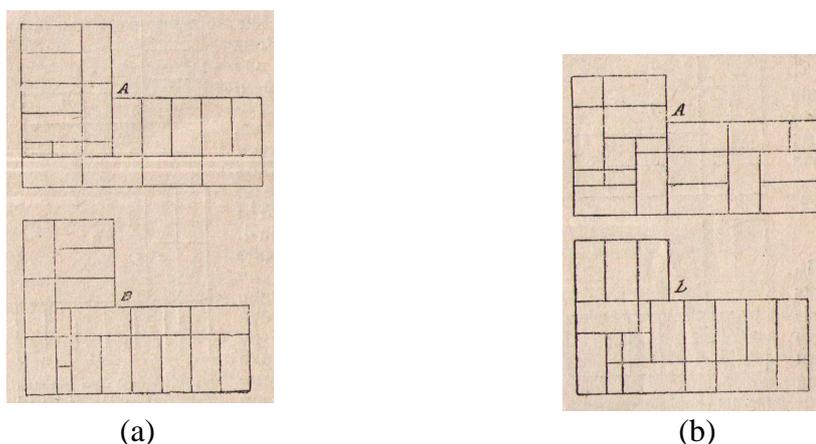


Figura 4.17 – Cunhais em esquadria de paredes de uma vez e meia tijolo (Segurado, s/d-a): (a) *aparelho inglês*; (b) *aparelho flamengo*

Os cunhais de paredes de tijolo podiam também ser em ângulos obtusos ou agudos. Nas Figuras 4.18 e 4.19 apenas se refere o modo de execução de uma das fiadas porque as alternadas são simétricas.

Na Figura 4.18 exemplifica-se o primeiro caso, para a intersecção de duas paredes de uma vez e meia tijolo, cortando o tijolo convenientemente naquela intersecção, segundo os *aparelhos inglês e flamengo*.

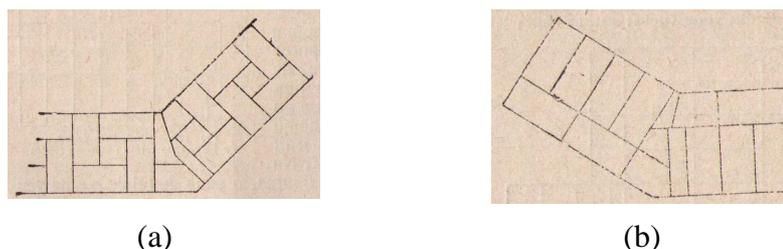


Figura 4.18 – Cunhais obtusos de paredes de uma vez e meia tijolo (Segurado, s/d-a):
(a) *aparelho inglês*; (b) *aparelho flamengo*

Para o segundo caso, apresenta-se na Figura 4.19 a forma de assentamento da fiada de uma parede de uma vez e meia tijolo segundo os *aparelhos inglês e flamengo*.

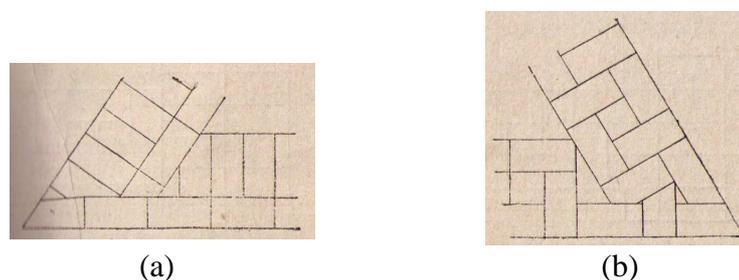


Figura 4.19 – Cunhais agudos de paredes de uma vez e meia tijolo (Segurado, s/d-a):
(a) *aparelho inglês*; (b) *aparelho flamengo*

4.5 Ligações de Paredes de Tijolo

Na ligação entre paredes de tijolo perpendiculares ou não entre si, verificando-se apenas a entrada de uma na outra, eram seguidas duas regras essenciais (Segurado, s/d-a):

1. A fila de tijolos a meia vez da parede mais espessa devia apresentar uma concavidade para receber 1/4 de tijolo, ou um seu múltiplo, das fiadas alternadas da parede mais fina, como se pode ver no caso A da Figura 4.20. Se a espessura desta última parede era um múltiplo par de um tijolo, então eram as fiadas dos *travadouros* que faziam a entrada na parede mais espessa;

2. As restantes fiadas da parede menos espessa iam “topejar” com a fiada dos *travadouros* da parede mais espessa, de modo a que as juntas correspondessem ao meio dos tijolos, como se pode ver no caso *B* das Figuras 4.20 e 4.21 (a).

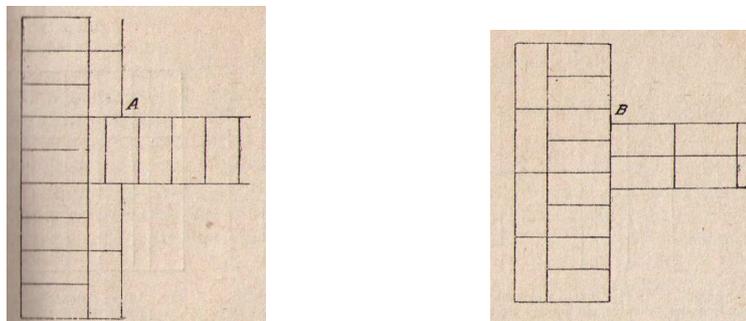


Figura 4.20 – Intersecção de paredes de tijolo de uma vez com uma vez e meia, segundo o *aparelho inglês* (Segurado, s/d-a)

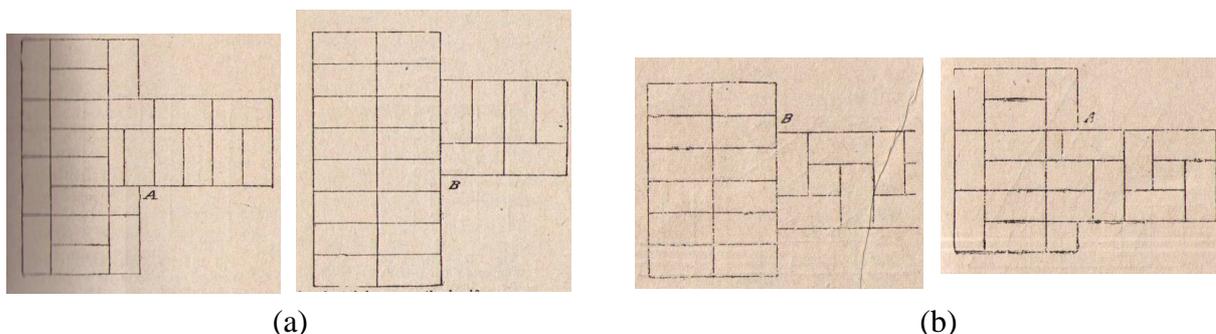


Figura 4.21 – Intersecção de paredes de tijolo de uma vez e meia com duas vezes (Segurado, s/d-a): (a) *aparelho inglês*; (b) *aparelho flamengo*

O *aparelho flamengo* era pouco utilizado em paredes muito espessas, bem como ainda menos no seu cruzamento ou junção. Podia contudo acontecer, como se mostra na Figura 4.21 (b), que uma parede de uma vez e meia tijolo, pelo *aparelho flamengo*, penetrasse numa de duas vezes, pelo *aparelho inglês*.

4.6 Pilares de Tijolo

Os pilares de tijolo tinham habitualmente secção quadrada, embora pudessem apresentar outras formas, como as esquematizadas na Figura 4.22, obtidas com o auxílio de tijolos apropriados e/ou cortados convenientemente. Mas, nestes casos, os pilares eram geralmente rebocados e estucados.

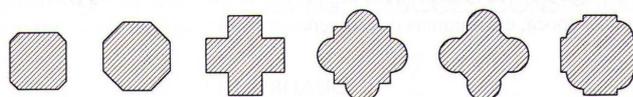


Figura 4.22 – Algumas formas de pilares de tijolo (Pinho, 2008)

Na Figura 4.23 (a) exemplifica-se o *aparelho inglês* em pilares quadrados de 2, $2^{1/2}$ e 3 vezes de espessura. Na Figura 4.23 (b) apresenta-se o *aparelho flamengo* em pilares quadrados de 2 e $2^{1/2}$ vezes de espessura.

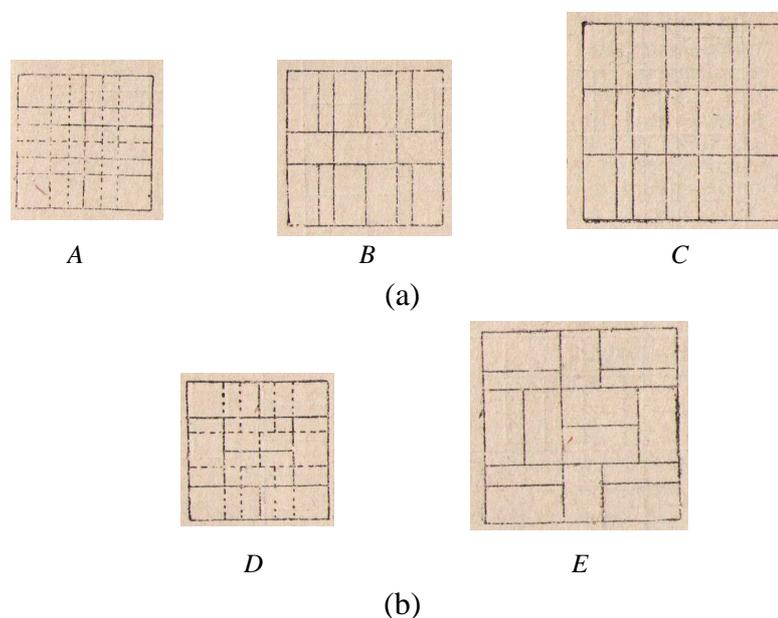


Figura 4.23 – Pilares de tijolo de secção quadrada (Segurado, s/d-a): (a) *aparelho inglês* em pilares de 2, $2^{1/2}$ e 3 vezes de espessura; (b) *aparelho flamengo* em pilares de 2 e $2^{1/2}$ vezes de espessura

4.7 Vãos de Paredes de Tijolo

As paredes dos edifícios antigos apresentavam vãos ou aberturas, de formas e dimensões diversas, destinados a dar acesso ao interior e a dotar à sua iluminação e ventilação. As aberturas ou vãos mais usais nas paredes são as portas e as janelas.

Um vão de porta ou de janela é geralmente limitado pelas quatro peças seguintes: duas laterais, designadas por ombreiras; uma superior, denominada verga ou padieira; e uma inferior, correspondente ao peitoril nas janelas de peito, à soleira, *bacia* ou *concha* nas janelas de sacada e à soleira, *arrebate* ou *limiar* nas portas. Em geral, os vãos de portas e de janelas eram construídos em pedra. Estes vãos podiam também ser construídos unicamente em tijolo ou em pedra e tijolo, como era o caso das construções mais económicas ou das construções do “tipo industrial” em que o tijolo era aplicado frequentemente à vista.

As ombreiras podiam ser formadas apenas por tijolo, embora surgissem soluções em que aquelas eram formadas por tijolo na quase totalidade, intercalando-se pequenas pedras, de forma aproximadamente cúbica, a meia altura, a um terço da altura, etc.

As vergas também podiam ser construídas somente em tijolo ou em pedra e tijolo. Estas vergas eram realizadas em forma de arco, podendo este apresentar diversos modelos, como se apresentam no Quadro IV.1 do Anexo IV. Os arcos serviam para descarregar sobre os seus pés direitos o próprio peso e o da construção que lhe ficava superior. Na construção de arcos, a primeira operação consistia em preparar o *simples*¹⁵ ou *cimbre*, sendo esta operação uma forma provisória de suportar os materiais que constituíam o arco, enquanto não se podiam manter por si próprios. Seguidamente, os tijolos eram escolhidos, bem molhados e dispostos ao alto segundo o intradorso. Nos arcos muito espessos, e nos de pequeno raio, as juntas de tijolo, preenchidas com argamassa, atingiam considerável espessura no extradorso, devido à divergência das fiadas. Evitava-se este inconveniente utilizando tijolos de cunha ou tijolos curvos, ou ainda intercalando espaçadamente pedras de pequena espessura, talhadas em forma de cunha.

Por último, as soleiras de portas, os peitoris de janelas de peito e as bacias de janelas de sacada apresentavam em geral ligeiras inclinações para o exterior, para facilitarem o escoamento da água da chuva. Estas peças eram geralmente em pedra, sendo formadas apenas por tijolo em alguns casos de peitoris de janelas de peito.

Como exemplo de vãos de janelas, apresenta-se na Figura 4.24 (a) um vão de janela em tijolo e na Figura 4.24 (b) um vão de janela de sacada em pedra e tijolo.



(a)



(b)

Figura 4.24 – Exemplo de vãos de janelas: (a) vão de janela em tijolo, Aveiro; (b) vão de janela de sacada em pedra e tijolo, Pampilhosa do Botão - Mealhada

4.8 Refechamento de Juntas

O refechamento de juntas era indispensável nas paredes de tijolo para evitar a infiltração da humidade, além de proporcionar uma boa decoração. O refechamento era realizado pelos processos de preenchimento e de vincagem de juntas e devia ser feito durante a execução da

¹⁵ O *Simplex* era formado por um certo número de *cérceas* ou *cambotas* de madeira, recortadas segundo o perfil do arco ou da abóbada e ligadas entre si por tábuas, constituindo uma superfície curva contínua.

parede, com um intervalo de poucas fiadas para que a argamassa utilizada para esse efeito pudesse contactar com a de assentamento em estado ainda fresco.

No processo de preenchimento de juntas, o primeiro passo consistia na sua limpeza com um instrumento de madeira, uma vez que os de ferro podiam danificar os bordos do tijolo e/ou polir o tijolo prejudicando a aderência da argamassa. Posteriormente, os tijolos e a argamassa de assentamento eram humedecidos para de seguida se proceder à aplicação da argamassa de refechamento.

Por seu lado a vincagem de juntas era feita com um pequeno ferro dobrado, com o qual se calcava a argamassa nas juntas, que podiam ficar com um aspecto curvo ou angular, como se mostra na Figura 4.25, sendo o aspecto representado em G o mais utilizado.

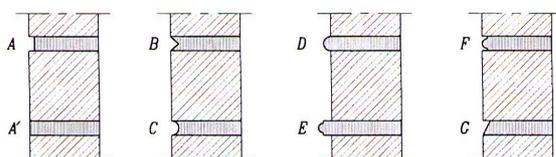


Figura 4.25 – Aspectos finais de juntas de tijolo (Pinho, 2008)

No refechamento de juntas devia evitar-se o uso de argamassas muito “gordas”, porque caso fendilhassem, devido à retracção durante a secagem, não se ligavam bem ao tijolo, para além de facilitarem a infiltração de água pelas juntas.

4.9 Decoração de Paredes de Tijolo

Os meios de decoração de paredes de tijolo consistiam na utilização de tijolos de cores diferentes, podendo aplicar-se o tijolo sílcio-calcário branco combinado com o cinzento ou o tijolo de barro de cores diversas, baço ou vidrado. Na Figura 4.26 esquematizam-se algumas combinações possíveis, incluindo o *aparelho reticulado* que era menos utilizado.

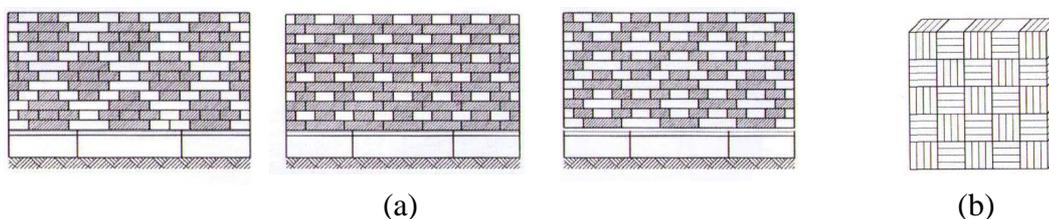


Figura 4.26 – Decoração de paredes de tijolo (Pinho, 2008): (a) algumas representações esquemáticas; (b) *aparelho reticulado*

Outras formas de decoração usadas em paredes eram os apainelados de molduras salientes, as pilastras, o guarnecimento de vãos e de cunhais, etc. De referir ainda que, como solução decorativa, o tijolo podia também ser utilizado ao *cutelo* em cimalthas e *fachas*, fazendo um ângulo de 45° com o paramento da parede.

5 PATOLOGIAS EM PAREDES ANTIGAS DE TIJOLO CERÂMICO

5.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo referem-se as patologias mais correntes em paredes de tijolo cerâmico dos edifícios antigos (excluindo as causadas por deficiências de fabrico dos materiais aplicados), bem como os seus sintomas e causas. Estas patologias, em muitos casos, podem pôr em risco as condições de segurança e, no limite, provocar o colapso dos edifícios antigos.

De um modo geral, as patologias em paredes antigas de tijolo cerâmico resultam de factores físicos (acções sísmicas e movimentos diferenciais das fundações) e de factores ambientais (poluição atmosférica, alterações climatéricas e colonizações biológicas). Estas patologias são agravadas com o envelhecimento natural dos materiais.

5.2 Tipos de Patologias: Sintomas e Causas

De 5.2.1 a 5.2.5 são apresentados os tipos de patologias que mais frequentemente afectam as paredes antigas de tijolo cerâmico e os respectivos sintomas e causas mais prováveis.

5.2.1 Fendilhação

A fendilhação é, em geral, o tipo mais grave de patologia que pode afectar as paredes antigas de tijolo cerâmico, podendo levar a elevados custos de reparação e a mesma tornar-se incontornável. No Quadro 5.1 são apresentados os sintomas e as causas mais prováveis da fendilhação em paredes antigas de tijolo cerâmico.

Quadro 5.1 – Sintomas e causas da fendilhação em paredes antigas de tijolo cerâmico

Sintomas	Causas mais prováveis
<ul style="list-style-type: none"> Fissuras que atravessam toda a espessura da parede 	<ul style="list-style-type: none"> Movimentos diferenciais das fundações; Acções sísmicas.
<ul style="list-style-type: none"> Fendilhação que ocorre em zonas correntes da parede ou na ligação entre paredes ortogonais 	<ul style="list-style-type: none"> Movimentos diferenciais das fundações; Acções sísmicas.
<ul style="list-style-type: none"> Fendas junto aos cantos de portas e janelas 	<ul style="list-style-type: none"> Movimentos diferenciais das fundações; Acções sísmicas; Falta de resistência adequada dos lintéis superiores ou dos arcos de descarga.
<ul style="list-style-type: none"> Fendilhação vertical no interior da parede. 	<ul style="list-style-type: none"> Erros de construção nas paredes, em que não foram colocados perpianos.
<ul style="list-style-type: none"> Fissuras verticais nos arcos de vãos da parede 	<ul style="list-style-type: none"> Abatimento de arcos.
<ul style="list-style-type: none"> Fendilhação horizontal da parede 	<ul style="list-style-type: none"> Impulsos horizontais originados pelo abatimento de arcos; Deficiente funcionamento estrutural das asnas de cobertura.
<ul style="list-style-type: none"> Fissuras em elementos de construção da parede 	<ul style="list-style-type: none"> Colonizações de plantas superiores; Alternância do calor e do frio, com expansões e contracções sucessivas; Ciclos de gelo/degelo com aumento e redução de volume sucessivos.
<ul style="list-style-type: none"> Fendilhação em zonas localizadas da parede 	<ul style="list-style-type: none"> Oxidação com aumento de volume de elementos metálicos.

Nota: Quadro elaborado de acordo com Pinho (2008).

A Figura 5.1 representa um exemplo de fendilhação numa parede antiga de tijolo de cerâmico.



Figura 5.1 – Fenda junto ao canto de uma janela. Antiga Fábrica de Cerâmica Jerónimo Pereira Campos & Filhos, Aveiro.

5.2.2 Esmagamento

O esmagamento é um tipo de anomalia que ocorre com alguma frequência em paredes antigas de tijolo cerâmico. No Quadro 5.2 são mencionados os sintomas e as causas mais prováveis do esmagamento em paredes antigas de tijolo cerâmico.

Quadro 5.2 – Sintomas e causas do esmagamento em paredes antigas de tijolo cerâmico

Sintomas	Causas mais prováveis
<ul style="list-style-type: none"> Esmagamento de parede em zonas localizadas onde existe aplicação de cargas concentradas 	<ul style="list-style-type: none"> Descarga de vigas em paredes, sem as devidas precauções (inexistência de apoios ou reforços locais, que diminuam as tensões sob pontos de apoio); Cargas aplicadas que excedem em muito as previstas.
<ul style="list-style-type: none"> Esmagamento de paredes de pisos inferiores, em zonas de descarga de vigas metálicas “substitutas”, nas suas funções estruturais, de paredes demolidas 	<ul style="list-style-type: none"> Descuido motivado por falta de conhecimento e/ou de respeito das razões que justificavam a existência de paredes demolidas.
<ul style="list-style-type: none"> Esmagamento nas zonas de contacto lateral entre vigas de madeira e a parede 	<ul style="list-style-type: none"> Secagem de vigas de madeira que pode ocorrer depois da sua aplicação em obra. Estas vigas sofrem acções de torção, que originam compressões muito elevadas e esmagamentos, pelo menos nos rebocos.
<ul style="list-style-type: none"> Esmagamento de paredes ao nível do primeiro piso 	<ul style="list-style-type: none"> Muros de suporte em caves de construções novas adjacentes a edifícios antigos, ancorados com uma pressão de injeção das ancoragens excessiva, desenvolvendo-se pressões ascendentes no solo, que se transmitem às fundações do edifício antigo e destas às paredes.

Nota: Quadro efectuado segundo Pinho (2008).

A Figura 5.2 revela um exemplo de esmagamento numa parede antiga de tijolo cerâmico.



Figura 5.2 – Esmagamento de parede em zona localizada onde existe aplicação de cargas concentradas. Antiga Fábrica de Cerâmica Arganilense, Arganil.

5.2.3 Eflorescências

As eflorescências de sais são um tipo de patologia predominante em paredes antigas de tijolo cerâmico. No Quadro 5.3 são apresentados os sintomas e as causas mais prováveis das eflorescências de sais em paredes antigas de tijolo cerâmico.

Quadro 5.3 – Sintomas e causas das eflorescências de sais em paredes antigas de tijolo cerâmico

Sintomas	Causas mais prováveis
<ul style="list-style-type: none"> Manchas esbranquiçadas na superfície das paredes 	<ul style="list-style-type: none"> Cristalização à superfície das paredes de sais – provenientes do revestimento, dos produtos de assentamento ou dos próprios tijolos –, até aí transportados pela água. Estes sais são, em geral, sulfatos (solúveis ou insolúveis) e sulfuretos; Cristalização à superfície das paredes do sal gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – originado por sulfatos (formados por enxofre proveniente da poluição urbana ou industrial combinado com o oxigénio da atmosfera), que em contacto com a elevada humidade da parede reagem especialmente com o cálcio do ligante argamassa –, até aí transportados pela água.
<ul style="list-style-type: none"> Manchas com tonalidade verde e amarelada na superfície das paredes 	<ul style="list-style-type: none"> Presença de sais de vanádio, de ferro, de molibdénio, de cobre, de crómio, de níquel e de manganésio.

Nota: Quadro realizado de acordo com Broto (2005) e Ramos e Lourenço (2002).

Os tijolos podem conter carbonato de cálcio e magnésio, podendo estas substâncias gerar eflorescências de sulfato de magnésio (MgSO_4) de coloração branca. Este sulfato caracteriza-se por ser muito solúvel em água e por se expandir notavelmente quando cristaliza, sendo o primeiro dos sais a cristalizar. Podem ainda encontra-se outros sais solúveis nos tijolos das paredes antigas, sob a forma de gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que resultam da oxidação de pirites durante a cozedura ou que provêm do enxofre contido no combustível.

A existência de sais solúveis dos materiais de construção no interior das paredes não é, em circunstâncias correntes, particularmente graves (Henriques, 2007). Porém, se a parede for humedecida, através da água do solo (por ascensão capilar), da água da chuva, do vapor de água do ar, ou da água existente nos produtos de assentamento ou nos produtos de revestimento, os sais irão dissolver-se e acompanharão as migrações da água até à superfície onde cristalizarão, à medida que a água vai evaporando, designadamente sob a forma de eflorescências. Alguns destes sais são higroscópicos, isto é, têm a propriedade de absorverem humidade do ar dissolvendo-se, quando a humidade relativa do ar está acima de 65-75%, voltando a cristalizar com um elevado aumento de volume quando a humidade relativa diminui daqueles valores. Assim, estes sais são susceptíveis de dar origem a fenómenos de degradação, resultantes dos aumentos de volume que acompanham a sua cristalização, em consequência da sucessão de ciclos dissolução-cristalização.

Os sais que se encontram associados com maior frequência a eflorescências em paredes de tijolo cerâmico são os sulfatos, os carbonatos, os cloretos, os nitritos e os nitratos.

Na Figura 5.3 mostra-se um exemplo de eflorescências numa parede antiga de tijolo cerâmico.



Figura 5.3 – Eflorescências em parede antiga de tijolo cerâmico. Antiga Fábrica de Cerâmica Arganilense, Arganil.

5.2.4 Desagregação

Um dos tipos de patologia muito frequente em paredes antigas de tijolo cerâmico é a desagregação. No Quadro 5.4 são apresentados os sintomas e as causas mais prováveis da desagregação em paredes antigas de tijolo cerâmico.

Quadro 5.4 – Sintomas e causas da desagregação em paredes antigas de tijolo cerâmico

Sintomas	Causas mais prováveis
<ul style="list-style-type: none"> Desagregação microestrutural dos elementos de construção da parede 	<ul style="list-style-type: none"> Colonizações de bactérias provenientes do solo ou da água; Colonizações de fungos que provocam a secreção de substâncias químicas corrosivas; Colonizações de musgos; Colonizações de líquenes que provocam ácidos orgânicos; Eflorescências causadas por sais provenientes do revestimento, dos produtos de assentamento ou dos próprios tijolos, e/ou pela poluição atmosférica (vd. Quadro 5.3).
<ul style="list-style-type: none"> Desagregação de elementos de construção da parede 	<ul style="list-style-type: none"> Colonizações de plantas superiores; Progressão e/ou agravamento de fendilhação existente; Acção do vento transportando poeiras e areias; Vandalismo e choques acidentais, mais grave ao nível do r/chão.
<ul style="list-style-type: none"> Pasta lodosa com o conseqüente desgaste dos elementos de construção da parede 	<ul style="list-style-type: none"> Colonizações de algas que produzem soluções químicas corrosivas.

Nota: Quadro elaborado segundo Broto (2005), Campanella e Mateus (2003) e Pinho (2008).

A Figura 5.4 representa um exemplo de desagregação numa parede antiga de tijolo cerâmico.



Figura 5.4 – Desagregação em parede de tijolo cerâmico. Antiga Fábrica de Cerâmica Arganilense, Arganil

5.2.5 Manchas

Nas paredes antigas de tijolo cerâmico face à vista é habitual ocorrerem manchas nas mesmas. No Quadro 5.5 são apresentados os sintomas e as causas mais prováveis das manchas em paredes antigas de tijolo cerâmico face à vista.

Quadro 5.5 – Sintomas e causas das manchas em paredes antigas de tijolo cerâmico face à vista

Sintomas	Causas mais prováveis
<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de produtos enodoantes em paredes de tijolo cerâmico face à vista 	<ul style="list-style-type: none"> • Abertura de poros na superfície dos tijolos e da argamassa das juntas, em consequência do ataque químico (como bactérias, fungos, algas), que retêm a sujidade; • Ausência ou inadequada manutenção da parede; • Falta de protecção em intervenções de construção civil posteriores à realização da parede; • Poluição atmosférica; • Grafites.

Nota: Quadro efectuado de acordo com Broto (2005) e Campanella e Mateus (2003).

Na Figura 5.5 apresenta-se um exemplo de manchas numa parede antiga de tijolo cerâmico



Figura 5.5 – Manchas em parede de tijolo cerâmico. Antiga Fábrica de Cerâmica Arganilense, Arganil

6 METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO

6.1 Considerações Iniciais

O conhecimento das patologias em paredes antigas de tijolo cerâmico, bem como do contexto histórico e tecnológico do tijolo cerâmico, permite estabelecer uma actuação objectiva e rigorosa de reparação segundo uma metodologia de intervenção, conforme será apresentada neste capítulo. Esta intervenção deve ser realizada por uma equipa multidisciplinar, envolvendo uma variedade de profissionais e organizações.

A metodologia de intervenção para reparação é constituída pelas fases de investigação e de reparação. A fase de investigação deve dirigir-se para a identificação das causas mais prováveis das patologias, de modo a possibilitar a reparação das paredes antigas de tijolo cerâmico onde elas ocorram. Por seu lado, para a reparação das paredes antigas de tijolo cerâmico deve ser elaborado um projecto de reparação, com base nos resultados da investigação, sendo necessário para isso definir acções de reparação. Este documento deve materializar as decisões de escolha crítica e estabelecer as regras para intervenção em paredes antigas de tijolo cerâmico que se encontrem degradadas.

Neste capítulo descreve-se um modelo de ficha de reparação de patologia, exemplificado através de duas fichas preenchidas, reunidas no anexo VI, cuja informação se encontra nos capítulos 3 a 6.

6.2 Investigação

A fase de investigação compreende o levantamento histórico do edifício que se pretende intervir e a caracterização das patologias do mesmo. No levantamento histórico são indicados os procedimentos gerais sobre a forma da sua edificação. Por sua vez, para a caracterização das patologias recorre-se à inspecção visual, a meios de diagnóstico e a ensaios.

6.2.1 Levantamento Histórico

A investigação histórica de um edifício antigo visa compreender: a concepção e a importância da sua construção; as técnicas, os materiais e a mão-de-obra utilizados na sua execução; as alterações posteriores, tanto na sua estrutura como na sua envolvente; e quaisquer ocorrências que lhe possam ter causado danos. Os documentos utilizados nesta investigação devem ser registados e a sua fiabilidade deve ser verificada, pois os mesmos representam uma forma de reconstruir a história do edifício em causa (ICOMOS, s/d).

A interpretação meticulosa das fontes documentais é essencial para produzir informação fidedigna sobre a história estrutural do edifício em estudo, cujas hipóteses admitidas na

interpretação de material histórico devem ser claramente identificadas e precedidas de um levantamento geométrico e estrutural com base em observações visuais. Deve ser prestada atenção especial a quaisquer danos, colapsos, reconstruções, acrescentos, alterações, trabalhos de reparação, modificações estruturais e quaisquer modificações no uso do edifício que conduziram à sua condição presente (Mun e Santos, 1994).

6.2.2 Caracterização das Patologias

A caracterização das patologias existentes em paredes antigas de tijolo cerâmico visa a identificação das patologias e das respectivas causas que lhe deram origem. Esta caracterização contempla as seguintes fases:

i) Inspeção Visual, que consiste num processo de identificação das patologias obtido através da observação directa de determinados sintomas. Este processo deve ser sempre acompanhado dos registos gráfico e fotográfico, com a finalidade de documentar as patologias observadas e facilitar a eventual substituição dos tijolos cerâmicos danificados. Para o registo fotográfico deve optar-se pela vista frontal do plano. No registo gráfico os tijolos cerâmicos são representados por quadrículas, nas quais se assinalam as patologias dos mesmos.

ii) Meios de Diagnóstico, que permitem detectar patologias imperceptíveis por observação directa. Como exemplos de meios de diagnóstico, apresentam-se e descrevem-se os meios de diagnóstico disponíveis, não destrutivos, no Quadro 6.1 (Campanella e Mateus, 2003).

Quadro 6.1 – Meios de diagnóstico não destrutivos

Meios de diagnóstico	Aparelhos utilizados	Parâmetros observados
Medição da temperatura e da humidade	Termómetro e higrómetro	• Valores ambientais e valores relativos à superfície dos elementos.
	Sonda e medidores do coeficiente de transmissão térmica	• Valores relativos às zonas internas dos elementos.
Controlo dos parâmetros atmosféricos	Heliografo de Campbell-Stokes	• Radiação solar.
	Anemómetro	• Intensidade do vento.
	Cata-vento	• Direcção predominante do vento.
	Pluviómetro	• Intensidade das precipitações.
	Barógrafo	• Pressão atmosférica.
Controlo dos contaminantes atmosféricos	Sensores remotos	• Poluentes atmosféricos como: anidrido sulfuroso e sulfúrico, ácido clorídrico, ácido sulfídrico, sulfatos, cloretos, nitritos.
Telelevantamento	Câmara fotográfica a preto e branco	• Efeitos das patologias da degradação.
	Câmara fotográfica a cores	• Efeitos das patologias da degradação capazes de serem comparados em função das suas características cromáticas.
	Câmara fotográfica a infravermelhos (IR)	• Descontinuidades que absorvem e difundem calor.
Termovisão	Câmaras termográficas de IV e respectivos termogramas	• Descontinuidades, zonas descoladas, marcas, incisões e estratigrafias.
Endoscopia	Endoscópio	• Cavidades não acessíveis.
Colorimetria	Fotografia parametrizada e análises em laboratório	• Cargas e pigmentos no revestimento das paredes.

Nota: Quadro realizado segundo Campanella e Mateus (2003).

iii) **Ensaio**s, que podem ser realizados *in situ*, sobre a parede ou sobre os seus constituintes, ou em laboratório, sobre amostras extraídas em obra.

A realização de ensaios *in situ* permite avaliar o estado de conservação da parede. Esses ensaios não dão, porém, indicações directas sobre as causas das patologias.

Os ensaios *in situ* sobre as paredes antigas de tijolo cerâmico são unicamente aconselháveis se estes não forem destrutivos. No Quadro 6.2 são apresentados alguns ensaios não destrutivos realizados *in situ*.

Quadro 6.2 – Exemplos de ensaios não destrutivos *in situ*

Ensaio não destrutivo	Parâmetros observados
Sondagens sínicas com fonómetros	<ul style="list-style-type: none"> Condição de integridade de uma parede e do seu revestimento, mesmo que a distinção dos dados relativos a uma e outro se revista de alguma dificuldade.
Sondagens ultra-sónicas	<ul style="list-style-type: none"> Grau de homogeneidade de um material, presença de vazios ou fissuras, presença e número de camadas sobrepostas de material, módulo elástico e coeficiente dinâmico de Poisson.

Nota: Quadro elaborado de acordo com Campanella e Mateus (2003).

Em laboratório, os ensaios podem perante uma patologia conceder informação sobre as causas da mesma.

O processo de recolha de amostras para a realização de ensaios em laboratório é sempre algo destrutivo.

Os ensaios em laboratório, que são considerados minimamente destrutivos, prevêm a recolha de poucos gramas de material, que seja possível obter por recuperação de material que se tenha descolado e caído ou na proximidade das partes mais degradadas. No Quadro 6.3 são apresentados alguns ensaios minimamente destrutivos realizados em laboratório.

Quadro 6.3 – Exemplos de ensaios minimamente destrutivos em Laboratório

Ensaio minimamente destrutivo	Parâmetros observados
Análises químicas de argamassas	Teor em Cálcio, em Magnésio, em Alumínio e em Ferro (expressos em óxidos), e em sílica; dosagem de gás carbónico; dosagem por perda ao rubro de água (de absorção e de constituição); substâncias orgânicas eventualmente presentes.
Análises por difracção dos raios X através da matéria cristalina	Substância cristalina e componentes cristalinos presentes numa mistura em fase sólida; sais a diversos graus de hidratação.
Microscopia óptica	Cor dos componentes; substâncias constituintes; características morfológicas; forma; estrutura cristalina; clivagem; fracturas; deformações; patologias devidas a stress mecânico.
Microscopia electrónica de varrimento (SEM) com microssonda X	Componentes e produtos de alteração.
Fluorescência por raios X (espectrometria da fluorescência dos raios X)	Elementos atómicos.
Análises conduto-métricas	Teor de sais solúveis na água presente numa amostra.
Espectrofotometria de absorção atómica	Dosagem dos iões elementares presentes numa solução aquosa; compostos presentes no material em análise.

Nota: Quadro efectuado segundo Campanella e Mateus (2003).

6.3 Acções de Reparação

O conceito de reparação traduz o conjunto de operações destinadas a corrigir anomalias existentes, de modo a manter a edificação no estado em que se encontrava antes da ocorrência dessas patologias. Quando as anomalias são de carácter estrutural o termo “consolidação” é muitas vezes utilizado para traduzir a ideia de reparação no sentido da manutenção da integridade estrutural da edificação (Henriques, 2005).

As acções de reparação em paredes antigas de tijolo cerâmico podem ser diversas, dependendo a sua escolha de vários factores como: dos objectivos da intervenção; da importância funcional do edifício; do interesse histórico ou cultural da construção; de condicionamentos económicos; e de condicionamentos locais aos trabalhos a realizar.

6.3.1 Consolidação Estrutural

Antes de se proceder a qualquer tipo de trabalhos deve ser aplicada uma consolidação estrutural nas zonas de maior instabilidade.

No reforço das paredes antigas de tijolo cerâmico pode utilizar-se estruturas metálicas autoportantes. Esta solução é muito utilizada especialmente como reforço temporário, por exemplo durante o período de intervenção.

6.3.2 Extinção da Macroflora

Nas paredes antigas de tijolo cerâmico em que exista macroflora – vegetação superior –, deve proceder-se à eliminação desta nas zonas onde foi identificada. Esta intervenção deve ser realizada após a acção de reparação de consolidação estrutural da parede. No Quadro 6.4 são referidos os tipos de intervenção para eliminação da macroflora.

Quadro 6.4 – Tipos de intervenção para eliminação da macroflora

Tipos de intervenção	Observações
Extirpação mecânica controlada	<ul style="list-style-type: none"> • O corte deve ser efectuado pela base de todas as espécies arbóreas e herbáceas no período invernal, com meios adequados e com a mínima propagação possível de vibrações; • No corte deve ser considerada a resistência ao arrancamento produzida pelas raízes; • Aquando do corte deve ter-se em atenção a impossibilidade de chegar às raízes com meios mecânicos e às sementes que tenham penetrado em profundidade; • O corte deve ser efectuado segundo modalidades operativas necessárias para chegar a todas as partes infestadas; • A operação de controlo e de eliminação de vegetação espontânea deverá garantir o pleno respeito pelas paredes e pelos os parâmetros do edifício que se intervém.
Irrigação de substâncias químicas: <ul style="list-style-type: none"> • clorotriazina (Primatol M50) indicado para infestantes de folha larga (dicotiledóneas) e de folha estreita (gramináceas); • metoxitriazina (Primatol 3588) indicado para infestantes muito resistentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • O produto deve ser aplicado antes de qualquer acção física ou química, directa ou indirecta, sobre a parede; • Na sua fórmula comercial, o produto deverá ser incolor e transparente, e não deixar, depois de aplicado, resíduos inerentes estáveis; • O produto deve ter neutralidade química; • O produto não deve ter efeitos poluentes nas águas superficiais e profundas das zonas em causa; • O produto deve ser degradável no tempo pela microflora.

Nota: Quadro realizado de acordo com Campanella e Mateus (2003).

6.3.3 Eliminação da Humidade Ascensional

Nas paredes antigas de tijolo cerâmico com patologias associadas à humidade ascensional devemos procurar a solução de intervenção mais adequada à sua eliminação.

As soluções de intervenção em função do objectivo dos trabalhos que se pretendem executar são apresentadas nas alíneas i), ii), iii) e iv) seguintes:

i) Soluções de intervenção destinadas a impedir o acesso da água às paredes:

No Quadro 6.5 são mencionadas as soluções de intervenção que impedem o acesso da água às paredes.

Quadro 6.5 – Soluções de intervenção destinadas a impedir o acesso da água às paredes

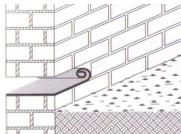
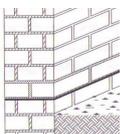
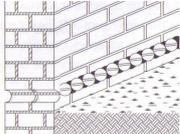
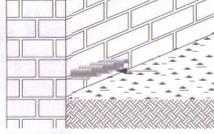
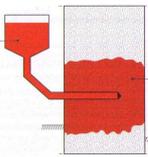
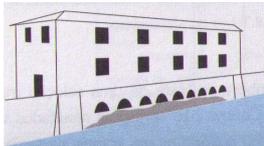
Soluções de intervenção	Descrição
Secagem da fonte de alimentação da água	Embora a secagem da fonte de alimentação da água seja a solução mais eficaz, esta só é exequível quando é possível a identificação dessa mesma fonte e quando esta não é de carácter generalizado. Esta solução aplica-se geralmente no caso de roturas de tubagens de abastecimento de água ou no caso de escoamento de águas pluviais das coberturas (com a instalação de algerozes e de tubos de queda que encaminhem as águas para a rede de drenagem e não permitam a sua infiltração no terreno).
Tratamento superficial do terreno	Por vezes o terreno à volta dos edifícios apresenta configurações que permitem ou favorecem o contacto das águas pluviais com as paredes exteriores. Nestes casos, um tratamento adequado do terreno permite evitar este fenómeno. No caso do terreno ser razoavelmente impermeável podem ser realizadas alterações à configuração do terreno, com correcções do declive e/ou com a criação de zonas impermeabilizadas e drenantes.
Drenagem superficial do terreno	Com vista a reduzir a quantidade de água infiltrada no terreno pode ser realizada uma drenagem superficial do mesmo junto às paredes enterradas. Esta solução consiste na criação de uma caleira superficial no terreno adjacente à aquelas paredes, realizada com uma betonilha armada ou com outra solução de desempenho equivalente. O terreno adjacente a essa caleira, e numa extensão não inferior a 5 m, deverá ser suficientemente compactado e pavimentado, resultando uma superfície com uma pendente da ordem dos 2% no sentido da caleira referida. As águas pluviais recolhidas por esta caleira devem ser posteriormente encaminhadas para a respectiva rede pública de drenagem.
Execução de valas periféricas com enchimento	<p>Em paredes parcialmente enterradas e em que os níveis freáticos não atinjam a cota das fundações pode optar-se por uma das soluções seguintes:</p> <p>a) <u>Drenagem periférica com enchimento tradicional</u>: trata-se de uma solução tradicional pouco utilizada que consiste no preenchimento de vala periférica com material do tipo incoerente de granulometria diferenciada e colocação de dreno com pendente;</p> <p>b) <u>Drenagem periférica com elementos pré-fabricados</u>: consiste na colocação, junto ao paramento exterior, de peças em betão com configurações adequadas permitindo assim a ventilação e colocação de dreno com pendente;</p> <p>c) <u>Drenagem periférica com telas filtrantes e drenantes</u>: consiste na colocação de produtos industriais constituídos por telas filtrantes e drenantes e dreno com pendente.</p> <p>(a) Impermeabilização com emulsão betuminosa espessa ou feltro betuminoso. Areia, Gravilha, Seixo, Dreno.</p> <p>(b) Placas de betão, Aterro, Dreno.</p> <p>(c) Aterro, Tela filtrante, Dreno.</p>

Nota: Quadro elaborado segundo Freitas et al (2008) e Henriques (2007).

ii) Soluções de intervenção destinadas a impedir a ascensão da água nas paredes:

No Quadro 6.6 são apresentadas as soluções de intervenção que impedem a ascensão da água nas paredes.

Quadro 6.6 – Soluções de intervenção destinadas a impedir a ascensão da água nas paredes

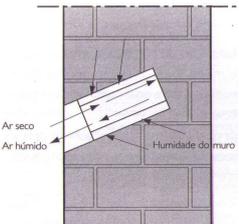
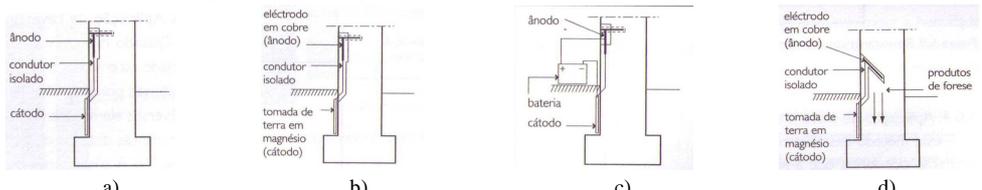
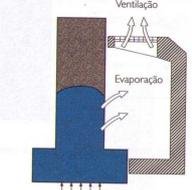
Soluções de intervenção	Descrição
<p>Execução de corte hídrico por introdução de barreiras físicas (metálicas, betuminosas, materiais impermeáveis, etc.)</p>	<p>Quando existem paredes bastante afectadas pela ascensão de água por capilaridade podem ser criadas camadas estanques em toda a espessura da parede. Esse corte capilar deve ser realizado mediante a aplicação de diversas técnicas, nomeadamente:</p> <p>a) <u>Substituição parcial da parede</u>: consiste na substituição de alguns elementos da parede por materiais não capilares. Começa-se por demolir a parede por pequenos troços com cerca de 20 a 30 cm de altura e em toda a espessura da parede e substitui-la por materiais impermeáveis. Este método, embora eficaz quando correctamente executado, é de difícil e morosa execução e é aplicável apenas em paredes constituídas por elementos regulares de pequena dimensão.</p> <p>b) <u>Corte com serra ou fio helicoidal e criação de barreira estanque</u>: consiste em efectuar um rasgo em toda a espessura da parede, por troços com cerca de 1 m de comprimento, que vão sendo preenchidos com materiais estanques, nomeadamente membranas betuminosas, placas de chumbo, folhas de polietileno ou de policloreto de vinilo e argamassas de ligantes sintéticos, tendo a preocupação de garantir a continuidade do material.</p> <p>c) <u>Método de Massari</u>: consiste na execução de carotagens sucessivas em troços de cerca de 45 a 50 cm de comprimento. Realiza-se uma primeira série de furações tangentes umas às outras e posteriormente executa-se uma segunda série com centros nos pontos de tangencia anteriores. Após a realização das furações é efectuada a limpeza e procede-se ao seu preenchimento com argamassa de ligantes sintéticos. Aguarda-se o endurecimento da argamassa e avança-se para o troço seguinte.</p> <p>d) <u>Método de Schöner Tur</u>: Consiste na introdução de chapas de aço inoxidável onduladas nas paredes a tratar com recurso a martelos pneumáticos.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">     </div>
<p>Execução de corte hídrico por introdução de barreiras químicas (o tipo e características do produto utilizado encontra-se no Anexo V)</p>	<p>As barreiras químicas devem ser localizadas a cerca de 15 cm acima do nível do terreno. Para se proceder à introdução dos produtos executam-se furos ao longo da parede, afastados em cerca de 10 a 20 cm e com uma profundidade de, aproximadamente, 1/3 da espessura. No caso de se perfurar apenas de um dos lados a profundidade deve ser de 2/3 da espessura da parede. De seguida, inicia-se a introdução dos produtos através de uma das seguintes técnicas:</p> <p>a) <u>Difusão</u>: técnica baseada na acção da gravidade, podendo os furos ser executados quer na horizontal quer inclinados no sentido da base da parede;</p> <p>b) <u>Injecção</u>: neste caso o produto será introduzido na parede com o auxílio de um equipamento de pressão que estará directamente ligado ao conjunto de tubos inseridos na furação efectuada. A pressão utilizada pode variar em função da porosidade e resistência mecânica do material não excedendo, normalmente, 0,4 MPa.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
<p>Redução da secção absorvente</p>	<p>O princípio subjacente a esta solução é o de minimizar a penetração da água através da redução da secção da parede em contacto com esta. Para o efeito, substitui-se uma zona de alvenaria afectada por tantos espaços vazios quanto possível. Mediante este processo reduz-se substancialmente a possibilidade de ascensão da água, pois a água absorvida pela secção reduzida da parede é compensada pela evaporação que se produz na zona das aberturas.</p> 

Nota: Quadro efectuado de acordo com Freitas et al (2008).

iii) Soluções de intervenção destinadas a retirar a água em excesso em paredes:

No Quadro 6.7 são referidas as soluções de intervenção que retiram a água em excesso das paredes.

Quadro 6.7 – Soluções de intervenção destinadas a retirar a água em excesso em paredes

Soluções de intervenção	Descrição
Introdução de tubos de arejamento	<p>Consiste na introdução de drenos oblíquos de cerâmica ou PVC nas paredes húmidas (tubos de arejamento ou de Knappen), fazendo com que estes fiquem imediatamente preenchidos com ar húmido, mais pesado que o ar seco, criando-se, deste modo, um processo contínuo de condução de ar húmido para o exterior. Embora se trate de uma solução economicamente vantajosa, pode não apresentar resultados satisfatórios quando a parede tem uma espessura elevada ou quando há um grande afastamento entre os tubos.</p> 
Electro-osmose	<p>Destina-se a criar um potencial eléctrico contrário ao potencial capilar. Esta solução consiste em introduzir na parede um conjunto de sondas condutoras que funcionam como ânodo ligadas a uma tomada de terra que actua como cátodo. Sob a designação de sistemas de electro-osmose ou electro-osmóticos englobam-se os quatro grupos seguintes:</p> <ol style="list-style-type: none"> Passiva: procede-se à ligação entre os eléctrodos da parede (ânodo) e do terreno (cátodo). Os eléctrodos são da mesma natureza; Semi-passiva: técnica semelhante à anterior, cuja diferença está na introdução de tensão devido ao facto dos eléctrodos serem de materiais distintos criando uma espécie de pilha eléctrica; Activa: nesta técnica interpõe-se entre os eléctrodos da parede e do terreno uma fonte de corrente contínua de baixa tensão que ajuda ao estabelecimento de uma diferença de potencial, diferença essa que deverá estar limitada a um máximo de 1,6 volts para que não se dê a electrólise da água; Forese: esta técnica pretende colmatar um dos principais inconvenientes dos processos anteriores que é a interrupção do funcionamento do sistema. Neste caso, o ânodo é em cobre e o é em cátodo em aço galvanizado, e procede-se à introdução de “produtos de forese” contendo partículas metálicas em suspensão. Funcionando o sistema sob a acção da corrente criada pela “pilha”, a água desloca-se arrastando consigo os produtos que irão colmatar os tubos capilares. Assim, ao fim de um ano e meio a dois anos os tubos encontram-se totalmente colmatados e o sistema pode ser interrompido. 
Ventilação da base da parede	<p>Consiste em ventilar a base das paredes recorrendo a um processo de ventilação natural ou instalando um dispositivo mecânico higro-regulável. Assim, procura-se aumentar a evaporação através da execução de canais ou tubos periféricos ventilados. Esta é uma técnica que deve ser usada quando a cota da fundação da parede se situar acima do nível freático. Os canais exteriores deverão possuir uma caleira para recolha e condução das águas pluviais, sendo protegidos superiormente e ventilados.</p> 

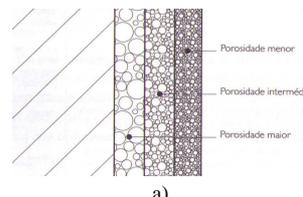
Nota: Quadro realizado segundo Freitas et al (2008).

iv) Soluções de intervenção destinadas a ocultar as anomalias em paredes:

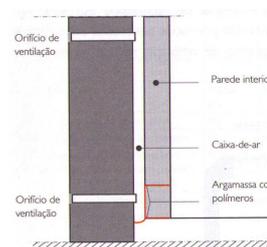
Este tipo de soluções de intervenção só deve ser efectuado após as acções de reparação de consolidação e limpeza superficial da parede, de dessalinização, de extinção da actividade biológica – microflora, de desmonte e substituição parcial da parede e de reparação da fendilhação, que se descrevem em sub-capítulos seguintes. No Quadro 6.8 são apresentadas as soluções de intervenção que ocultam as anomalias em paredes.

Quadro 6.8 – Soluções de intervenção destinadas a ocultar as anomalias em paredes

Soluções de intervenção	Descrição
Ocultação de anomalias	<p>Uma intervenção para ocultação de anomalias não tem por objectivo eliminar nem as causas das anomalias nem as suas manifestações. Apesar das anomalias deixarem de ser aparentes, estas continuarão a existir e os fenómenos que as originaram continuarão a actuar sobre os elementos afectados. A ocultação de anomalias pode ser realizada pelos seguintes processos:</p> <p>a) <u>Utilização de revestimento com porosidade e porometria controlada:</u> colocação de materiais porosos no exterior de forma a facilitar as condições de evaporação à superfície das paredes. Este processo deverá ser realizado através de rebocos com subcamadas com características distintas, de forma a que a porosidade vá diminuindo do exterior para o interior. A cristalização de sais ocorre sem degradação da estrutura porosa, podendo, no entanto, conduzir ao aparecimento de efluorescências;</p> <p>b) <u>Aplicação de forra interior separada por um espaço de ar:</u> consiste na execução de uma forra pelo interior, de pequena espessura, afastado da parede preexistente em cerca de 10 cm e sem qualquer contacto com a mesma. Cria-se um espaço de ar entre a parede e a forra, sendo o espaço ventilado para o exterior. A ventilação é realizada através de orifícios localizados a diferentes níveis. A base da parede dever ser impermeável de forma a não haver continuidade hídrica. Quando existam indícios de repasses de água para o interior da parede, é aconselhável ainda a execução de uma caleira com argamassa com polímeros na base da caixa de ar criada, para permitir o encaminhamento, para a rede de drenagem de águas do edifício, da água do terreno que chegue a este espaço.</p>



a)



b)

Nota: Quadro elaborado de acordo com Freitas et al (2008).

6.3.4 Eliminação da Humidade de Precipitação

As anomalias provocadas pela acção da água da chuva sobre as paredes antigas de tijolo cerâmico devem-se a deficiências de estanquidade daqueles elementos. As deficiências de estanquidade das paredes têm, geralmente, origem: em problemas construtivos, motivados por erros de projecto ou de execução; na inexistência de operações regulares de manutenção; ou na inadequação entre a sua constituição e o respectivo grau de exposição à acção da chuva incidente. No Quadro 6.9 referem-se as soluções destinadas a reparar as anomalias devidas à humidade de precipitação.

Quadro 6.9 – Soluções de intervenção destinadas a eliminar as deficiências de estanquidade em paredes

Solução de intervenção	Descrição
Aplicação de revestimentos de parede novos, após remoção dos existentes	Nas situações em que os revestimentos das paredes se encontrem muito deteriorados, ou quando sejam inexistentes, deve-se proceder à remoção dos revestimentos eventualmente existentes e na aplicação de outros, de tipo semelhante, de modo a que sejam tão impermeáveis à água da chuva e permeáveis ao vapor de água quanto possível.
Aplicação dum hidrófugo de superfície nos paramentos exteriores	A aplicação dos hidrófugos de superfície é efectuada através de um pulverizador ou de um rolo sobre superfícies limpas e secas, nas quais não existam fissuras de espessura superior a 0,3 mm. Os hidrófugos dividem-se em: siliconatos, silicones e organo-metálicos. A durabilidade dos hidrófugos é reduzida.
Aplicação dum revestimento curativo com base em ligantes sintéticos	A aplicação destes produtos prevê, para além duma limpeza adequada do suporte, a aplicação de um primário, duma camada de base e doutra de acabamento. Na definição do número de demãos e do respectivo tempo de secagem, devem ser seguidas as recomendações dos fabricantes. No caso de as paredes apresentarem fissuras, deve armar-se estes revestimentos com uma rede de fibra de vidro, a qual é em geral aplicada entre a primeira e a segunda demãos da camada base.

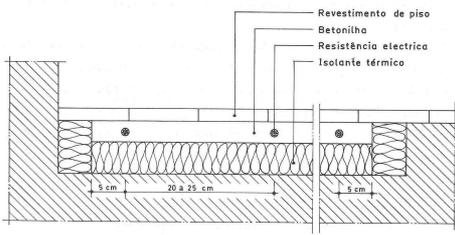
Nota: Quadro efectuado segundo Henriques (2007).

6.3.5 Eliminação da Humidade de Condensação

Nas paredes antigas de tijolo cerâmico as condensações são essencialmente do tipo superficial. Estas condensações ocorrem pelo facto de a temperatura superficial das paredes ao ser menor do que a temperatura do ar ambiente dar origem a um aumento da humidade relativa da camada de ar que contacta com as paredes.

Relativamente às anomalias provocadas por este fenómeno e, nomeadamente, das respectivas soluções de reparação, deve ser considerado um segundo grupo para paredes antigas de inércia térmica muito forte. No Quadro 6.10 apresentam-se os tipos de soluções de reparação de anomalias provocadas por humidade de condensação.

Quadro 6.10 – Soluções de intervenção destinadas a evitar a ocorrência de condensações superficiais

Soluções de intervenção	Descrição
Reforço da ventilação dos espaços	<p>Consiste em diminuir a humidade relativa do ar, minorando por essa via o risco de ocorrência de condensações superficiais, através da:</p> <ul style="list-style-type: none"> • correcção de eventuais deficiências existentes no sistema de extracção do ar das edificações, em particular nos casos em que não tenham sido convenientemente seguidas as recomendações dos fabricantes dos sistemas instalados; • instalação de dispositivos mecânicos de extracção do ar, com funcionamento automático; • instalação de grelhas de ventilação especiais na zona superior das paredes exteriores de cada compartimento.
Reforço da temperatura ambiente	<p>Consiste no reforço da temperatura ambiente, aumentando simultaneamente a temperatura superficial das paredes, através de aparelhos de aquecimento. A utilização de aquecedores de combustão, do tipo não-ligado, deve ser evitada, uma vez que libertam quantidades significativas de vapor de água, contribuindo deste modo para a ocorrência de condensações.</p>
Introdução de dispositivos que permitam criar um “efeito de pára-brisas” junto aos paramentos das paredes afectadas	<p>Consiste em aquecer os pavimentos numa faixa de 60 a 80 cm ao longo das paredes, de forma a que a sua temperatura superficial seja superior em cerca de 5 °C à temperatura do ar ambiente. Deste modo, cria-se uma corrente ascensional de ar mais quente e, por conseguinte, com uma humidade relativa menor, o que não só impedirá a ocorrência de condensações mas também favorecerá a secagem das paredes. Utiliza-se, nos casos correntes, uma potência eléctrica de 40 a 70 W por metro linear de parede. Esta potência é dissipada em resistências eléctricas inseridas no pavimento sobre uma camada de material isolante, como se apresenta de seguida.</p>  <p>De uma forma geral, considera-se que o aquecimento do pavimento é eficaz até uma altura da parede de 4 a 4,5 m.</p>
Limitação da ventilação	<p>Consiste em limitar a ventilação nas horas mais quentes do dia</p>

Nota: Quadro realizado de acordo com Henriques (2007).

6.3.6 Consolidação e Limpeza Superficial da Parede

Nas paredes antigas de tijolo cerâmico deve ser realizada uma consolidação para minimizar a deterioração dos elementos da parede. Para este fim, deve aplicar-se, a pincel ou com pulverizador, um consolidante que contenha silicato de etilo (tipo TEGOVAKON[®] ou equivalente), de forma cuidadosa (Ramos e Lourenço, 2002).

Em seguida, deve proceder-se à limpeza superficial das paredes com água nebulizada para eliminar todas as formas patológicas capazes de produzir degradações nas mesmas. A água deverá ser pura, livre de substâncias contaminantes e de sais, desionizada e/ou destilada. As partículas de água deverão ter dimensões médias compreendidas entre os 5 e 10 micrões. A alimentação da água deverá utilizar uma pressão de 3 atmosferas aproximadamente. A operação deverá ser efectuada a uma temperatura externa de pelo menos 14 °C e efectuada em intervalos regulares. Em qualquer caso, o tempo de intervenção não deverá nunca exceder as 4 horas consecutivas de lançamento de água, para evitar a excessiva impregnação por parte da parede a tratar (Campanella e Mateus, 2003).

6.3.7 Dessalinização

Depois de efectuadas as intervenções de eliminação da humidade ascensional, da humidade de precipitação e da humidade de condensação, e ainda de consolidação e limpeza superficial da parede, deve proceder-se à eliminação das eflorescências de sais que existam na mesma.

Todavia, antes de se proceder à limpeza superficial da parede, deverão ser identificados os tipos de sais presentes. Para o efeito, serão recolhidas amostras de material a analisar em laboratório ou levados a cabo testes superficiais expeditos *in situ*. Com estes processos, poderá ser avaliada a aderência das eflorescências aos tijolos cerâmicos, a solubilidade das substâncias em água e, em caso negativo, a reactividade química ao ácido clorídrico (efervescência com ácido clorídrico) e o sabor (se salgado ou amargo), obtendo-se deste modo indicações aproximadas sobre a tipologia do sal presente e sugerir a modalidade de intervenção (Campanella e Mateus, 2003).

A dessalinização pode ser efectuada com produtos impregnantes ou hidrorrepelentes (resinas silicónicas) que tendem a transformar quimicamente os compostos higroscópicos em compostos estáveis. Tais produtos serão utilizados com grande cautela, de modo a não causar posteriores problemas. A conversão dos sais solúveis em compostos insolúveis só dá bons resultados com os sais sulfatos. Com os sais cloretos produzem-se compostos de baixa solubilidade. Os sais carbonatos podem ser facilmente convertidos e os sais nitratos são absolutamente refractários a este tipo de tratamento (Campanella e Mateus, 2003).

O processo de remoção dos sais pode ainda ser realizado através da aplicação de pasta de celulose embebida em água destilada na superfície da parede. Este processo deve ser precedido de consolidação superficial das paredes nas áreas mais debilitadas, de modo a não agravar nem provocar a queda de material (Ramos e Lourenço, 2002).

Em casos especiais, poderão ser realizadas injeções com água desionizada no interior das paredes, de forma a acelerar o processo de migração dos sais para o exterior. O processo é muito longo e exige o uso de materiais e operadores especiais (Campanella e Mateus, 2003).

No caso de paredes não rebocadas, poderá aplicar-se um reboco de absorção para acelerar o fenómeno de eflorescências de sais e evitar que estes se depositem na superfície dos tijolos. Este reboco deve ter uma composição muito fraca (300 kg de cal extinta para 1 m³ de areia) para poder ser removido com extrema facilidade (Campanella e Mateus, 2003).

Para o caso particular do sulfato e do carbonato de cálcio, poderá ser efectuada uma lavagem com ácido clorídrico diluído em água, numa concentração de 10%, seguida de uma lavagem abundante com água desionizada. Porém, para o carbonato de cálcio é geralmente suficiente uma escovagem cuidada a seco. No caso de eflorescências dos sulfatos alcalinos (sódio e potássio) pode usar-se este último método, lavando abundantemente com água desionizada depois da escovagem (Campanella e Mateus, 2003).

Antes de se proceder a qualquer tratamento ou revestimento superficial, é sempre de boa norma conceder às paredes um tempo relativamente longo para expelirem os sais ainda presentes. Este período de tempo, difícil de avaliar, não deverá ser inferior a 4-6 meses, se se quiser obter um resultado mínimo.

6.3.8 Extinção da Microflora

Após a dessalinização das superfícies das paredes, dever-se-á eliminar a microflora – vegetação inferior –, nas zonas onde esta foi detectada. No Quadro 6.11 são mencionados os tipos de intervenção para eliminação da microflora.

Quadro 6.11 – Tipos de intervenção para eliminação da microflora

Tipos de intervenção	Observações
Irrigação de substâncias químicas: <ul style="list-style-type: none"> Sais de amónio quaternário, indicados para algas cianofíceas e clorofíceas; Compostos de cobre (como sulfato de cupritetramina) numa solução de água com uma concentração a 1-3%, indicados para qualquer tipo de algas; 	<ul style="list-style-type: none"> Os tratamentos poderão ser repetidos sempre que se considere necessário; Os tratamentos devem ser sempre seguidos de lavagens abundantes com água, para eliminar qualquer resíduo de biocida.
Aplicação de lamas ou pastas (por exemplo à base de argila e metilcelulose), indicadas para casos mais obstinados e difíceis.	<ul style="list-style-type: none"> Os produtos devem ser deixados a actuar durante períodos de 1 a 2 dias.
Esterilização com radiações ultravioletas, indicada para algas cianofíceas e ciano-bactérias.	<ul style="list-style-type: none"> Para a esterilização são usadas lâmpadas de 40 Watt, colocadas a uma distância de cerca de 10 - 20 cm dos paramentos superficiais da parede e deixadas a actuar ininterruptamente por uma semana.
Remoção mecânica por meio de espátulas ou outros instrumentos (por exemplo pincéis de pêlo rígido), indicada para musgos.	<ul style="list-style-type: none"> Deve evitar-se raspar a superfície dos paramentos da parede; A remoção mecânica deve ser seguida da aplicação de biocida.
Aplicação de solução aquosa de hipoclorito de lítio com uma concentração a 1-2%, indicada para musgos e líquenes.	<ul style="list-style-type: none"> Sem observações.
Aplicação de biocida (tipo Preventol, ou equivalente) numa solução aquosa altamente concentrada, indicada para algas, limos, líquenes e culturas de fungos e bactérias.	<ul style="list-style-type: none"> Após aplicação de biocida, a remoção dos microorganismos será efectuada com escovas de pelo natural e, eventualmente, sabão neutro nas zonas mais afectadas.

Nota: Quadro elaborado segundo Campanella e Mateus (2003) e Ramos e Lourenço (2002).

6.3.9 Desmonte e Substituição Parcial da Parede

A finalidade desta intervenção deve ser a de integrar partes de parede absolutamente irrecuperáveis, que tenham deixado de exercer a sua função estática e/ou mecânica, através de uma substituição gradual que não deve, no entanto, interromper, durante o curso dos trabalhos, a funcionalidade estática do elemento construtivo.

As partes de parede a substituir devem ser delimitadas, bem como identificadas as zonas das sucessivas intervenções que se irão realizar, de forma sempre alternada para se poder dispor continuamente de um volume suficiente de parede resistente (Campanella e Mateus, 2003).

A substituição parcial de parede deve começar pela abertura de um corte na primeira zona de intervenção. Seguidamente pode passar-se à reconstrução da porção demolida com tijolos cerâmicos, que apresentem características físicas, características mecânicas e cor semelhantes às dos tijolos cerâmicos existentes, assentes com uma argamassa magra de cal hidráulica natural (com baixo teor de cal hidráulica natural) (Campanella e Mateus, 2003, e Ramos e Lourenço, 2002).

6.3.10 Reparação da Fendilhação

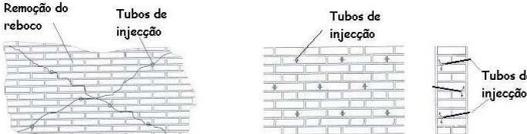
A fendilhação em paredes antigas de tijolo cerâmico pode ter várias origens, como referido no sub-sub-capítulo 5.2.1. Caso se detecte a fendilhação em paredes de tijolo cerâmico na fase de investigação, ou ainda aquando da remoção do reboco antigo, deve proceder-se ao seu tratamento. De seguida descrevem-se nas alíneas i), ii), iii) e iv) as soluções de reparação de fendilhação mais usuais, podendo ser usadas separadamente ou em conjunto, consoante o tipo de fendilhação (de pequena ou significativa largura), a importância e o grau de estabilização das fendas existentes em paredes de tijolo cerâmico.

i) Injecções

A técnica de injeção consiste na emissão de uma calda fluida (de cimento, de cal ou de resinas orgânicas), em furos previamente efectuados nas paredes, com o objectivo de preencher as fendas existentes de significativa largura. Quando a parede apresentar uma rede de vazios comunicantes entre si, estes devem ser preenchidos pela técnica de injeção antes da reparação das fendas (Roque, 2002).

No Quadro 6.12 são indicados os factores e procedimentos mais importantes nas várias fases do processo de injeção.

Quadro 6.12 – Fases e descrição do processo de injeção

Fases	Descrição
Seleção da injeção	Existem diferentes soluções de injeção classificadas em função do processo utilizado. Assim, pode recorrer-se a: <ul style="list-style-type: none"> • injeção sob pressão: em que a calda é injectada através de tubos de adução, procedendo-se de baixo para cima e dos extremos em direcção ao centro, de forma a evitar desequilíbrios que possam tornar instável o equilíbrio da parede. Este tipo de solução é frequentemente utilizado em paredes pouco degradadas, desde que apresentem capacidade para conter a pressão das injeções; • injeção por gravidade: realizada mediante emissão de calda através de tubos de adução ou por meio de utilização de seringas hipodérmicas actuando sobre tubos dispostos na parede. Adota-se este tipo de solução em paredes fortemente degradadas.
Seleção dos produtos a utilizar	Para a definição da composição de uma calda de injeção compatível com as características da parede, é necessária uma prévia análise física (granulométrica) e química das argamassas existentes. Os componentes das caldas de injeção são o(s) ligante(s), a água e eventuais aditivos. Consoante o tipo de ligante, a calda pode classificar-se de acordo com o indicado no Anexo V.2.
Preparação da parede	Antes de se proceder à injeção há que preparar a parede onde se vai intervir, de acordo com as seguintes operações: <ul style="list-style-type: none"> • Remoção de reboco: para verificar o estado da parede; • Limpeza da superfície da parede: de modo a eliminar eventuais substâncias solúveis (como o gesso) ou insolúveis. A lavagem pode ser efectuada com jacto de água, de baixa ou alta pressão, tomando, neste último caso, as devidas preocupações para não danificar a parede. Em alternativa à lavagem, particularmente no caso de utilização de resinas orgânicas (poliméricas), pode ser realizada uma limpeza mecânica com ar comprimido ou, no caso de presença de substâncias especiais, com recurso à lavagem química; • Refechamento de juntas e selagem de fissuras: para evitar a perda da calda durante a operação de injeção. Para a selagem das fissuras deve utilizar-se uma calda compatível com a argamassa existente. Quanto ao refechamento das juntas, que consiste na remoção parcial e substituição da argamassa degradada nas mesmas por outra com propriedades semelhantes à existente, é necessário a realização das operações seguintes: <i>remoção parcial da argamassa das juntas</i> numa profundidade máxima de cerca de 1/3 da espessura total da parede, quer se actue de um ou de ambos os lados da parede, tendo o cuidado neste último caso de preencher as juntas em que argamassa foi removida de um dos lados da parede antes de se dar início à remoção na face oposta; <i>lavagem das juntas abertas com água (a baixa pressão)</i> para limpar as ranhuras abertas e para limitar a absorção pela parede da água da argamassa; e <i>reposição das juntas</i> mediante cuidadoso preenchimento, com diversas camadas de argamassa, bem compactadas, desde a zona mais profunda das ranhuras abertas.
Procedimento de injeção	O processo de injeção mais utilizado é a injeção sob pressão, tendo os seguintes procedimentos: <ul style="list-style-type: none"> • disposição e execução dos furos de injeção - os furos são geralmente executados por meio de um berbequim mecânico de rotação (devem evitar-se os dispositivos de percussão), nas juntas de argamassas até uma profundidade adequada, entre 2/3 a 3/4 da espessura da parede, e com ligeira inclinação para baixo. A intervenção está, geralmente, condicionada a uma só face da parede, devido à presença de rebocos, no entanto, para paredes de grande espessura (70 cm ou mais) deve considerar-se a possibilidade de intervenção de ambos os lados. Por razões de eficácia, uma distribuição de elevado número de furos, de pequeno diâmetro, é preferível relativamente a uma distribuição de poucos furos, de grande diâmetro;  <ul style="list-style-type: none"> • colocação de tubos de injeção – os tubos podem ser de material plástico ou de alumínio e são introduzidos e fixados nos furos com ligantes de presa rápida, para evitar a fuga da calda durante a operação de injeção. Os diâmetros dos tubos mais utilizados são em média de 15 a 20 mm. É aconselhável que os tubos fiquem salientes, pelo menos, 10 cm da face da parede para que, no final da operação, se possa efectuar alguma sobrepressão em alguns furos; • lavagem ou molhagem interior dos vazios - é recomendável uma lavagem ou molhagem interna da parede, através da introdução de água pelos tubos de adução instalados. Quando se usam resinas poliméricas deve proceder-se a uma limpeza prévia com insuflagem de ar comprimido. • injeção – Para facilitar a penetração da calda nos vazios da parede é aconselhável a prática de pressões até 0.15 MPa. Porém, saliente-se que pressões muito baixas podem reduzir a penetração da calda, impedindo, igualmente, o preenchimento dos vazios. A injeção deve processar-se de baixo para cima, sendo o controlo do preenchimento feito pelo aparecimento do produto injectado nos orifícios onde se está a proceder à injeção. Na fase final de injeção, quando a parede não receber mais calda, a pressão pode, eventualmente, ser aumentada até um limite de 4 atm, com o objectivo de promover a drenagem da água existente.

Nota: Quadro efectuado de acordo com Roque (2002).

ii) Desmonte e reconstituição

Trata-se de uma técnica de substituição pontual de elementos de parede, mediante cuidadosa acção de desmonte e sua reconstrução de melhor qualidade, usando tijolos originais ligados por argamassas gordas de cal e areia (Roque, 2002). É uma técnica morosa, mas muito eficaz para melhorar a capacidade mecânica das paredes e corrigir fendilhações. A substituição pontual de elementos de parede deve efectuar-se por pequenos tramos com contornos irregulares, de forma a permitir uma boa ligação entre o material aplicado de novo e o material existente. O desmonte de elementos estruturais exige um prévio escoramento que sustente, temporariamente, a zona que gravita sobre o elemento em reconstrução, até que este possa entrar novamente em carga. Esta técnica utiliza-se no caso de fendilhação estabilizada com fendas de grande largura concentradas em determinadas zonas das paredes.

iii) Rebocos armados

Os rebocos armados podem constituir uma técnica eficaz de reparação/reforço se as alterações estéticas inerentes ao recobrimento da parede de tijolo cerâmico face à vista não forem relevantes ou se a parede de tijolo cerâmico tiverem recobrimento. Estes rebocos destinam-se a paredes em bom estado geral, mas com acentuada degradação superficial. O contributo dos rebocos armados verifica-se na melhoria da resistência superficial à tracção e ao corte das paredes, bem como no controlo da sua fendilhação e, nalguns casos, na melhoria da continuidade da ligação entre elementos (por exemplo entre paredes ortogonais).

Esta técnica consiste na aplicação de uma armadura de reforço fixada por pontos sobre a parede e, posteriormente, recoberta com uma camada de argamassa, com espessura de 2 a 3 cm (Figura 6.1), aplicada manualmente ou projectada (Roque 2002). Frequentemente são usadas como armadura a malha de aço electrossoldada e a malha de metal distendido. Porém, podem ainda utilizar-se armaduras sintéticas, como a rede de fibra de vidro ou as fibras curtas sintéticas, ou fibras curtas em aço.



Figura 6.1- Aplicação de armadura e projecção de argamassa para consolidação e reforço de parede de alvenaria (INH e LNEC, 2006)

Deve ter-se um particular cuidado com o problema da corrosão das armaduras, utilizando-se metais inoxidáveis ou assegurando a sua protecção com processo de eficácia garantida a longo prazo.

As pregagens para a fixação da malha à parede devem ser pequenas, com diâmetros entre 1,5 a 2,5 mm e espaçamentos, em quincôncio, segundo os vértices de uma malha de triângulos equiláteros com 20 a 40 cm de lado (Roque, 2002).

No que respeita às fibras sintéticas, as de vidro têm sido as mais usadas, em detrimento às de poliaramida, de polipropileno ou de poliéster, por manifestarem a melhor relação entre factores como a facilidade de aplicação, as características mecânicas e o custo (Veiga, 1994).

As argamassas de recobrimento das armaduras podem ser inorgânicas (cimentícias ou tradicionais), sintéticas ou mistas. Em paredes antigas de tijolo cerâmico deve evitar-se a utilização de argamassas cimentícias e de argamassas sintéticas, por razões de compatibilidade (características mecânicas, capilaridade, permeabilidade ao vapor de água e facilidade de secagem diferentes).

As fendas localizadas, com origem num mau comportamento global da estrutura, desde que estabilizadas, podem ser reparadas através da aplicação de uma faixa de malha electrossoldada fixada à parede e recoberta com argamassa, sendo para tal necessário proceder-se à prévia selagem das fendas.

iv) Refechamento de juntas com armadura

A técnica de refechamento de juntas com armadura consiste na remoção parcial da argamassa das juntas e na colocação de armaduras de reforço (aço inoxidável ou laminados FRP) antes de se proceder ao seu refechamento. Em paredes de grande espessura a eficácia desta solução pode ser melhorada se a armadura for aplicada de ambos os lados e ligada por pregagens transversais (Figura 6.2).

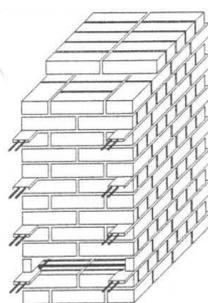


Figura 6.2 – Exemplo de aplicação do refechamento de juntas com armadura, combinado com pregagens transversais, em parede de duas vezes tijolo (Roque, 2002)

O refechamento de juntas com armadura é uma boa solução do ponto de vista do funcionamento mecânico, por explorar as potencialidades da aderência entre as armaduras de reforço e a argamassa de refechamento, com reflexos positivos no controlo da dilatação transversal, associada a elevadas tensões de compressão, e dos seus efeitos. É assim uma boa solução a utilizar em paredes com fissuração superficial difusa (devido a fenómenos de

deformação, amplitudes térmicas ou higrotérmicas), com possibilidade de instabilização dos paramentos, especialmente, se combinada com pregagens transversais.

A acção combinada de reforços longitudinais com pregagens transversais tem um efeito confinante, sobre a secção, que contribui para diminuir, ou mesmo impedir, a fissuração, devido à transferência das tensões de tracção da parede para as armaduras. No Quadro 6.13 indicam-se as operações necessárias ao refechamento de juntas com armadura.

Quadro 6.13 – Operações da solução de refechamento de juntas com armadura

Operações da solução de reparação	Descrição
Inspeção prévia	Consiste na verificação das condições da parede, tais como a presença de vazios, que necessitem ser previamente injectados, e a necessidade de substituição de algum elemento. Para esta inspecção pode ser necessária a remoção do reboco superficial.
Abertura de ranhuras na argamassa das juntas horizontais	Consiste na execução de ranhuras na argamassa das juntas horizontais, com o auxílio de berbequim eléctrico comum ou de serra circular, com uma profundidades média generalizável, para a maioria das paredes, de 50 a 70 mm e com uma altura mínima de 10 mm. A dimensão das ranhuras deve permitir a fácil introdução do material de reforço e, simultaneamente, manter a estabilidade da parede assegurada pela secção transversal residual da junta.
Remoção de elementos soltos de obstrução	Consiste na eliminação de elementos soltos de obstrução, com recurso a ferramentas manuais, como espátulas, e na remoção de pós e partículas soltas, com ar comprimido ou água, consoante o tipo de material de refechamento a utilizar.
Aplicação da primeira camada de enchimento	Consiste na aplicação de uma camada de argamassa compatível com a existente, convenientemente compactada, sobre a qual se instalam os elementos de reforço.
Colocação do material de reforço	Consiste na aplicação de barras ou lâminas de aço (de preferência inoxidável, por exigências de durabilidade), ou de materiais compósitos de matriz polimérica (FRP – Fober Reinforced Polymer), em laminados ou em barras. As superfícies destes últimos materiais devem ser rugosas (ou nervuradas), para melhorar o atrito e a aderência com a argamassa envolvente. Com o mesmo propósito, as superfícies das barras de aço devem ser limpas a jacto de areia. É também aconselhável a utilização de posicionadores nos elementos de reforço, de modo a facilitar um bom envolvimento pela argamassa. Devido à pequena espessura das ranhuras (usualmente entre 10 a 15 mm) apenas podem utilizar-se reforços de reduzidas dimensões (4 a 6 mm).
Aplicação do material de recobrimento dos reforços	A segunda camada da argamassa de enchimento deve ser cuidadosamente aplicada, como recobrimento, sobre o material de reforço. Durante esta operação, se necessário, podem ser inseridos elementos de reforço adicionais
Selagem final das juntas	A última camada deve ser colocada nos 15 a 20 mm remanescentes. Podem ser utilizadas argamassas aditivadas, para satisfação de determinadas exigências estéticas (por exemplo argamassa pigmentada) ou funcionais (por exemplo selagem de protecção).

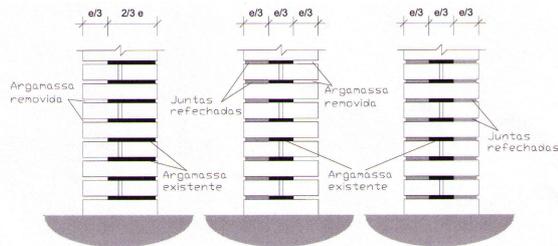
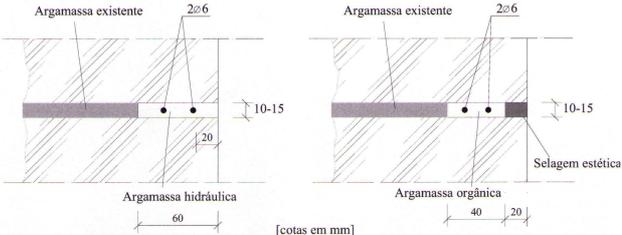
Nota: Quadro realizado segundo Roque (2002).

6.3.11 Refechamento das Juntas

Esta técnica de reparação tem por objectivo restaurar as condições de integridade da parede de tijolo cerâmico, no que se refere à presença de argamassas degradadas nas juntas, permitindo melhorar as características mecânicas e de protecção da mesma.

A escolha da argamassa de refechamento das juntas é função da finalidade da intervenção e das condições de compatibilidade com o material existente. No Quadro 6.14 são referidas as operações necessárias à execução do refechamento de juntas.

Quadro 6.14 – Operações da solução de refechamento de juntas

Operações da solução de reparação	Descrição
Remoção parcial da argamassa das juntas	<p>Consiste na extracção e limpeza da argamassa existente nas juntas, numa profundidade de 5 a 7 cm. No caso de a intervenção ser programada para ambos os lados da parede, a profundidade máxima da extracção deve ser de cerca de 1/3 da espessura total da parede. Neste caso, para não prejudicar a estabilidade da parede, as juntas com argamassa removida devem ser preenchidas antes de se dar início à remoção na face oposta.</p> 
Lavagem das juntas abertas	<p>Consiste na lavagem das juntas abertas com água desionizada (a baixa pressão), para limpar as ranhuras abertas e para limitar a absorção pela parede da água da argamassa.</p>
Reposição das juntas	<p>A operação de reposição das juntas deve realizar-se mediante cuidadoso preenchimento, com várias camadas de argamassa, desde a zona mais profunda das ranhuras abertas. Para o efeito, deve ser aplicado um primeiro emboço à base de cal hidráulica natural, livre de sais solúveis, com areia crivada (relação 1:2 entre o ligante e o inerte, geralmente recomendada). O emboço deve ser aplicado com pequenas espátulas evitando cuidadosamente tocar as superfícies não afectadas pela intervenção (seja com a argamassa seja com as espátulas). Estas superfícies podem ser protegidas pela aplicação de nastro adesivo nos seus contornos. O acabamento do refechamento das juntas pode ser efectuado depois, consoante os casos, com: pasta de cal aérea e areia fina, eventualmente aditivada; pasta de cal e areia de granulometria média; pasta de cal aérea e tijolo moído; ou pasta de cal aérea e pó de pedra (relação 1:3 entre o ligante e o inerte, geralmente recomendada). A escolha dos inertes será ditada pelas análises previamente realizadas a partir de amostras, pela sintonia cromática que se deseje obter com as argamassas existentes (no caso de pequenos refechamentos) ou pelo contraste desejado (no caso de porções de parede mais vastas). As argamassas de refechamento podem ainda ser aditivadas quimicamente com resinas epóxicas (sempre que se exija alta adesividade em preenchimento de juntas profundas não expostas a raios UV), resinas acrílicas ou acrílicas silicónicas.</p> 

Nota: Quadro elaborado de acordo com Campanella e Mateus (2003) e Roque (2002).

6.3.12. Hidrofugação pelo Exterior

Finalizadas as correcções de todas as anomalias da parede e no caso de esta ser de tijolo cerâmico face à vista, deve proceder-se à aplicação sobre a mesma de um consolidante, de modo a evitar posteriores penetrações de humidades. Para o efeito, deve empregar-se um hidrofugante incolor de materiais porosos e minerais, que contenha siloxanos (tipo AGUASIL ou equivalente), por impregnação, que impedirá também a reinfestação por microrganismos (Ramos e Lourenço, 2002).

6.4 Ficha de Reparação de Patologia

Com o objectivo de permitir o registo da patologia e a sua reparação apresenta-se um modelo de ficha que se encontra organizado em cinco secções, cada uma com função determinada, conforme indicado de seguida:

- Identificação do edifício;
- Elemento afectado;
- Caracterização da patologia;
- Investigação;
- Reparação.

A primeira secção destina-se a identificar o edifício em que encontra a patologia a reparar. Nesta secção faz-se referência à designação, à localização e à época de construção do edifício.

A segunda secção dirige-se para a identificação do elemento afectado. Nesta secção menciona-se o tipo de parede, em função da sua espessura, a situação do mesmo, relativamente à sua localização no edifício, e o processo de fabrico do tijolo.

A terceira secção destina-se a caracterizar a patologia. Nesta secção faz-se referência ao tipo de patologia, aos seus sintomas, às suas causas prováveis e ao potencial desenvolvimento dos danos. Essa informação deve permitir a definição objectiva da estratégia de investigação e, posteriormente, de reparação.

A quarta secção incide nas acções de investigação. Nesta secção mencionam-se os aspectos a considerar na operação da investigação, designadamente os principais elementos e características a inspeccionar e os factores que devem ser sujeitos a observação e análise rigorosas.

Por último, a quinta secção destina-se a caracterizar o modo de actuação nas acções de reparação. Nesta secção assinalam-se as acções de reparação, nomeadamente aquelas que se destinam a efectuar a protecção imediata da situação, bem como as mais adequadas à correcção da patologia, segundo a prioridade dos diversos processos.

No Anexo VI apresentam-se fichas de reparação relativas às anomalias mais frequentes em paredes antigas de tijolo cerâmico.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Síntese e Considerações Gerais

Na reparação de paredes antigas de tijolo cerâmico é necessário um aprofundamento de conhecimentos em duas vertentes: a primeira ao nível histórico, técnico e da caracterização das mesmas, e a segunda sobre a investigação e as acções de reparação enquadradas pelas patologias correntes.

A presente dissertação cumpre, assim, o objectivo principal definido inicialmente, designadamente a contribuição para o conhecimento da evolução histórica e técnica, da caracterização, das patologias e da reparação das paredes antigas de tijolo cerâmico, sendo a reparação enquadrada, por um lado, pela investigação e, por outro, pelas acções de intervenção.

O tijolo cerâmico em Portugal, tanto ao nível histórico como ao nível técnico, foi enquadrado em diferentes períodos por ordem cronológica, como material de construção em paredes de edifícios. Assim, pode afirmar-se que a partir de 1930 as construções em paredes de tijolo cerâmico com funções estruturais tiveram o seu declínio com o advento do betão armado, passando o tijolo cerâmico a ocupar a função secundária de material de enchimento.

A classificação das paredes antigas de tijolo cerâmico em função da sua espessura e as características inerentes à sua construção, apresentadas neste trabalho, demonstraram que têm elevada importância numa actuação objectiva e rigorosa de reparação, em particular, e respectivamente, na definição da espessura da parede em função do número e disposição dos tijolos e nas características e regras construtivas gerais que conferiam estabilidade e durabilidade às paredes.

As patologias em paredes antigas de tijolo cerâmico podem ter diversas causas, mas basicamente devem-se a factores físicos (acções sísmicas e movimentos diferenciais das fundações) e a factores ambientais (poluição atmosférica, alterações climatéricas e colonizações biológicas). Estas patologias são agravadas com o envelhecimento natural dos materiais.

Para a reparação das paredes antigas de tijolo cerâmico é fundamental o estabelecimento prévio de uma rigorosa metodologia de intervenção, organizada num conjunto de acções sequenciais de cumprimento obrigatório.

Da análise do procedimento preliminar aos trabalhos de reparação, pode dizer-se que a investigação das patologias em paredes antigas de tijolo cerâmico permite a identificação das causas mais prováveis das mesmas, de modo a possibilitar a reparação onde elas ocorram.

Outro aspecto essencial para a reparação das paredes antigas de tijolo cerâmico é a elaboração de um projecto de reparação, com base nos resultados da investigação, sendo necessário para isso definir acções de reparação.

A complexidade dos trabalhos de reparação das paredes antigas de tijolo cerâmico exige uma coordenação especializada, com necessidade de um conhecimento para além daquele que está inerente às acções de reparação das mesmas.

7.2 Desenvolvimentos Futuros

No decorrer desta investigação foram abordadas algumas temáticas que carecem ainda de estudos mais aprofundados. Assim, referem-se de seguida possíveis temáticas de desenvolvimento futuro:

- Aplicação a um caso de estudo da metodologia de intervenção para reparação de paredes antigas de tijolo cerâmico mencionada neste trabalho;
- Complementação das fichas de reparação de patologia apresentadas neste estudo, com referência à durabilidade, aos custos de aplicação e à eficácia expectável das soluções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcão, J., (2004). “Introdução ao Estudo da Tecnologia Romana”. Cadernos de Arqueologia e Arte, 7. Instituto de Arqueologia da Faculdade de Letras de Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Almeida, C., Almeida, A. e Leal A. (1987). “O Forno Cerâmico Romano do Eixo – Aveiro”. Portugal, Nova Série - Vol. VIII, Instituto de Arqueologia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto, pp. 69 – 80.
- Barros T. (1948). “Sumário de História de Portugal”. 24.^a edição. Editora Educação Nacional de Adolfo Machado, Porto.
- Broto, C. (2005). “Enciclopédia Broto de Patologias de la Construcción”. Tomo 2 – Materiales I (Pétreos, cerâmicos y madeira). Arian Mostaedí. Barcelona.
- Cabido, A. (1911-a). “Chorografia Industrial do Concelho de Aveiro – Monografia Estatística”. Boletim do Trabalho Industrial N.º 53. Ministério do Fomento – Direcção Geral do Comércio e Industria. Imprensa Nacional, Lisboa.
- Cabido, A. (1911-b). “Chorografia Industrial do Concelho de Aveiro – Monografia Estatística”. Boletim do Trabalho Industrial N.º 60. Ministério do Fomento – Direcção Geral do Comércio e Industria. Imprensa Nacional, Lisboa.
- Cabido, A. (1911-c). “Chorografia Industrial do Concelho de Ilhavo – Monografia Estatística”. Boletim do Trabalho Industrial N.º 56. Ministério do Fomento – Direcção Geral do Comércio e Industria. Imprensa Nacional, Lisboa.
- Cabido, A. (1911-d). “Chorografia Industrial dos Concelhos de Mealhada e Vagos – Monografia Estatística”. Boletim do Trabalho Industrial N.º 50. Ministério do Fomento – Direcção Geral do Comércio e Industria. Imprensa Nacional, Lisboa.
- Cabido, A. (1912). “Chorografia Industrial do Concelho de Viseu – Monografia Estatística”. Boletim do Trabalho Industrial N.º 64. Ministério do Fomento – Direcção Geral do Comércio e Industria. Imprensa Nacional, Lisboa.
- Caetano, L. (1985). “A Indústria no Distrito de Aveiro – Análise Geográfica relativa ao Eixo Rodoviário Principal (EN N.º.1) entre Malaposta e Albergaria-a-Velha”. Volume I e II. Faculdade de Letras de Coimbra, Coimbra.
- Campbell, J. e Pryce, W. (2005). “História Universal do Tijolo”. Caleidoscópio - Edição e Artes Gráficas, S.A., Casal de Cambra.
- Campanella, C. e Mateus, J. (2003). “Obras de Conservação e Restauro Arquitectónico – Condições Técnicas Especiais”. Câmara Municipal de Lisboa – Licenciamento urbanístico e Reabilitação Urbana, Lisboa.
- Comissão Central Directora do Inquérito Industrial (1881). “Inquérito Industrial de 1881 – Visita às Fábricas”. Livro primeiro e segundo. Imprensa Nacional, Lisboa.

- Fernandes, F.; Lourenço, P.; Castro, F. (2003). “Caracterização de tijolos antigos”. 3.º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios (3 ENCORE), Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, pp. 385 – 394.
- Fernandes, F. e Lourenço, P. (2007). “Estado da arte sobre tijolos antigos”. Congresso Construção 2007 - 3.º Congresso Nacional, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Ferreira R. (2002). “Conhecer o Tijolo para Construir a Arquitectura”. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, P.B. Lourenço & H. Sousa (Eds.), Porto, 2002. Pp. 111 – 132.
- Freitas, V.; Torres M. e Guimarães A. (2008). “Humidade Ascensional”. Documentos Técnicos 3. 1.ª edição. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP edições.
- Girão, L. (1913). “Estudo sobre a Indústria Cerâmica na 1.ª Circunscrição dos Serviços Técnicos da Indústria”. Boletim do Trabalho Industrial N.º 67. Ministério do Fomento – Direcção Geral do Comércio e Industria. Imprensa Nacional, Lisboa.
- Goes M. (1988). “Beja – XX Séculos de História de uma Cidade”. Tomo I. Câmara Municipal de Beja.
- Gouveia J.; Lourenço P. e Vasconcelos G. (2007). “Soluções Construtivas em Alvenaria”. Congresso Construção 2007 – 3.º Congresso Nacional, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Grade, J. e Moura, A. (1985). “Catálogo das Argilas Portuguesas Utilizadas na Industria Cerâmica”. Ministério da Indústria e Energia – Direcção-geral de Geologia e Minas.
- Henriques, F. (2005). “A Conservação do Património Histórico Edificado”. 2.ª ed.. Memória N.º 775. LNEC, Lisboa.
- Henriques, F. (2007). “Humidade em Paredes”. 4.ª ed.. Colecção Edifícios, CED 1. LNEC, Lisboa.
- ICOMOS (s/d). Comité Científico Internacional para a Análise e Restauro de Estruturas do Património Arquitectónico. “Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico”.
- INH e LNEC (2006). Instituto Nacional de Habitação e Laboratório Nacional de Engenharia Civil. “Guia Técnico de Reabilitação Habitacional”. Vol. 2. Colecção Não Seriados, NS 108. Lisboa.
- Lepierre, C. (1899). “Estudo Chimico e Technologico sobre a Cerâmica Portuguesa Moderna”. Imprensa Nacional, Lisboa.
- Marques, A. (1964). “A Sociedade Medieval Portuguesa – Aspectos de vida quotidiana”. Livraria Sá da Costa Editora, Lisboa.
- Mattoso, J. (1993). “História de Portugal”. Vol. 1.º. Círculo de Leitores, Lisboa.
- Mun M. e Santos S. (1994). “Métodos de Avaliação da Resistência Mecânica das Alvenarias”. 2.º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios (2 ENCORE), Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, pp. 153 – 162.
- Pinho, F. (2008). “Paredes de edifícios antigos em Portugal”. 2.ª edição. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

- Ramos, L e Lourenço, P. (2002). “Investigação sobre as anomalias das chaminés do Paço dos Duques de Bragança (Relatório Final)”. Relatório 02-DEC/E-15. Trabalho realizado pela Escola de Engenharia do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho por solicitação do Instituto Português do Património Arquitectónico (IPPAR), Guimarães.
- Rodrigues, M. (1996). “Os industriais de cerâmica: Aveiro, 1882-1923”. *Análise Social*, Vol. XXXI, Revista do Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa, Lisboa, pp. 631 – 682.
- Rodrigues, M. e Mendes J. (1999). “História da Indústria Portuguesa da Idade Média aos Nossos Dias”. Publicações Europa-América, Lisboa.
- Rodrigues, M., Sousa P. e Bonifácio H. (2002). “Vocabulário Técnico e Crítico de Arquitectura”. 3.^a edição. Quimera Editores.
- Roque, J. (2002). “Reabilitação Estrutural de Paredes Antigas de Alvenaria”. Tese de Mestrado. Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Guimarães.
- Soeiro, T., Alves J., Lacerda S. e Oliveira J. (1995). “A cerâmica Portuense – Evolução Empresarial e Estruturas Edificadas”. *Portvgalia*, Nova Série – Vol. XVI, Instituto de Arqueologia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto, pp. 203 – 287.
- Segurado, J. (s/d-a). “ Alvenaria, Cantaria e Betão”. Biblioteca de Instrução Profissional, Lisboa.
- Segurado, J. (s/d-b). “Materiais de Construção”. 5.^a edição actualizada. Biblioteca de Instrução Profissional, Lisboa
- Silva, J. e Calado M. (2005). “Dicionário de Termos de Arte e Arquitectura”. Editorial Presença, Lisboa.
- Silva, J. e Sousa, A. (2000). “Manual de Alvenaria de Tijolo“. APICER, Lisboa.
- Simões, A. (1966). “O Tijolo, Velho e Sempre Novo Material de Construção”. Memória N.º 291. LNEC, Lisboa.
- Teixeira, L. (1985). “Dicionário Ilustrado de Belas-Artes”. Editorial Presença, Lisboa.
- Torres, C. e Macias, S. (1998). “O Legado Islâmico em Portugal”. Circulo de Leitores, Lisboa.
- Vasconcellos, J. (1907). “ Industria de Cerâmica”. Biblioteca de Instrução Profissional, Lisboa.
- Veiga, M. (2006). “Argamassas de Cal na Conservação de Edifícios Antigos”. 2.^aedição. Colecção Comunicações, COM 117. LNEC, Lisboa.
- Veiga, M. (1994). “Evolução com o tempo das características mecânicas de redes de fibra de vidro utilizadas como armadura de argamassa de revestimento de paredes”. Encontro sobre conservação e reabilitação de edifícios (27 de Junho a 1 de Julho de 1994). 2.º ENCORE. LNEC, Lisboa, pp. 673-684.
- Vitrúvio (2009). “Vitrúvio – Tratado de Arquitectura. ”. Tradução, introdução e notas por M. Justino Maciel. IST PRESS, 3.^a edição, Lisboa.

ANEXO I - Fábricas de cerâmica criadas entre o Liberalismo e o fim da 1.ª República

Neste anexo apresentam-se, no Quadro I.1, algumas fábricas de cerâmica do período do Liberalismo ao fim da 1.ª República, que produziam tijolo cerâmico e outros produtos também cerâmicos.

Quadro I.1- Algumas fábricas de cerâmica do período do Liberalismo ao fim da 1.ª República

Designação da Fábrica	Data de Criação	Localização	Produtos fabricados
Companhia Constância	1842	Lisboa	Faiança, louça e tijolo refractário.
Companhia Cerâmica das Devezas, de António de Almeida e Costa & C ^a	1865	Devezas, Gaia	Telha diversa; tijolo maciço, vazado, refractário; azulejo; canos de grés; etc.
“Fábrica da Rua do Almada”	1871	Porto	Tijolo, telha e canos.
António dos Martyres	1871-72	Xabregas, Lisboa	Tijolo.
Fábrica Açoriana de Manuel Leite Pereira	1872	São Miguel, Açores	Louça, faiança, azulejo, telha e tijolo.
Empresa Cerâmica de Alcântara	1879	Alcântara, Lisboa	Tijolo inglês burro, tijolo Filadélfia, tijolo oco de 2, 6 e 9 furos, tijolo inglês burro furado, etc.
Empresa Cerâmica de Lisboa	1881	Lisboa	Telha, tijolo burro e furado, etc.
João de Deus Lobato & Filhos	1882	Lisboa	Telha, telhões, tijolo burro e furado, etc.
Companhia Nacional de Cerâmica	1884	Lisboa	Telha e tijolo.
Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha	1884	Caldas da Rainha	Louça artística, azulejo, telha e tijolo.
Sucursal da Companhia Cerâmica das Devezas	1886	Pampilhosa do Botão	Telha, tijolo, manilhas de grés, botijas, etc.
Companhia Algarviense para Exploração dos Produtos das Artes Cerâmicas	1889	Tavira	Tijolo burro, prensado, furado; telhões; telha diversa, ladrilho, etc.
Fábrica Cerâmica de Fojo	1896	Fojo, Gaia	Tijolo, telha e tubos de grés.
Cerâmica Lusitana	1891	Lisboa	Tijolo, telha, tubos, telha decorativa, etc.
José Monteiro de Lima	1894	Porto	Tijolo, telha e tubos de grés.
Fábrica de Telheiras «J. Lino»	1894	Lisboa	Telha, tijolo maciço e tijolo de 2 furos.
Jerónimo Pereira Campos & Filhos	1896	Aveiro	Telha e tijolo.
Cerâmica Social de Marques	1898	Lisboa	Tijolo.
Fábrica do Prado	Anterior a 1899	Porto	Tijolo e telha.
Progresso Artístico de José J. Almeida Junça	Anterior a 1899	Fonte Santa, Lisboa	Telha, tijolo, balaústres, grande variedade de ornamentos arquitectónicos.
Fábrica dos Baptistas	Anterior a 1899	Funchal, Madeira	Faiança. Tijolo e manilhas produzidos apenas para o próprio forno da fábrica.
Fábrica Cerâmica de Vilar do Paraíso	1900	Junqueira, Gaia	Telha, tijolo e azulejo.
Fábrica de Mourão, Teixeira Lopes & C. ^a	1901	Pampilhosa do Botão	Telha, tijolo e peças diversas.
Empresa Cerâmica da Fonte Nova	1903	Aveiro	Telha, tijolo, azulejo, etc.
Fábrica “Excelsior” de Lacerda, Figueiredo & C. ^a Limitada	1903	Pampilhosa do Botão	Telha, tijolo, ornatos, cumes, clarabóias, etc..
Manuel Salgueiro	1906	Paio, Alcobaça	Telha e tijolo
José Pedrosa de Agostinho	1906	Leiria	Telha e tijolo
Fabrica Cruz & C. ^a	1906	Chelas, Lisboa	Telha e tijolo
José Duarte Frazão	1906	Abra, Santarém	Telha e tijolo
Jerónimo da Cruz Júnior	Anterior a 1910	S. Nicolau, Santarém	Telha e tijolo
Empresa cerâmica de Vila Real	1910	Vila Real	Telha e tijolo de diversos tipos.
Fábrica cerâmica de Ermezinde	1911	Ermezinde	Telha e tijolo de vários feitios.
Companhia Industrial e Comercial Vaguense	1913	Vagos	Tijolo.
Fábrica de Cerâmica de José Monteiro de Lima	Anterior a 1913	Devezas, Gaia	Tijolo, telha e tubos de grés.
Fábrica de S. Paio	1914	Gaia	Tijolo e telha.
Cerâmica Aveirense	1914	Aveiro	Telha, tijolo vermelho e refractário, etc.

Nota: Quadro realizado de acordo com: (Cabido, 1911-c); (Cabido, 1911-d); (Girão, 1913); (Lepierre, 1899); (Rodrigues, 1996); (Rodrigues e Mendes, 1999); e (Soeiro et al, 1995).

ANEXO II – Locais de produção manual de tijolo cerâmico e de telha no período do Liberalismo ao fim da 1.ª República

Neste anexo referem-se, no Quadro II.1, alguns locais em território português de fabrico manual de tijolo cerâmico e de telha no período do Liberalismo ao fim da 1.ª República.

Quadro II.1 – Alguns locais em território português de fabrico manual de tijolo cerâmico e de telha no período do Liberalismo ao fim da 1.ª República.

Distrito	Locais de produção	Produção
Viana do Castelo	⁽¹⁾ Alvarães, freguesia de Viana do Castelo	5 fornos que produziam 6.000 tijolos e 1.500.000 telhas por ano.
	⁽¹⁾ Lanhezes	23 fornos que produziam tijolo e telha.
	⁽¹⁾ Vilar de Mouros	Tijolo e telha com barro que vinha do Monte do Viso.
Braga	⁽¹⁾ Guimarães, principalmente no Prado	Tijolo e telha.
Vila Real	⁽¹⁾ Parada de Cunhos (arredores de Vila Real)	Tijolo e telha, com certa importância.
	⁽¹⁾ Vilar de Nantes e Samaiões, concelho de Chaves	Tijolo de alvenaria, lares e telha ordinária.
	⁽¹⁾ Barreiro (Vila Pouca de Aguiar)	Alguma telha.
Bragança	⁽¹⁾ Salsas, Fermentãos e Quintela	Tijolo e telha.
	⁽¹⁾ Gostei	Tijolo quadrado (0,20 m) que era perfeito e cuidado.
	⁽¹⁾ Pondence, Gradissimo e Sezulfé	Tijolo e telha que não eram produzidos há bastantes anos.
Porto	⁽⁵⁾ Concelho de Povóia	1 forno que produzia telha.
	⁽⁵⁾ Concelho de Gondomar	1 forno que produzia telha.
	⁽⁵⁾ Concelho de Lousada	1 forno que produzia 60 milheiros de telha por ano.
	⁽⁵⁾ Concelho de Amarante	1 forno que produzia telha.
	⁽⁵⁾ Concelho de Baião	5 fornos que produziam telha.
	⁽⁵⁾ Concelho de Valongo	64 fornos que produziam telha.
	⁽⁵⁾ Concelho de Bouças	7 fornos que produziam telha.
	⁽⁵⁾ Concelho de Gaia	150 fornos que produziam telha e ocupavam 300 pessoas.
	⁽⁵⁾ Joaquim José Pereira, na rua do Almada, Porto.	1 forno que produzia tijolo, telha comum e canos de barro.
Aveiro	⁽²⁾ S. Marcos, freguesia de Angeja (Albergaria-a-velha)	1 oficina que produzia durante todo o ano em 2 fornos circulares abobadados, tijolo e louça vermelha.
	⁽²⁾ Barca, freguesia de Angeja (Albergaria-a-velha)	1 estabelecimento com características idênticas ao de S. Marcos. Operava com 1 homem e 4 mulheres.
	⁽²⁾ Freguesia de Alquerubim (Albergaria-a-velha)	7 fornos pertencentes a 2 proprietários que alugavam a quem precisasse cozer telha em troca de 1/6 de telha cozida ou do seu valor. De Maio a Agosto coziavam 270 milheiros.
	⁽²⁾ Freguesia de Ribeira de Fraguas (Albergaria-a-velha)	1 forno alugado nas mesmas condições dos anteriores que cozia aproximadamente 70 milheiros de telha.
	⁽³⁾ Freguesia do Eixo (Aveiro)	3 fornos de forma rectangular com 2 compartimentos, sendo o superior descoberto para cozer telha ordinária. De Maio a Agosto coziavam 180 milheiros de telha.
	⁽³⁾ Freguesia de Oliveirinha (Aveiro)	1 forno de forma idêntica aos da freguesia do Eixo e que cozia de Julho a Setembro 24 milheiros de telha.
	Ovar	Telha preta.
	⁽⁴⁾ Por detrás da Fábrica Mourão, Teixeira Lopes & C.ª, Pampilhosa (Mealhada)	2 fornos que coziavam louça ordinária vermelha e algum tijolo e telha. Outro forno, próximo do anterior, que produzia alguma telha mourisca, manilhas, etc., e empregava uma família. Na Pampilhosa existia outra pequena oficina idêntica à anterior.
	⁽⁴⁾ Na freguesia de Casal Comba (Mealhada)	6 fornos que coziavam telha. Estes fornos eram administrados em comum por um grupo de 42 operários maiores.
	⁽⁴⁾ Fontão e Salgueiro, freguesia de Sôsa (Vagos)	2 fornos que coziavam telha e que cada um deles cozia 6 fornadas de 6 milheiros de telha de Julho a Setembro.
⁽⁴⁾ Freguesia de Sôsa (Vagos).	4 oficinas que coziavam telha ordinária.	
⁽⁴⁾ Freguesia de Vagos.	2 oficinas que coziavam telha ordinária.	
Viseu	⁽⁶⁾ Lugar do Chafariz, (S. João de Lourosa - Viseu)	Pequena oficina que existia desde 1912 e que produzia tijolos, vasos e testos.
	⁽¹⁾ Várzea de Abrunhaes (Lamego) e outras terras do distrito de Viseu	Tijolo e telha.
Guarda	⁽¹⁾ Menouta, Gaia, Sant' Anna, Nave de Haver, Malhada, Cerdeira, Pêra de Moço, Convento de Aguiar, Forno, Telheiro, Ceia (Lajes) e Chaveiral	Telha.
	⁽¹⁾ Touça, concelho Vila Nova de Foz Côa	Tijolo e telha.
Coimbra	⁽¹⁾ Seixo, Sobreda, Aldeia Formosa, Vendas de Galiza, Souverede (concelho de Oliveira do Hospital)	Tijolo e telha.
	⁽¹⁾ Tábua e Percelada (Tábua)	Telha com algum desenvolvimento relativo.
	⁽¹⁾ Outras partes do distrito	Tijolo e telha.

Quadro II.1 - (Continuação) Alguns locais em território português de fabrico manual de tijolo cerâmico e de telha no período do Liberalismo ao fim da 1.^a República.

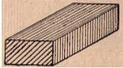
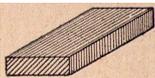
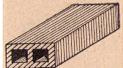
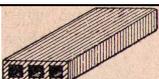
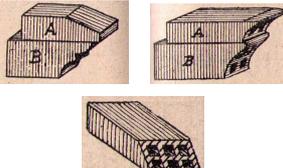
Distrito	Locais de produção	Produção
Castelo Branco	⁽¹⁾ Em Mato (Castelo Branco)	Tijolo e telha.
	⁽¹⁾ Telhado e Alçaria (Fundão)	Tijolo e telha.
	⁽¹⁾ Rosmaninhal, Zibreira e Salvaterra (Idanha-a-Nova)	Tijolo e telha. Em Salvaterra telha.
	⁽¹⁾ Vila Velha de Ródão	Tijolo e telha.
Leiria	⁽¹⁾ Crespos (Pombal)	Tijolo e telha. Existiam no concelho 11 locais de produção.
	⁽¹⁾ Concelho da Marinha Grande	7 locais de produção de tijolo e de telha comum.
	⁽¹⁾ Concelho de Porto de Mós	19 locais de produção de tijolo e de telha, sendo 12 em Pedreiras e Fornos de Telha.
	⁽¹⁾ Concelho de Peniche	8 locais de produção de tijolo e de telha.
	⁽¹⁾ Concelho de Óbidos	12 locais de produção de tijolo e de telha.
	⁽¹⁾ Concelho de Figueiró dos Vinhos	7 locais de produção de tijolo e de telha.
	⁽¹⁾ Concelho de Alcobaça	8 locais de produção de tijolo e de telha, sendo 6 locais de produção em Cruz da Légua.
	⁽¹⁾ Concelho de Alvaiázere	2 locais de produção de tijolo e de telha.
	⁽¹⁾ Concelho de Caldas da Rainha	22 locais de produção de tijolo e de telha.
	⁽¹⁾ Almeirim	Vários locais de produção de tijolo e de telha do tipo vulgar e de Marselha.
	⁽¹⁾ Santarém	Pequenos locais de produção de tijolo e de telha.
	⁽¹⁾ Abrantes, nas freguesias de S. Vicente, Mourisca, Martinchel, Rio de Moinhos, Souto, etc.	3 locais de produção de tijolo e 10 de telha. ⁽⁶⁾ Uma oficina na freguesia de Aldeia do Mato que produzia tijolo e telha.
	⁽¹⁾ Freguesia de S. Miguel de Carregueiros (Torres Novas)	Tijolo e telha.
⁽¹⁾ Freguesias de Asseiceira (Tomar)	Tijolo e telha.	
Portalegre	⁽¹⁾ Herdade da Abrunheira, Portalegre	Tijolo, telha portuguesa e telhões.
	⁽¹⁾ Fonte Seca, Montes Claros, Amieiro e Cacheiro (Niza)	Tijolos para abobadilhas e telha. Telhas e tijolos mais ordinários na aldeia do Cacheiro.
	⁽¹⁾ Freguesias de Flor da Rosa e Crato (Crato)	Tijolo só por encomenda e telha.
	⁽¹⁾ Próximo da Vila de Arronches	Tijolo e telha.
	⁽¹⁾ Vila de Campo Maior e freguesia de Degolados	Tijolo mal cozido e grosseiro.
	⁽¹⁾ Concelho de Castelo de Vide	Produção insignificante.
	⁽¹⁾ Concelhos de Alter do Chão, Monforte, Fronteira, Souzel, Gavião, Aviz e Ponte de Sor	Algum tijolo e telha.
Lisboa	⁽¹⁾ Aguas Belas	Tijolo em local de produção de medíocre importância.
	⁽¹⁾ Torres Vedras, Monte Redondo, Cunhados e Campelos	Tijolo e telha durante 3 meses por ano em fornos abertos na parte superior, com câmara de fogo e arco superior.
	⁽¹⁾ Mafra, Setúbal e mais algumas localidades do distrito de Lisboa	Tijolo e telha, em estabelecimentos de pouca importância.
Évora	⁽¹⁾ Concelhos de Estremoz, Évora e de Vila Viçosa	Tijolo e telha.
Beja	⁽¹⁾ Concelhos de Ourique, Castro Verde, Almodôvar, Panoias e Beringel	Tijolo e telha em quase todas as freguesias.
Faro	⁽¹⁾ Faro, Loulé, Tavira, Lagos, etc. (Quase todo o Algarve)	Tijolo e telha. Era especialidade o fabrico de ladrilhos cerâmicos em Santa Catarina.
Madeira	⁽¹⁾ Madeira	Telhões, bacias, sifões, etc.
Açores	⁽¹⁾ Santo Antão, Ribeira grande e Ilha de Santa Maria	Tijolo e telha.

Nota: Quadro efectuado segundo: ¹(Lepierre, 1899); ²(Cabido, 1911-a); ³(Cabido, 1911-b); ⁴(Cabido, 1911-d); ⁵(Comissão Central Directora do Inquérito Industrial, 1881); e ⁶(Cabido, 1912).

ANEXO III – Principais tipos de tijolo cerâmico fabricados no início do século XX

Neste anexo mencionam-se, no Quadro III.1, os principais tipos de tijolo cerâmico produzido no início do século XX.

Quadro III.1 - Principais tipos de tijolo cerâmico produzido no início do século XX

Tipo de Tijolo	Forma	Dimensões (cm)	Aplicação usual
Tijolo maciço ou <i>burro</i>		23x11x7	Alvenarias ordinárias
Tijolo maciço duplo		23x11x14*	Alvenarias ordinárias
Tijolo prensado		23x11x6,5	Guarnecimento de vãos e sempre que se precisasse de arestas bem definidas.
Tijolo rebatido ou ladrilho		30x15x3 26x14x3,5 27x13x3	Pavimentos, etc.
Tijolo de alvenaria		23x11x3,5 23x11x3	Sobrearcos, cimalthas, etc. Também se usava como ladrilho para os pavimentos, sendo então as suas dimensões maiores.
Tijolo curvo de raio variável		23x12x7	Chaminés e revestimento de poços.
Tijolo furado de 2 buracos		23x11x7,5 25x12x7	Paredes, tabiques, arcos, etc.
Tijolo furado de 3 buracos		23x11x5 25x12x3,5	Paredes, tabiques, arcos, etc.
Tijolo furado de 6 buracos		23x11x10 23x11x7	Paredes, tabiques, arcos, etc.
Tijolo furado de 8 buracos		25x25x12	Paredes, tabiques, arcos, etc.
Tijolo de alvenaria furado de 2 canais		23x11x3,5	Paredes, tabiques, arcos, etc.
Tijolo de alvenaria furado de 3 canais		23x11x4	Paredes, tabiques, arcos, etc.
Tijolo macho e fêmea		36x19x5,5	Tabiques
Tijolo furado para corrimão		34x23x6	Corrimão para balaústres
Tijolo para cimaltha		(23 e 15)x11x7 23x11x – 52x18x7 36x18x7	Cimalthas

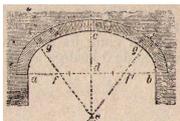
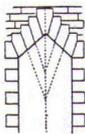
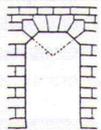
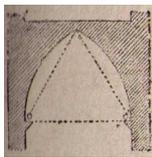
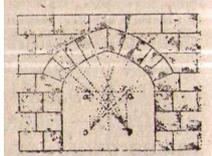
* As dimensões referidas eram ligeiramente variáveis de fabricante para fabricante.

Nota: Quadro elaborado segundo Segurado (s/d-b).

ANEXO IV – Classificação de arcos quanto à sua forma

Neste anexo apresenta-se, no Quadro IV.1, uma classificação de arcos quanto à sua forma.

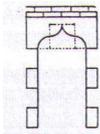
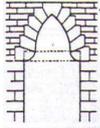
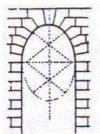
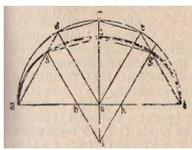
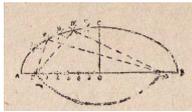
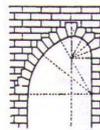
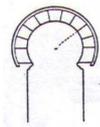
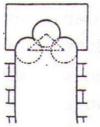
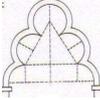
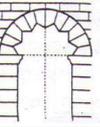
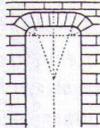
Quadro IV.1 - Classificação de arcos quanto à sua forma

Classificação	Denominação	Figura	Descrição
Arcos de círculo simples	arco de volta perfeita, semicircular, de meio ponto, de volta inteira, de volta redonda ou de pleno cintro		Arco de flecha igual metade do vão.
	arco de volta abatida, de sarapanel ou de gearção		Arco flecha inferior a metade do vão.
Arcos quebrados no fecho ¹⁶	arco angular ou em mitra		Arco de dois elementos rectos formando quebra ou ângulo no fecho.
	arco angular truncado		Arco em que o ângulo é <i>truncado</i> por um plano horizontal.
	arco plano		Arco de dois elementos rectos com ângulo nulo no fecho. O arco circular, que se apresenta na figura ao lado, que fica na parte superior do arco plano, denomina-se <i>arco de ressalva</i> ou <i>escarção</i> .
	arco em ogiva		Arco constituído por dois arcos de círculo tangentes à face interna dos seus pés direitos e interceptando-se no vértice. Quando as cordas destes arcos são iguais ao vão diz-se <i>ogiva equilátera</i> ou <i>de todo o ponto</i> . Se as cordas são inferiores à abertura das ogivas, dizem-se <i>abatidas</i> . Se aquelas são mais compridas que o vão, os arcos dizem-se <i>elevados</i> , <i>subidos</i> ou <i>ogivas de lanceta</i> .
	arco ogival alongado		Arco cujos pés direitos se prolongam acima das impostas ¹⁷ .
	arco tudor ou de quatro centros		Arco formado por quatro arcos de círculo, cujos centros estão nos vértices de um quadrado.

¹⁶ Fecho com tijolo em forma de cunha, colocado no topo de um arco, ou seja, colocado em último lugar para o fechar o arco.

¹⁷ Cornijas salientes molduradas colocadas sobre os pés direitos ou de um arco.

Quadro IV.1 - (continuação) Classificação de arcos quanto à sua forma

Forma	Denominação	Figura	Descrição
Arcos quebrados no fecho ¹⁶	arco duplo, canopial, ou contracurvado		Arco em forma de quilha invertida, com quatro centros – dois para os ramos inferiores e dois para os altos –, convergindo no fecho.
	arco inflectido		Arco cujo intradorso é constituído por dois arcos de circunferência visivelmente convexos.
Arcos de curva contínua policêntrica ou elíptica	arco em oval		Arco constituído por uma semi-oval. Se o eixo maior coincidir com o vão obtêm-se um <i>arco em oval abatido</i> . Se o eixo menor coincidir com o vão obtêm-se um <i>arco em oval subido</i> .
	arco em asa de cesto		Arco cujo eixo maior representa o vão e o menor a flecha, podendo esta variar de 1/3 a 1/8 do vão. O arco pode ser de 3, 5, 7, 9 e 11 centros.
	arco elíptico		Arco formado por um segmento de elipse, sendo o eixo maior o vão do arco.
Arcos aviajados	arco aviajado ou montante		Arco que tem arranques em diferentes alturas ou que tem os apoios colocados obliquamente em relação aos paramentos.
Arcos diversos	arco de ferradura, mourisco ou ultrapassado		Arco cujos centros estão dentro do vão ou dos prolongamentos das verticais de apoio.
	arco trilobado ou arco trevado		Arco em que o intradorso é formado por três arcos de círculo, iguais ou não.
	arco polilobado ou recortado		Arco cujo intradorso do mesmo é recortado por muitos arcos, iguais ou não.
	arco em ziguezague		Arco cujas extremidades são cortadas por linhas oblíquas em ziguezague
	arco misto		Arco constituído por dois quartos de círculo, concordado com uma recta horizontal.

Nota: Quadro efectuado de acordo Segurado (s/d-a), Silva e Calado (2005), Rodrigues et al (2002) e Teixeira (1985)

ANEXO V – Produtos utilizados em barreiras químicas e em injeções

Neste anexo mencionam-se nos Quadros V.1 e V.2 o tipo de produto utilizado em barreiras químicas e o tipo de calda de injeção, respectivamente.

Quadro V.1 – Tipo de produto utilizado em barreiras químicas e suas características

Tipo de Produto	Características
Acrilamida	Produto resultante da mistura de dois compostos orgânicos. Dá origem a um material com viscosidade semelhante à da água e que se mantém até ao momento em que se dá a gelificação desejada para obter os poros. É considerado dos mais eficazes. Trata-se de um tapa-poros, sendo aplicado sob a forma de injeção.
Organo-metálico	Produto mais recentes constituído por compostos orgânicos de titânio e de alumínio, que se polimeriza em presença da água após a evaporação dos solventes. Trata-se de um hidrófugo, sendo aplicado sob a forma de injeção.
Resina epoxídica	Produto de mais difícil penetração, nomeadamente nos casos em que a parede é constituída por poros de pequenas dimensões. O endurecimento é muito rápido e começa logo após o início da introdução do produto nos orifícios efectuados, podendo levar a um bloqueamento dos poros antes do término da operação. Trata-se de um tapa-poros, podendo ser aplicado sob a forma de injeção.
Silicato	Produto formado por um gel de sílica que irá obter os poros e os tubos capilares. Este produto apresenta uma baixa capacidade de penetração nas paredes. A sua introdução pode originar efluorescências e levar a uma desagregação de partes superficiais do material. Trata-se de um tapa-poros, sendo aplicado sob a forma de injeção ou difusão.
Siliconato	Composto solúvel na água que em presença do dióxido de carbono se transforma em material hidrófugo. No caso específico de paredes espessas poderá haver alguma dificuldade em garantir a sua eficácia, uma vez que existe carência de dióxido de carbono. Trata-se de um hidrófugo, sendo aplicado sob a forma de injeção.
Silicone	Composto macromolecular dissolvido em solventes hidrófugos, o que dificulta a impregnação, pelo que a sua aplicação implica um maior número de furos. Trata-se de um hidrófugo, sendo aplicado sob a forma de injeção.
Siloxane	Solução aquosa de metassiliconato de potássio. Trata-se de um hidrófugo, sendo aplicado sob a forma de injeção.

Nota: Quadro efectuado segundo Freitas et al, (2008)

Quadro V.2 – Tipo de calda de injeção e suas propriedades

Tipo de Calda	Ligante	Propriedades
Calda inorgânica	Cal aérea	<ul style="list-style-type: none"> Evidencia melhor compatibilidade e semelhança com os materiais antigos.
	Cal aérea e cimento	<ul style="list-style-type: none"> Apresentam efeitos prejudiciais para a consolidação devidos ao cimento; Incompatibilidade do cimento com as argamassas existentes.
Calda orgânica	Resinas poliméricas (geralmente epóxicas)	<ul style="list-style-type: none"> Aconselháveis na injeção de fissuras muito finas, a baixas pressões (0,15 a 0,24 MPa); Apresentam a desvantagem de o seu endurecimento ser condicionado pela temperatura (difícil para temperaturas médio-altas); Requerem suportes secos para terem boa aderência, ficando o seu uso limitado em paredes antigas em que é frequente a presença de humidade.

Nota: Quadro realizado de acordo com Roque (2002) e Veiga (2006).

ANEXO VI – Fichas de reparação de patologia

Neste anexo apresentam-se duas fichas de reparação de patologia, referindo-se a primeira ao tipo de fenómeno patológico fendilhação e a segunda ao tipo de patologia desagregação.

FICHA DE REPARAÇÃO DE PATOLOGIA	
<p>1. IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO</p> <p>1.1. Designação Antiga Fábrica de Cerâmica Jerónimo Pereira Campos & Filhos</p> <p>1.2. Localização Largo do Canal da Fonte Nova. Aveiro</p> <p>1.3. Época de construção 1896 – 1916</p>	
<p>2. ELEMENTO AFECTADO</p> <p>2.1. Tipo de parede Parede de uma vez e meia tijolo</p> <p>2.2. Situação Paramento exterior da fachada poente</p> <p>2.3. Processo de fabrico do tijolo Produção manual</p>	<p>4. INVESTIGAÇÃO</p> <p>- Análise da dimensão da largura da fenda</p>
<p>3. CARACTERIZAÇÃO DA PATOLOGIA</p> <p>3.1. Tipo de patologia Fendilhação</p> <p>3.2. Sintomas Fenda junto ao canto de uma janela.</p> <p>3.3. Causas prováveis</p> <ul style="list-style-type: none"> - Movimentos diferenciais das fundações; - Acções sísmicas. <p>3.4. Consequências</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entrada de humidade de precipitação através de fendas proporcionando a formação de eflorescências e/ou de microflora; - Endoamento da parede na zona afectada. 	<p>5. REPARAÇÃO</p> <p>5.1. Actuação urgente (Não aplicável)</p> <p>5.2. Reparação da parede Reparação da fenda através da técnica de injeção</p>

FICHA DE REPARAÇÃO DE PATOLOGIA	
<p>1. IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO</p> <p>1.1. Designação Antiga Fábrica de Cerâmica Arganilense</p> <p>1.2. Localização Arganil</p> <p>1.3. Época de construção 1925</p>	
<p>2. ELEMENTO AFECTADO</p> <p>2.1. Tipo de parede Parede de uma vez tijolo</p> <p>2.2. Situação Paramento exterior da fachada poente</p> <p>2.3. Processo de fabrico do tijolo Produção manual</p>	<p>4. INVESTIGAÇÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inspeção de eventuais locais de entrada de água; - Inspeção das condições de aderência dos elementos da parede; - Análise dos sais eflorescentes para a sua identificação e posterior escolha do respectivo processo de dessalinização.
<p>3. CARACTERIZAÇÃO DA PATOLOGIA</p> <p>3.1. Tipo de patologia Desagregação</p> <p>3.2. Sintomas Desagregação microestrutural dos elementos de construção da parede.</p> <p>3.3. Causas prováveis Eflorescências causadas por sais provenientes do revestimento, dos produtos de assentamento ou dos próprios tijolos, e/ou pela poluição atmosférica.</p> <p>3.4. Consequências</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desagregação dos elementos de construção adjacentes aos degradados; - Desagregação dos elementos de construção da parede devidos à progressão e/ou agravamento de fendilhação existente; - Enodoamento da parede na zona afectada. 	<p>5. REPARAÇÃO</p> <p>5.1. Actuação urgente Paragem do acesso da água</p> <p>5.2. Reparação da parede</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eliminação da eventual humidade ascensional; - Consolidação e limpeza superficial da parede; - Dessalinização; - Refechamento de juntas; - Hidrofugação pelo exterior.