



**Duarte Sande Faria de
Carvalho**

**PREVENÇÃO DE ANOMALIAS EM ALVENARIA DE
TIJOLO FACE À VISTA**



**Duarte Sande Faria de
Carvalho**

**PREVENÇÃO DE ANOMALIAS EM ALVENARIA DE
TIJOLO FACE À VISTA**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Romeu da Silva Vicente, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, e co-orientação da Prof. Fernanda da Silva Rodrigues, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Prof. Doutora Ana Luísa Lomelino Velosa
Professora Associada da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Maria de Lurdes Belgas da Costa
Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Tomar – Escola Superior de Tecnologia de Tomar
(arguente)

Prof. Doutor Romeu da Silva Vicente
Professora Associado da Universidade de Aveiro (orientador).

palavras-chave

Paredes de alvenaria, tijolo face à vista, prevenção de patologias, fissuração, humidade.

resumo

Apesar de a construção de edifícios em alvenaria de tijolo face à vista não ser muito abundante em Portugal, é importante mudar a mentalidade em relação a esta solução, por forma a reduzir os erros de conceção e execução que tão frequentemente estão associados a esta solução.

A boa construção das paredes de alvenaria, sendo uma das principais fontes de patologia dos edifícios, permite uma resposta eficiente ao vasto leque de requisitos funcionais. A maioria das patologias decorre de uma prática construtiva desadequada ou de uma conceção deficiente.

A legislação existente, aliada aos vários estudos e guias de recomendações práticas de aplicação já emitidos, constitui uma padronização dos processos e técnicas construtivas fulcral para a garantia da construção com qualidade.

Este trabalho reúne algumas recomendações relativamente à boa prática de construção de alvenaria de tijolo face à vista, apontando simultaneamente os principais erros e defeitos associados, na expectativa de contribuir para a sua divulgação e difusão como solução construtiva.

keywords

Masonry walls, brick veneers, anomalies prevention, cracking, moisture and humidity.

abstract

Despite the fact that brick masonry veneers are not commonly used in building construction in Portugal, a mentality shift towards this kind of solution is important, in order to reduce the conception and execution defects that so frequently occur in this type of construction.

The good construction of masonry walls, which are one of the main sources of anomalies in buildings, allows an efficient response on the vast range of functional requirements.

The existing legislation, combined with the several studies and practical application guides already emitted, institute a standardization of the building processes and techniques, playing an important role on the construction quality.

This work gathers some recommendations for good construction techniques, pointing out the frequent defects and anomalies associated, with the expectation of contributing to its divulgation and diffusion as a façade construction technique.

Índice geral

Índice geral.....	i
Índice de figuras.....	vi
Índice de quadros	x
CAPÍTULO 1. -Introdução.....	3
1.1. - Enquadramento e motivação	3
1.2. - Objetivos	4
1.3. - Estrutura da dissertação.....	5
CAPÍTULO 2. -Alvenaria de tijolo face à vista	9
2.1. - Contextualização histórica	9
2.1.1. - Evolução histórica das paredes de alvenaria.....	9
2.1.2. - Soluções e aplicações de alvenaria de tijolo em Portugal.....	10
2.2. - Panorama mundial.....	13
2.2.1. - América.....	13
2.2.2. - Ásia	14
2.2.3. - Europa.....	15
2.2.4. - Portugal	17
2.2.5. - Legislação e Regulamentação	20
2.3. - O tijolo como material construtivo	22
2.3.1. - Processo de fabrico	22
2.3.2. - Sustentabilidade da construção em tijolo face à vista.....	24
2.3.3. - Exigências normativas para marcação CE.....	25
CAPÍTULO 3. -Aspetos de conceção de paredes de tijolo face à vista	33
3.1. - Considerações iniciais	33

3.2. -	Classificação de paredes de alvenaria de tijolo	33
3.3. -	Tipos correntes de paredes de alvenaria de tijolo	34
3.4. -	Classificação das paredes de alvenaria de tijolo segundo os EC6 e EC8	35
3.5. -	Exigências funcionais e regulamentares de paredes de tijolo face à vista	37
3.5.1. -	Comportamento mecânico e estabilidade das alvenarias.....	39
3.5.2. -	Comportamento higrotérmico – condensações internas	41
3.5.3. -	Comportamento térmico	42
3.5.4. -	Segurança ao fogo.....	44
3.5.5. -	Comportamento acústico	46
3.5.6. -	Higiene, saúde e ambiente	47
3.5.7. -	Estanquidade	47
3.5.8. -	Durabilidade.....	48
CAPÍTULO 4. -	Aspetos de execução de paredes de tijolo face à vista	53
4.1. -	Ações de preparação.....	53
4.2. -	Assentamento do tijolo.....	54
4.2.1. -	Processo de alinhamento/assentamento	54
4.2.2. -	Argamassa para juntas	56
4.2.3. -	Juntas de assentamento	59
4.2.4. -	Limpeza das alvenarias	61
4.2.5. -	Caixa-de-ar.....	62
4.2.6. -	Isolamento.....	64
4.3. -	Pontos singulares.....	66
4.3.1. -	Cunhais	66
4.3.2. -	Ligação entre panos	68
4.3.3. -	Vãos	69
4.3.4. -	Correção de pontes térmicas	72

CAPÍTULO 5. -Patologias em paredes de tijolo face à vista	77
5.1. - Patologias típicas recorrentes	77
5.2. - Ações de prevenção da fissuração.....	79
5.2.1. - Apoio das alvenarias exteriores	82
5.2.2. - Armaduras nas juntas horizontais	83
5.2.3. - Juntas de movimento / dilatação	85
5.2.4. - Peças especiais e apoios complementares.....	87
5.2.5. - Grampeamento	87
5.3. - Ações de prevenção da humidade	90
5.3.1. - Interrupção das pontes de humidade.....	91
5.3.2. - Impermeabilização da base das paredes	92
5.3.3. - Infiltração de água para a caixa-de-ar.....	94
CAPÍTULO 6. -Fichas de patologia.....	99
6.1. - Fissuração de cunhal com deslocamento transversal	100
6.1.1. - Descrição da patologia a evitar	100
6.1.2. - Causas da patologia	100
6.1.3. - Práticas construtivas a adotar.....	100
6.1.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva.....	101
6.2. - Fissuração de pano de grandes dimensões	102
6.2.1. - Descrição da patologia a evitar	102
6.2.2. - Causas da patologia	102
6.2.3. - Prática construtiva a adotar.....	103
6.2.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva.....	103
6.3. - Fissuração de zona de mudança de cota/alteração de rigidez	105
6.3.1. - Descrição da patologia a evitar	105
6.3.2. - Causa da patologia	105

6.3.3. - Prática construtiva a adotar.....	106
6.3.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva.....	106
6.4. - Excessiva deformação do suporte	108
6.4.1. - Descrição da patologia a evitar	108
6.4.2. - Causa da patologia	108
6.4.3. - Prática construtiva a adotar.....	109
6.4.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva.....	110
6.5. - Fissuração em zona de vão.....	111
6.5.1. - Descrição da patologia a evitar	111
6.5.2. - Causas da patologia	111
6.5.3. - Práticas construtivas a adotar.....	112
6.5.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva.....	112
6.6. - Deficiente impermeabilização da base de paredes	115
6.6.1. - Descrição da patologia a evitar	115
6.6.2. - Causas da patologia	115
6.6.3. - Práticas construtivas a adotar.....	116
6.6.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva.....	116
6.7. - Manchas de sujidade e proliferação de organismos sob peitoris	117
6.7.1. - Descrição da patologia a evitar	117
6.7.2. - Causas da patologia	117
6.7.3. - Práticas construtivas a adotar.....	118
6.7.4. - Registo fotográfico /Pormenorização construtiva.....	118
CAPÍTULO 7. -Conclusões.....	123
7.1. - Conclusões finais.....	123
7.2. - Desenvolvimentos futuros.....	125
Referências bibliográficas.....	128

Referências normativas e regulamentares 131

Referências web..... 133

Índice de figuras

Fig. 2.1 - Museu da Eletricidade	11
Fig. 2.2 – Praça de Touros do Campo Pequeno.....	11
Fig. 2.3 - Síntese do processo de evolução das paredes em Portugal [6]	12
Fig. 2.4 - Esquema de construção de uma parede em TFV com isolamento (parede dupla) (cm) [26].....	16
Fig. 2.5 - Materiais usados em fachadas de alvenaria nos Países Baixos [19].....	17
Fig. 2.6 - Materiais de revestimento de edifícios construídos entre 2006-2011 (INE)	18
Fig. 2.7 - Pormenor do cunhal do Hotel Vila Galé Ópera.....	19
Fig. 2.8 - Vista da Fachada do Hotel Vila Galé Ópera.....	19
Fig. 2.9 - Exemplos de anomalias em paredes de tijolo face à vista	19
Fig. 2.10 - Fluxograma do processo produtivo do tijolo [17]	22
Fig. 3.1 - Tipos de parede previstos no EC 6 [27].....	36
Fig. 3.2 - Esquema das formas de penetração de água nas paredes. [35].....	48
Fig. 4.1 - Esquema de retirada de tijolos de diferentes paletes. [17].....	54
Fig. 4.2 - Exemplos da colocação correta e incorreta do fio de prumo. [17]	55
Fig. 4.3 - Pano exterior assente sobre tela de apoio elástica. [17].....	55
Fig. 4.4 - Comprimentos de sobreposição das unidades [25].....	56
Fig. 4.5 - Refundamento da junta com carrinho limpa-juntas [CVG].....	60
Fig. 4.6 - Junta côncava (condições atmosféricas severas) [18].....	60
Fig. 4.7 - Junta em V (condições atmosféricas severas) [18]	60
Fig. 4.8 - Junta "weathered" (condições atmosféricas moderadas) [18]	60
Fig. 4.9 – Orifícios salientes para drenagem da caixa-de-ar, Departamento de Matemática (UA).....	63
Fig. 4.10 - Pano TFV sem soluções de ventilação ou drenagem (UA)	64
Fig. 4.11 - Isolamento a dobrar as esquinas do elemento construtivo [17].....	65
Fig. 4.12 - Construção do pano exterior em tijolo face à vista, com isolamento e grampos ainda observáveis.....	66
Fig. 4.13 - Duas fachadas em diferentes fases de construção.....	66
Fig. 4.14 - Deformação tendencial em zona de cunhal [18].....	67
Fig. 4.15 - Fissuração de cunhal com deslocamento transversal (UA)	67

Fig. 4.16 - Juntas de movimento em cunhais (UA)	68
Fig. 4.17 - Pormenor da fixação do grampo metálico com pingadeira [17].....	69
Fig. 4.18 - O perfil longitudinal do parapeito tem influência na estanquidade da fachada [18]	70
Fig. 4.19 - Solução de lintel metálico em zona de vão (UA)	70
Fig. 4.20 - Dimensões a ter em conta no dimensionamento de um lintél [17]	71
Fig. 4.21 – Exemplo de caixilharia aplicada pelo interior (UA)	71
Fig. 4.22 - Exemplo de caixilharia aplicada pelo exterior (UA)	71
Fig. 4.23 - Correção de ponte térmica em pilar	73
Fig. 4.24 - Correção da ponte térmica com isolamento pelo exterior [17].....	73
Fig. 5.1 - Causas das principais anomalias em paredes exteriores [30]	77
Fig. 5.2 - Principais anomalias em edifícios [30]	77
Fig. 5.3 - Pormenor arranque do pano exterior em tijolo face à vista a partir de suporte metálico [18].....	82
Fig. 5.4 – Arranque do pano exterior em TFV (UA).....	83
Fig. 5.5 - Exemplo de armadura para juntas de alvenaria, em escada (esq.) e em treliça (dir.) [15]	83
Fig. 5.6 - Exemplos de colocação de armadura localizada em paredes de alvenaria [27] ..	84
Fig. 5.7 - Cordão de silicone [17].....	85
Fig. 5.8 - Localização das juntas de movimento verticais em função da orientação solar das fachadas [4].....	86
Fig. 5.9 - Exemplos de peças especiais e complementares cerâmica Greslar	87
Fig. 5.10 - Posicionamento dos grampos em alvenaria de tijolo face à vista.....	88
Fig. 5.11 - Corte de pano tijolo face à vista com grampo metálico com pingadeira [17] ...	89
Fig. 5.12 - Esquema de distribuição dos grampos em alvenaria TFV em zona corrente [17]	89
Fig. 5.13 - Esquema de distribuição dos grampos em alvenaria TFV em zona de vão [17]	90
Fig. 5.14 - Corte em zona de vão com destaque para a impermeabilização do parapeito [21]	91
Fig. 5.15 - Corte em zona de lintel, com destaque para a impermeabilização [17].....	92
Fig. 5.16 – Corte da meia-cana na base de uma fachada em tijolo face à vista [4].....	93
Fig. 5.17 – Corte esquemático da impermeabilização de uma platibanda	93

Fig. 5.18 - Pormenor configuração Slip Sill do parapeito [18]	95
Fig. 5.19 - Juntas de ventilação e drenagem das caixas-de-ar	95
Fig. 6.1- Fissuração típica em cunhais (UA)	100
Fig. 6.2 - Deformação pela falta de junta de dilatação ou armadura	100
Fig. 6.3 - Espaçamento das juntas de movimento em zona de cunhal [18].....	101
Fig. 6.4 - Espaçamento das junta de movimento de cunhal orientado a Sul-Poente [4] ...	101
Fig. 6.5 - Juntas de movimento em cunhais sem ocorrência de patologia (UA).....	101
Fig. 6.6 - Fissuração em pano de grandes dimensões (UA)	102
Fig. 6.7 - A influência da orientação solar no espaçamento das juntas de movimento [17]	103
Fig. 6.8 - Juntas de movimento verticais ao longo de pano de tijolo face à vista (UA)....	103
Fig. 6.9- Pano extenso em tijolo face à vista sem a aplicação de juntas de movimento (UA)	104
Fig. 6.10 - Fissuração em zona de mudança de cota da base de assentamento em tijolo face à vista (UA)	105
Fig. 6.11 - Fissuração da interface de contacto entre dois materiais diferentes (UA).....	105
Fig. 6.12 - Exemplificação da deformação do tijolo imposta pela descontinuidade [18] .	105
Fig. 6.13 - Posicionamento das juntas de movimento em zona de descontinuidade [18] .	106
Fig. 6.14 - Juntas de movimento aplicadas em zonas de interrupção ou descontinuidade da fachada (UA)	106
Fig. 6.15 - Junta de movimento em zona de alteração de material (UA)	107
Fig. 6.16 - Pormenor da junta de movimento aplicada em zona de mudança de material, já um pouco desgastada (UA)	107
Fig. 6.17 - Exemplo de fissuração ao nível do piso (UA)	108
Fig. 6.18 - Exemplo de correção da ponte térmica ao nível do piso [17].....	108
Fig. 6.19 - Peças complementares de sustentação do pano exterior em zona de piso [17]	109
Fig. 6.20 – Corte esquemático do apoio do pano exterior em tijolo face à vista em cantoneira. [18]	109
Fig. 6.21 - Perfil de aço a apoiar pano exterior de tijolo face à vista em zona de piso (UA)	110
Fig. 6.22 - Juntas de movimento horizontais ao nível do piso (UA).....	110
Fig. 6.23 - Casos de fissuração em zona de vão (UA)	111

Fig. 6.24 - Fissuração típica em zona de vão [27].....	112
Fig. 6.25 - Dimensões a ter em conta para dimensionamento do lintél [17].....	112
Fig. 6.26 - Junta de movimento aplicada em vão com caixilharia interior (UA).....	113
Fig. 6.27 - Lintél metálico (UA).....	113
Fig. 6.28 - Lintél em vão com caixa de estore. [17].....	113
Fig. 6.29 - Corte de zona de vão com lintél metálico [17].....	114
Fig. 6.30 - Juntas de movimento aplicadas em zona de vão (UA).....	114
Fig. 6.31 - Vão com aplicação de lintél e junta de movimento vertical (UA).....	114
Fig. 6.32 - Manchas de eflorescências na base de parede (UA).....	115
Fig. 6.33 - Membrana impermeabilizante na junta de assentamento, na base de parede exterior [15].....	116
Fig. 6.34 - Tela de impermeabilização a acompanhar a meia cana em base de parede de tijolo face à vista [4].....	116
Fig. 6.35 - Manchas de sujidade e proliferação de organismos em peitoris (UA).....	117
Fig. 6.36 - Corte de zona de vão, com peitoril bem dimensionado [17].....	118
Fig. 6.37 - Corte de zona de vão, com destaque para formato do peitoril.....	119

Índice de quadros

Quadro 2.1 - Constituição do Eurocódigo 6	20
Quadro 2.2 - Normas Europeias relevantes à construção em alvenaria de tijolo face à vista	21
Quadro 2.3 – Características e tolerâncias a declarar, como especificado na EN 771-1[N3]	27
Quadro 3.1 – Principais exigências funcionais das paredes de tijolo face à vista [35]	38
Quadro 3.2 - Classes de Higrtermia por Tipo de Edifícios [27].....	42
Quadro 3.3 - Coeficiente de transmissão U para uma parede de tijolo face à vista Cerâmica Vale da Gândara [17].....	43
Quadro 4.1 – Classificação de argamassas segundo o EC 6.	58
Quadro 5.1 - Prevenção de fissuração em paredes devido a variações de temperatura [28]	81

CAPÍTULO 1.

Introdução

CAPÍTULO 1. – Introdução

1.1 – Enquadramento

1.2 – Objetivos

1.3 – Estrutura da dissertação

CAPÍTULO 1. - Introdução

1.1. - Enquadramento e motivação

A atividade da construção é uma atividade importante na economia Portuguesa, tendo um impacto vincado no funcionamento financeiro, representando 7% do PIB, e laboral do país, ao ser responsável por cerca de 9% do emprego, no culminar do ano 2000, valores que se vão mantendo moderadamente constantes. [32]

As alvenarias, com ou sem função resistente, de compartimentação ou exteriores, têm uma grande influência no comportamento e desempenho em questões de habitabilidade, segurança e durabilidade das construções. [32]

Torna-se então evidente a importância deste elemento construtivo, que por assegurar um tão vasto leque de exigências funcionais com uma tão grande diversidade de materiais e soluções, merece especial atenção na procura de inovações de melhor desempenho, sem descorar a sustentabilidade e a viabilidade económica. [19, 32]

A atenção deve também ser focada na garantia da correta execução das alvenarias, o que passa pela formalização e padronização dos processos construtivos, que a vêm certificar. O nível de detalhe necessário para a oficialização de tais procedimentos construtivos implica a caracterização experimental das alvenarias, que por envolver custos consideráveis e requerer uma maior complexidade de engenhos nos métodos modernos do seu estudo, tem sido não posta de parte mas subestimada e negligenciada, surgindo como preocupação mais tardia em relação aos outros domínios da construção. [32]

O facto de as paredes de alvenaria serem uma das principais fontes da patologia de edifícios em Portugal é suficiente para se perceber a importância de uma boa legislação a este respeito e deixa antever que ao incentivar e harmonizar a boa prática construtiva está a contribuir para a redução dos erros de conceção e execução.

Países mais desenvolvidos, como a Suíça, Países Baixos, Estados Unidos, Austrália e Reino Unido são, desde a segunda metade do século XX, os pioneiros no estudo e desenvolvimento de recomendações práticas relativamente à construção de alvenaria sem

recorrência a soluções estruturais metálicas ou em betão armado, avançando largos passos na compreensão do funcionamento estrutural desta solução, bem como na construção de baixo custo. [32]

Contrariando a tendência, a evolução das soluções construtivas adotadas nos edifícios em Portugal relegou a construção em alvenaria para a função de compartimentação, passando a resistência dos edifícios a ser assegurada por estruturas reticuladas de betão armado. [33]

Este contraste em relação ao panorama internacional, vem confirmar o atraso verificado nas Normas Portuguesas, nomeadamente na produção de regulamentos atuais e no controlo técnico da qualidade dos materiais e dos detalhes construtivos. Apesar do desajuste da situação em relação ao panorama geral, Portugal está numa posição em que beneficia de um volumoso legado de estudos e disposições normativas internacionais, que podem e devem ser complementados com estudos nacionais. Urge a necessidade de se mudar a mentalidade em relação a esta solução, reunindo esforços para se melhorar a resposta aos seus requisitos funcionais. [21, 31]

1.2. - Objetivos

É objectivo deste trabalho a constituição de um documento-guião incentivador da qualidade na construção em alvenaria de tijolo face à vista, servindo de base para a resolução de alguns casos de patologias correntes, ao compilar informação com base na descrição, apuramento de causas e proposta de soluções construtivas.

Procura-se perceber a relação que o tijolo face à vista tem com a estrutura, numa tentativa de aperfeiçoar a sua resposta às exigências funcionais, promovendo a sua construção com qualidade a partir da apresentação uma série de recomendações práticas e de soluções construtivas tipo para as zonas onde recorrem as patologias mais comuns, resultantes de uma prática construtiva desadequada ou de uma conceção deficiente.

A Universidade de Aveiro é uma amostra sem igual, de tantos edifícios de alvenaria de tijolo face à vista que integram o seu campus, que fazem dela um objeto de estudo de eleição para uma dissertação neste âmbito.

1.3. - Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se dividida em 7 capítulos, com vários subcapítulos. No presente capítulo consta um enquadramento teórico, estão identificados os objetivos e é explanada a estrutura do documento.

O capítulo 2 é um elemento introdutório. O primeiro subcapítulo é dedicado à contextualização histórica que dá conta da evolução do elemento construtivo que é o tijolo e da sua utilização ao longo dos tempos. No segundo subcapítulo é feita a caracterização do panorama mundial da solução construtiva de tijolo face à vista, com a referência ao estado da arte nos países relevantes dos vários continentes, seguidos do caso português; sendo ainda referida a legislação aplicável. No terceiro subcapítulo é detalhado o processo de fabrico do tijolo, desde as matérias-primas que o constituem até ao produto final embalado, e são ainda enumeradas as exigências normativas para a marcação CE.

O capítulo 3 é dedicado ao tijolo face à vista como solução construtiva. É aqui que constam as exigências funcionais e regulamentares.

No capítulo 4 estão reunidas as recomendações práticas para a correta execução de paredes de tijolo face à vista, com a variada sequência de trabalhos e cuidados a ter.

O capítulo 5 sintetiza as patologias que frequentemente se podem encontrar em edifícios de tijolo face à vista, reunindo uma série de ações preventivas.

O capítulo 6 reúne sete fichas de patologias típicas da construção em alvenaria de tijolo face à vista, com identificação fotográfica dos casos e apuramento das causas da patologia, e com a proposta da prática construtiva a adotar de modo a que a patologia não se expresse.

O capítulo 7 é constituído pelas conclusões finais e desenvolvimentos futuros.

CAPÍTULO 2.

Alvenaria de tijolo face à vista

CAPÍTULO 2. – Alvenaria de tijolo face à vista

2.1 – Contextualização histórica

2.1.1 – Evolução histórica das paredes de alvenaria

2.1.2 – Soluções e aplicação de alvenaria de tijolo em Portugal

2.2 – Panorama mundial

2.2.1 – América

2.2.2 – Ásia

2.2.3 – Europa

2.2.4 – Portugal

2.2.5 – Legislação e regulamentação

2.3 – O tijolo como material construtivo

2.3.1 – Processo de fabrico

2.3.2 – Sustentabilidade da construção em tijolo face à vista

2.3.3 – Exigências normativas para marcação CE

CAPÍTULO 2. - Alvenaria de tijolo face à vista

2.1. - Contextualização histórica

2.1.1. - Evolução histórica das paredes de alvenaria

A história da alvenaria, paralela à da arquitetura, é indissociável da do próprio ser humano ao ser considerada a solução construtiva mais antiga, pela sua abrangência e multifuncionalidade.

Remontando a cerca de 10.000 a.C., altura em que o Homem se torna sedentário, a construção em alvenaria era largamente influenciada não pelas características da matéria-prima em si, mas pela sua abundância e facilidade de transporte e adequação das ferramentas para o seu trabalho; já que o dimensionamento das construções primordiais era feito empiricamente e a sua conceção estrutural guiada pela intuição. [21, 22, 32]

Assim, os processos construtivos foram evoluindo com a nova experiência que é edificar. A matéria inicialmente usada para a construção em alvenaria, composta por toscos tijolos de lamas e argilas manualmente moldados e secos pela atmosfera, foi evoluindo com a utilização de fornos para a cozedura e de moldes para a forma. Paralelamente, a utilização de madeiras ou pedra natural, com ligação pelo meio de argila ou argamassas primitivas, também veio modificar os processos construtivos, permitindo a construção de edifícios maiores e com disposições cada vez mais arrojadas.

O tijolo viu a sua utilização generalizar-se ao longo dos tempos, tendo recebido desenvolvimento e aperfeiçoamento das civilizações, com especial destaque para o império Romano, principal divulgador da técnica. Estes foram os responsáveis pela adição de areia de forma a reduzir a retração da argila durante a cozedura, pela construção de fornos exclusivamente para esse fim, pela definição de tamanhos para produção massiva e pelo uso recorrente de ligantes; para além de ter legado o conceito de cidade que hoje se conhece. [32]

Não há significativos progressos a assinalar na construção em alvenaria durante o período entre os séculos IV e X, tendo a partir daí surgido novas formas de construção consoante

as facilidades trazidas pelas novas descobertas, como a abóbada e os arcos ogivais. De qualquer forma, na construção corrente, isto é, de simples edifícios para habitação, pode dizer-se que a tecnologia construtiva não sofreu alterações significativas até as repercussões da revolução industrial se fazerem sentir. [21]

A revolução industrial teve, por volta do início do século XIX, um papel fundamental na evolução da utilização das alvenarias, pois embora tenha fomentado a industrialização do processo de produção do tijolo cerâmico, este não conseguiu rivalizar com as novas soluções estruturais baseadas em betão armado surgidas na primeira metade do mesmo século.

Assiste-se então ao declínio da construção em alvenaria estrutural, de construção mais grosseira, e ao triunfo de soluções mais esbeltas e com vantagens em questões funcionais, económicas e de tempo de execução, impulsionadas pelas novas correntes de arquitetura e pelas necessidades sociais.

É nos países mais desenvolvidos que as estruturas de alvenaria voltam a ganhar destaque na segunda metade do século XX, altura em que se vive a necessidade de criar alternativas à construção vigente há quase 100 anos. Os estudos e investigações técnicas desenvolvidas dão os seus frutos ao permitirem a elaboração de tijolos de maior resistência, que com as novas formas de dimensionamento vêm lançar a luz sobre o funcionamento deste sistema estrutural. Desde então que países como a Inglaterra, França, Suíça e Estados Unidos reúnem esforços para a elaboração de detalhados conjuntos de normas técnicas sobre o cálculo e procedimentos construtivos, impulsionadores da edificação de importantes estruturas modernas de alvenaria. [21, 22, 32]

2.1.2. - Soluções e aplicações de alvenaria de tijolo em Portugal

O sismo de 1755 foi um importante marco na evolução da tecnologia da construção portuguesa ao destruir grande parte das construções existentes e assim provocando a limpeza da cidade e reconstrução dos edifícios. Porém, a pedra era quase o único destroço reutilizável, pelo que a construção em alvenaria de pedra mantém-se como predominante. As preocupações quanto à eventual repetição do sismo levam ao surgimento da típica “construção pombalina”, caracterizada por espessas paredes exteriores de pedra resistentes

travadas por um esqueleto de madeira em várias peças interligadas em treliça, que ao serem enchidas com alvenaria de pedra ou tijolo maciço, constituem umas paredes resistentes (gaiola pombalina). As paredes interiores sem função resistente são construídas em tabiques também de madeira. [1, 32]

Tal solução, inovadora para a época, com paredes estruturais em alvenaria de pedra e pisos de madeira, veio transmitir aos edifícios uma melhor ductilidade e um melhor comportamento sísmico, e pode dizer-se que não houve significativas alterações até ao século XX, altura em que a utilização do tijolo ganha alguma importância, sempre associada à construção em betão armado. [1]

A segunda metade do século XX assinala, em Portugal, a evolução das soluções e tecnologias construtivas adaptadas nos edifícios, pois não só as lajes mas também os elementos verticais resistentes começam a ser construídos em betão armado, que relega o tijolo furado para material de construção das paredes de compartimentação.

Quanto à alvenaria de tijolo face à vista, era utilizada essencialmente em edifícios industriais, de que é exemplo o Museu da Eletricidade, pois era necessário um prático e económico estilo de construção; ou edifícios públicos temáticos, como a Praça de Touros do Campo Pequeno em Lisboa, sendo escassa a sua utilização habitacional.



Fig. 2.1 - Museu da Eletricidade



Fig. 2.2 – Praça de Touros do Campo Pequeno

O aspeto exterior das construções em Portugal, nos dias que correm, prova a reduzida expressão do tijolo face à vista em Portugal, sendo recorrente a utilização do tijolo furado e sem funções estruturais e rebocado, preenchendo a estrutura resistente de betão armado, com tal vulgaridade que é designada de alvenaria corrente.

Em [21], Hipólito de Sousa mostra um esquema muito pertinente como proposta da evolução das paredes de tijolo em Portugal, depois de a pedra ter caído em desuso.

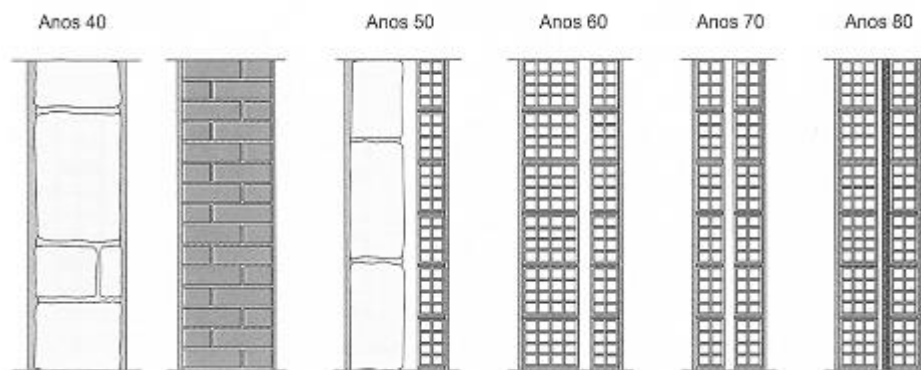


Fig. 2.3 - Síntese do processo de evolução das paredes em Portugal [6]

Inicialmente acontece a substituição integral, sem grande alteração da espessura das paredes simples, da pedra por tijolo maciço ou perfurado. Nos anos 50 surge eventualmente a caixa-de-ar a separar o pano interior em pedra, mais espesso, do pano exterior em tijolo furado. As paredes simples caem em desuso. A otimização do fabrico de tijolos, com crescente resistência mecânica permite a sua aplicação ao pano interior, substituindo a pedra, sendo que o isolamento térmico adjacente à caixa-de-ar surge nos anos 80.

Em suma, a evolução incutiu modificações nas paredes de fachada com a introdução de novos materiais e acessórios com funções complementares, verificando-se o crescente aligeiramento das mesmas com alterações tecnológicas relativas às técnicas de execução. [29]

Estas alterações ocorridas ao longo das décadas nas paredes de fachada foram portanto impulsionadas pela intenção de reduzir custos, de aumentar a produtividade e de melhorar o seu desempenho funcional. [29]

2.2. - Panorama mundial

Naturalmente, os países que tinham a tradição de utilizar o tijolo face à vista até ao advento do betão, continuam a fazê-lo; pois se desenvolveram estudos e documentos normativos quando ainda pouco se sabia sobre o assunto, são hoje em dia detentores, várias décadas depois do início da sua utilização, de um legado normativo e conhecimento experimental excepcionais. [21, 29]

2.2.1. - América

A construção em alvenaria de tijolo tem maior aderência no Este dos Estados Unidos, sendo na generalidade das situações o pano exterior não estrutural face-à-vista separado da parede resistente por uma caixa-de-ar, sendo ancorado por elementos de ligação espaçados regularmente (em inglês “anchored brick veneer”, distinta da “adhered veneer” que assenta na colagem e adesão).

As normas dos EUA não são universais, existindo leis construtivas locais nos diferentes estados ou cidades, que adotando um modelo base, contém pormenorização própria divergente. O modelo base normativo para a construção em alvenaria de tijolo face à vista contém capítulos que abordam todas as questões, administrativas, resistência ao fogo, controlo ambiental, bem como para o cálculo e dimensionamento em si, testes e inspeções, escritos pelas entidades competentes, como a American Society of Civil Engineers.

De entre os modelos normativos existentes, os três em vigor hoje em dia são o International Residential Code, que contém as prescrições para a construção de edifícios habitacionais de 1 ou 2 famílias; o National Fire Prevention Association 5000, que aborda questões relacionadas com a prevenção do risco de incêndio; e o Building Code Requirements for Masonry Structures, que cobre todas as obras de alvenaria estrutural e não-estrutural. As constantes alterações de que estas disposições construtivas legais têm sido alvo são devidas às recentes preocupações quanto à performance sísmica dos edifícios.

A certificação dos tijolos, argamassas e elementos de ancoragem ou de fixação é levada a cabo pelas normas da American Society for Testing and Materials, que reúnem as exigências necessárias nos diversos domínios, para todo o país. [21, 26]

“A fachada de alvenaria ancorada continua a ser um revestimento exterior vulgarmente utilizado nos Estados Unidos. (...) A adesão aos requisitos dos códigos de projeto e construção manterá a confiança no uso de fachadas de tijolo face à vista.” [16]

O Brasil, com a sua grande dimensão geográfica, com diferentes culturas, climas, e recursos naturais, aliada ao facto do núcleo de desenvolvimento da execução de alvenarias se situar nos países europeus e nos E.U.A., contribui para a heterogeneidade de tipos de execução de alvenarias que se verifica no Brasil.

Apesar do Brasil ser um dos maiores produtores a nível mundial de materiais cerâmicos, curiosamente o tijolo face à vista quase não é utilizado, o que explica a falta de regulamentação e a conseqüente má qualidade deste tipo de construção. Em detrimento do aspeto final em tijolo face à vista, na envolvente não estrutural das estruturas são aplicados blocos cerâmicos, de betão ou cálcio-silicatados, consoante a disponibilidade na zona da obra, com a superfície sempre rebocada com argamassas à base de cimento. [21, 23]

2.2.2. - **Ásia**

A construção em alvenaria tem uma longa tradição na China, por exemplo, verificando-se alguma construção face à vista no seu património. Não obstante, o tipo de solução mais utilizado atualmente nos edifícios deste país é uma estrutura mista de alvenaria de blocos de tijolo maciço ou perfurado nas paredes, que são rebocadas; e betão, feito *in situ* ou pré-fabricado nas lajes de piso e cobertura. [10]

A China tem investido largamente na investigação, tendo as preocupações de sustentabilidade resultado no fabrico de tijolos com diferentes materiais, como cinzas e xisto, com as dimensões e outras características já estipuladas nos regulamentos. [10]

O ocidente pode e deve aproveitar estas inovações, pois são tijolos que podem ser utilizados com face à vista e estão esteticamente enquadrados na tradição portuguesa e no resto dos países europeus. [10, 21]

2.2.3. - **Europa**

“No panorama europeu, as soluções em alvenaria estrutural simples representam cerca de 15 a mais de 50% da construção nova de edifícios de habitação, incluindo países com sismicidade muito baixa (por exemplo Alemanha, Países Baixos ou Noruega) e países com sismicidade elevada, como Itália.” [16]

A construção em alvenaria, excluindo portanto o betão, o aço e a madeira, teve desde sempre uma importante expressão na Alemanha, pela flexibilidade da produção, pela proteção conferida à envolvente e por razões artísticas, constituindo cerca de 82% da totalidade da construção.

“O princípio construtivo da estrutura de paredes de alvenaria, tetos de betão reforçado e uma cobertura de madeira (...) é comumente utilizado na Alemanha.” [11]

Na indústria do país, a produção de unidades de alvenaria é dominada pelo tijolo, que representa 45% do total fabricado, rivalizando com blocos de betão-leve e autoclavado, blocos de cálcio-silicato, etc. Inicialmente construía-se com tijolos pequenos sem furação, mas os avanços tecnológicos depressa permitiram o fabrico de tijolos maiores e com furação vertical; e de clinkers (tijolo face à vista), para fachadas, pelas suas características melhoradas de resistência às ações naturais.

É no norte da Alemanha que se denota o domínio da solução de tijolo face à vista, em detrimento da solução rebocada, que caiu em desuso. Com uma diversidade grande de configurações possíveis, as paredes são vulgarmente constituídas por um sistema

multicamada: resistente, geralmente de betão reforçado; isolante; e exterior, com existência ou não de caixa-de-ar (parede dupla ou simples). [11, 26]

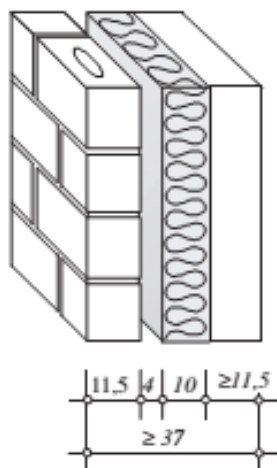


Fig. 2.4 - Esquema de construção de uma parede em TFV com isolamento (parede dupla) (cm) [26]

Os elementos de ancoragem não são muito utilizados – apenas em paredes com mais do que um pano, e são reguladas pelo código alemão para alvenarias. A espessura e o material utilizado na construção das paredes variam consoante o necessário para se atingir o valor de coeficiente de transmissão térmica exigido legalmente no país.

O sucesso da boa construção alemã neste tipo de solução deve-se à minúcia com que são seguidas as normas e a constante inspeção que é levada a cabo, que obrigam a que as paredes sigam as especificações dos regulamentos desde o início da sua construção, que naturalmente preveem a boa execução dos vários pontos singulares, de que são exemplo a ventilação e drenagem das fachadas e as pontes térmicas. [11, 26]

Na Bélgica e nos Países Baixos a maioria dos panos exteriores de alvenaria para edifícios de habitação são construídos em tijolo cerâmico. A parede resistente é formada também maioritariamente por tijolos na Bélgica, enquanto nos Países Baixos elementos de cálcio-silicato sejam igualmente utilizados. O gráfico da figura 2.5 quantifica a importância do tijolo face à vista na construção holandesa.

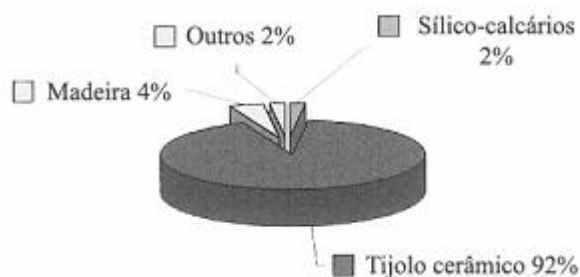


Fig. 2.5 - Materiais usados em fachadas de alvenaria nos Países Baixos [19]

A larga tradição neste tipo de construção de paredes vem com o passar do tempo colmatar as falhas na construção, razão pela qual se observa uma boa prática construtiva nestes países. Não obstante, particularmente os Países Baixos permanecem na vanguarda da investigação neste domínio, ao apresentarem inovadoras simplificações ou alternativas construtivas, como painéis pré-fabricados em tijolo e betão, e novas formas de execução de paredes de tijolo, com a conexão mecânica a ser assegurada unicamente pelos grampos, sem necessidade de argamassa entre os tijolos (*dry stacking*), bem como a aplicação de argamassa de uma nova forma, sem se recorrer à espátula. [19, 21]

2.2.4. - Portugal

“A abundância de métodos e materiais novos parece misturar-se com as soluções tradicionais viciadas, devido à habitual inércia do sector de construção.” [13] Aplicada a Portugal, esta citação resume o estado da alvenaria executada no País, alertando para o excessivo conservadorismo da construção portuguesa. O tijolo face à vista é ainda prejudicado pela exigência estética que o caracteriza, o que exige um rigor maior na sua execução, factos que vêm explicar a ausência de tradição na utilização deste tipo de solução. Assim, o tijolo furado é muito comum, representando 90% da aplicação atual em novas construções, usualmente empregue como material de preenchimento das estruturas reticuladas de betão armado. [26]

Da análise do gráfico da figura 2.6, baseada em dados recolhidos do inquérito do INE, Censos 2011, verifica-se que entre os anos 2006-2011 os materiais mais usados no revestimento exterior dos edifícios continuam a ser o reboco tradicional ou marmorite,

perfazendo 85% do total da construção. Uma análise dos dados do século XX deixa perceber que os dados não sofreram grandes alterações, não se podendo apontar qualquer tendência.

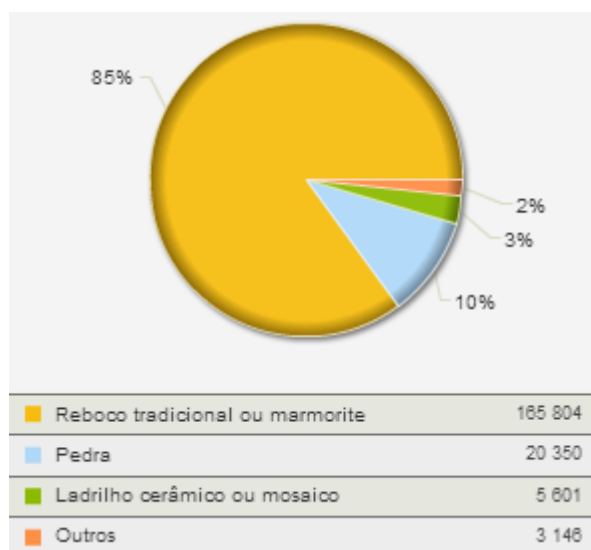


Fig. 2.6 - Materiais de revestimento de edifícios construídos entre 2006-2011 (INE)

A mais pequena fatia, com 2% de utilização, corresponde à categoria “Outros”, da qual faz parte o tijolo face à vista, valor que corrobora a seguinte citação:

“A utilização de tijolo face-à-vista em Portugal está quase sempre associada a construções de qualidade superior e é considerada uma mais-valia em termos de durabilidade e aspeto.” [8]

De facto, apesar de ser um dos maiores produtores europeus de tijolo cerâmico, Portugal canaliza menos de 5% da sua produção para o tijolo face à vista, o que mostra a reduzida expressão deste material no mercado do sector construtivo. [2]

O tijolo face à vista é utilizado como envolvente dos edifícios e também como parte integrante de soluções mistas, conjugado com outros elementos.

Como exemplos de obras recentes de tijolo face à vista representativas do campo de aplicação desta solução no país temos o Hotel Vila Galé Ópera, inaugurado em 2002, junto ao rio Tejo em Alcântara, que é antes de mais um edifício bem construído, vencedor do prémio de arquitetura em tijolo face à vista, campanha promovida pela Cerâmica Vale da Gândara.



Fig. 2.8 - Vista da Fachada do Hotel Vila Galé Ópera



Fig. 2.7 - Pormenor do cunhal do Hotel Vila Galé Ópera

Outro exemplo é o edifício nº 25 e 27 que pertence à Câmara Municipal de Lisboa, na Av. 5 Outubro, junto à praça de Entrecampos, que apesar de ter sido construído em 1997, foi já alvo de obras de reabilitação depois de problemas de empolamento de uma parede de fachada e da queda de panos de tijolo, para além de várias outras patologias típicas deste tipo de solução.

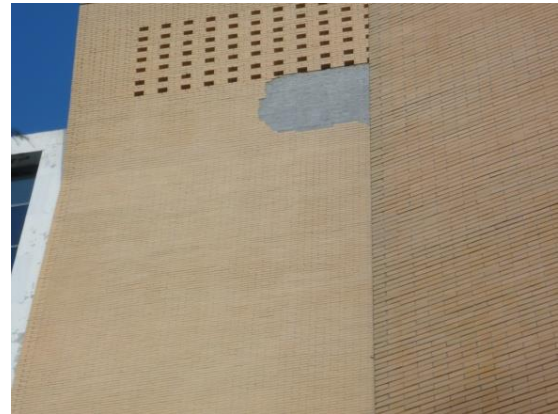


Fig. 2.9 - Exemplos de anomalias em paredes de tijolo face à vista

2.2.5. - **Legislação e Regulamentação**

Desde o processo de preparação dos Eurocódigos Estruturais, em 1987, até ao início da implementação do Eurocódigo 6 em 2005, está-se numa fase de transição normativa. [25] Apesar de já estarem publicados há uns anos, os eurocódigos estão ainda numa fase de coexistência com os regulamentos nacionais.

A constituição do Eurocódigo 6, que trata das exigências relativas à resistência, utilização e durabilidade das estruturas, está expressa no quadro 2.1.

EN (European Norm)	Título: Alvenaria
1996-1-1	Regras gerais
1996-1-2	Fogo
1996-2	Seleção de materiais e execução
1996-3	Métodos de cálculo simplificados

Quadro 2.1 - Constituição do Eurocódigo 6

O dimensionamento de estruturas de alvenaria é complementado pelo capítulo 9 do Eurocódigo 8, que detalha a ação sísmica e os requisitos dos edifícios deste tipo em zonas sísmica.

“Os Eurocódigos Estruturais, através do EC6 e do EC8 estabelecem um quadro bastante avançado e completo para o projeto das estruturas de alvenaria dos diversos tipos. A publicação das versões Portuguesas dessas normas e dos respetivos Anexos Nacionais, cunstitui um instrumento bastante potente para um aumento significativo do uso das estruturas deste tipo em Portugal.” [25]

Como refere Santos, a inexistência de uma legislação portuguesa acerca das estruturas de alvenaria acentuou o novo interesse que o Eurocódigo 6 trouxe à construção em alvenaria no país, permitindo a sua evolução em termos de técnicas construtivas.

A legislação portuguesa que existia desde os anos sessenta e setenta para o tijolo cerâmico, a NP 80:1964 - “Tijolos para alvenaria. Características e ensaios” [N1], e a NP

834:1971 – “Tijolos de barro vermelho para alvenarias. Formatos.” [N2], reguladora das características físicas e dimensionais dos tijolos de alvenaria, foi atualizada em 2006 pela norma NP EN 771-1:2006 [N3], que teve a norma europeia EN 771-1:2003 como base. [25]

Intitulada “Especificações para unidades de alvenaria. Parte 1: Tijolos cerâmicos para alvenaria”, esta norma define as características e as tolerâncias exigidas na construção de alvenarias, resistente ou não resistente, à vista ou rebocada. A norma EN 771 é constituída ainda por outras 6 partes, cada uma para uma diferente unidade de alvenaria, não menos relevantes devido ao facto de a alvenaria face à vista poder ser aplicada com diferentes materiais no pano interior [21].

O quadro 2.2 resume as normas europeias relevantes à construção em alvenaria tijolo face à vista.

European Norm (EN) / Norma Portuguesa (NP)	Designação
EN 771-1:2011	Especificações para unidades de alvenaria. – Parte 1: Unidades cerâmicas (tijolos cerâmicos)
NP EN 771-1:2012	
EN 845-1:2013	Especificações de acessórios para alvenarias. – Parte 1: Ligadores, grampos de amarração, pendurais e cachorros de apoio
EN 845-2:2013	Especificações de acessórios para alvenarias. – Parte 2: Lintéis
EN 845-3:2013	Especificação de acessórios para alvenarias. – Parte 3: Armadura em malha de aço para as juntas horizontais.
NP EN 845-3:2014	
EN 998-2:2010	Especificação de argamassas para alvenarias. – Parte 2: Argamassas de assentamento
NP EN 998-2:2013	

Quadro 2.2 - Normas Europeias relevantes à construção em alvenaria de tijolo face à vista

2.3. - O tijolo como material construtivo

2.3.1. - Processo de fabrico

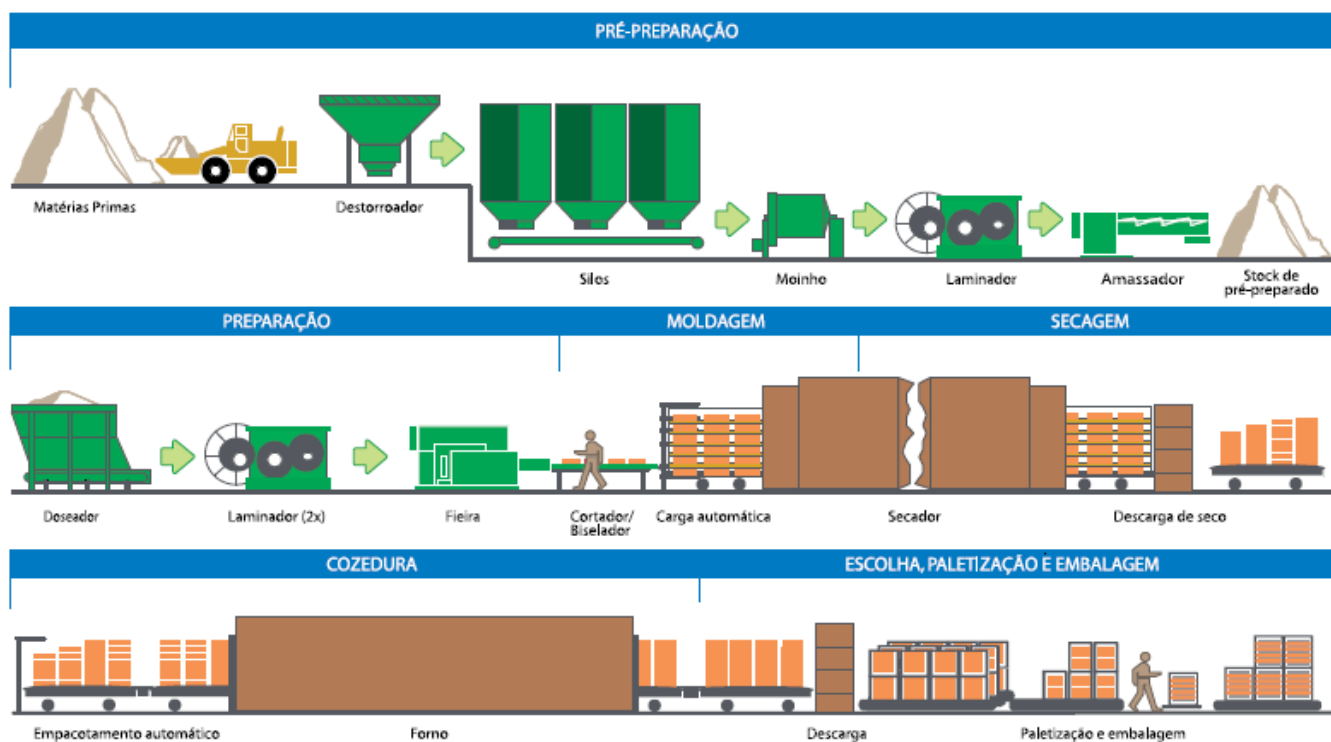


Fig. 2.10 - Fluxograma do processo produtivo do tijolo [17]

Matérias-primas

A argila grosseira possui grande quantidade de silte e areia e pode apresentar cores variadas, como preta, cinzenta, vermelha, castanha, amarela ou verde. A fração argilosa do tijolo é baixa, mas suficiente para garantir o desenvolvimento da plasticidade necessária à moldagem dos corpos cerâmicos. Na composição da argila utilizada para o fabrico do tijolo podem participar: quartzo, mica, fragmentos de rocha, carbonatos (calcite, dolomite) em grão ou concreções, sulfatos (gesso), sulfuretos (pirite, marcassite), óxidos e hidróxidos de ferro (hematite, goethite e limonite), matéria carbonácea, ilito, montmorilonita, elorite e inter-estratificados. [36]

Pré-preparação

O processo de pré-preparação tem a finalidade de homogeneizar a matéria-prima, reduzindo a granulometria e corrigindo as suas propriedades, através da adição de água e outros aditivos, como inertes ricos em sílica, até se atingirem as características finais pretendidas. Destorroadores, laminadores ou amassadoras são as máquinas utilizadas para tal efeito, numa ordem sequencial.

A matéria-prima final é armazenada em local protegido, onde ficará em repouso até ser necessária à produção de tijolo face à vista. [17, 22, 36]

Preparação

O material resultante da pré-preparação é submetido a um doseador, que regula mais e rigorosa e eficazmente a granulometria desejável.

Depois de misturados e humedecidos, os materiais formam uma massa plástica moldável que já detém a trabalhabilidade necessária para a extrusão numa fieira.

A mistura passa então pela fieira que força a sua passagem através de uma série de moldes, com aplicação de vácuo, com o objetivo de retirar o ar que se encontra no interior. Este processo de extração do ar permite uma maior resistência do produto final e diminui ativamente imperfeições durante a cozedura. Tem portanto alguma preponderância quando se trata da produção de tijolos para a construção em tijolo face à vista. [17, 21, 22, 36]

Secagem

Depois da extrusão o material é cortado a partir da barra extrudida, obtendo-se tijolos cortados à dimensão pretendida.

Os tijolos são depois armazenados em câmaras de secagem, em camadas singulares. As peças ficam em “estantes” durante cerca de 48 horas sujeitas ao período de secagem controlada e sequencial, com temperaturas entre os 30°C e os 70°C. A secagem consiste na evaporação da maior parte da água de mistura antes da sua entrada no forno. [17, 21, 22, 36]

Cozedura

A cozedura é efetuada num forno contínuo, em que um ciclo de cozedura rondará as 48h de duração até estar concluída. O processo de cozedura acontece com um aumento gradual da temperatura em vários patamares até à zona de cozedura, que se situa perto dos 1150°C, e o seu decréscimo após a mesma. É o controlo das condições de aquecimento e arrefecimento e a adequação dos seus parâmetros às características do produto final pretendido que permite a obtenção um produto de qualidade. [17, 21, 36]

Embalagem

A embalagem em plástico é feita após arrefecimento. O desempenho do tijolo face à vista pode ainda ser melhorado, no caso de se submeter o tijolo à hidrofugação. Uma vez no armazém, está pronto para sair para o mercado e para ser aplicado em obra. [17]

2.3.2. - Sustentabilidade da construção em tijolo face à vista

O ciclo de vida da construção é uma ferramenta fundamental para a avaliação do impacto ambiental de um produto de construção. A análise das variadas fases do ciclo para diferentes produtos de construção destinados às mesmas funções de aplicação, com identificação dos fluxos de entradas e saídas de energia e matéria, contabilização de emissões e resíduos de que são geradores, permite estabelecer uma comparação e consequentemente uma classificação dos produtos mais indicados para uma construção sustentável. [17]

Desta avaliação resultam claras vantagens associadas à aplicação dos tijolos face à vista como solução construtiva, relativamente a outros métodos, devido aos impactos reduzidos que lhe estão associados.

A adoção de planos de exploração de matéria-prima legalmente aprovados, de forma a racionalizar os consumos de recursos naturais e energéticos reduzindo desperdícios e emissões é uma prática indispensável na ótica da sustentabilidade.

Complementarmente, durante a fase de produção, é importante a monitorização e controlo do processo produtivo em várias etapas, com especial incidência nas operações de secagem e cozedura do tijolo por serem os que mais consumos energéticos exigem, assegurando a recuperação e reincorporação de excedentes de matéria-prima preparada.

O correto planeamento e o conhecimento detalhado do projeto e das diferentes fases de execução permitirá uma atempada e otimizada mobilização de recursos materiais e humanos durante a construção do edifício.

A durabilidade dos tijolos face à vista pode ascender a centenas de anos sem mencionável necessidade de manutenção, substituição ou renovação quando cumpridas as boas regras técnicas de execução e utilização, o que faz da aplicação deste produto uma solução com carga ambiental nula.

A inocuidade do material base dos produtos cerâmicos e a boa compatibilidade com a maioria dos materiais de construção constituem bons fatores que favorecem as práticas de reutilização e reciclagem, uma vez chegada a fase terminal de vida do edifício. [17]

2.3.3. - Exigências normativas para marcação CE

A marcação CE é um sistema de comprovação da conformidade obrigatório para os produtos que circulem no mercado europeu. Os produtos da construção estão abrangidos pelo Regulamento dos Produtos de Construção, RPC (UE) 305/2011, que revoga e substitui a anterior Diretiva dos Produtos de Construção, DPC – Diretiva 89/106/CEE, de 1988, transposta para o direito nacional pelo DL 119/93, posteriormente alterado e republicado pelo DL 4/2007. [W2]

O regulamento fixa as condições de colocação ou disponibilização no mercado dos produtos da construção, estabelecendo as regras harmonizadas sobre a forma de expressar o desempenho correspondente às suas características essenciais e sobre a utilização da marcação CE.

Anteriormente, ao abrigo da DPC a marcação CE significava que o produto estava conforme com uma norma – informação suportada em certificação (emitida por organismo

creditado) ou declaração (emitida pelo fabricante) de conformidade. Com o RPC, a marcação CE significa que o produto está conforme relativamente às suas características essenciais pertinentes, que correspondem aos requisitos básicos das obras de construção em que são incorporados, atestado em declaração de desempenho emitida pelo fabricante.

Para o caso dos tijolos de alvenaria é aplicável o sistema 4 (caso pertençam à categoria II) de avaliação da regularidade de desempenho, que prevê a elaboração de uma ficha técnica que acompanha as remessas de tijolos face-à-vista fabricados em conformidade com os requisitos do Anexo ZA da NP EN 771-1 [N3]. A Entidade Fabricante redige a Declaração de Desempenho, que lhe permite afixar a marcação CE aos seus produtos. [8, 17, 21]

A NP EN 771-1: “Especificações para unidades de alvenaria. Parte 1: Tijolos cerâmicos” [N3], não estipulando formatos para os tijolos cerâmicos de alvenaria, define somente classes ou tolerâncias para grande parte das características sem impor limites de aceitação, apresentando as especificações relativas aos seus requisitos e ensaios de caracterização aplicáveis, remetendo os procedimentos para a série de normas de ensaio NP EN 772.

Segundo a NP EN 771-1 [N3] os tijolos cerâmicos são assim classificados em tijolos LD (*low density*), unidades cerâmicas com massa volúmica seca bruta inferior ou igual a 1000kg/m^3 , para utilização em alvenarias protegidas; e tijolos HD (*high density*), com massa volúmica seca bruta maior que 1000kg/m^3 . [17]

Como destino do tijolo face à vista é ficar visível, seja no interior ou no exterior de construções, enquadra-se na classificação de “unidades HD”. As unidades HD subclassificam-se em duas categorias conforme as unidades de alvenaria tenham ou não valores de resistência à compressão declarada com probabilidade de falha menor ou igual do que 5%.

O Quadro 2.3 da página seguinte resume os métodos de ensaio e características a declarar, segundo a norma NP EN 771-1 [N3].

Quadro 2.3 – Características e tolerâncias a declarar, como especificado na EN 771-1[N3]

Norma	Ensaio	Característica	Tolerância ou categoria
NP EN 772-1 [N4]	Determinação da resistência mecânica	Resistência mecânica e categoria a declarar pelo produtor	Categoria I ou II
NP EN 772-3 [N5]	Determinação do volume líquido e percentagem de vazios por pesagem hidrostática		
NP EN 772-5 [N6]	Determinação do teor em sais solúveis ativos	Teor em sais solúveis ativos a declarar pelo produtor	S0: $\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+} =$ Sem requisito S1: $\text{Na}^+ + \text{K}^+ = 0,17\%$; $\text{Mg}^{2+} = 0,08\%$ S2: $\text{Na}^+ + \text{K}^+ = 0,06\%$; $\text{Mg}^{2+} = 0,03\%$
NP EN 772-11 [N8]	Determinação da taxa inicial de absorção de água	Limites da taxa inicial de absorção de água, a declarar pelo produtor	
NP EN 772-13 [N9]	Determinação da massa volúmica absoluta e aparente	Densidade a declarar pelo produtor	$D1 \leq 10\%$ $D2 \leq 5\%$ D0 – Desvio declarado pelo produtor
NP EN 772-16 [N10]	Determinação de dimensões	Dimensões médias e limites a declarar pelo produtor	T1, T2 ou T0 – Tolerâncias em função da dimensão de fabricação R1, R2 ou R0 – Amplitude em função da dimensão de fabricação
EN 772-22	Determinação da resistência ao gelo/degelo	Categoria a declarar pelo produtor	F0 – Exposição passiva F1 – Exposição moderada F2 – Exposição severa
EN 1052-3 [N12]	Determinação da resistência inicial ao corte	Resistência de adesão do tijolo à argamassa a declarar pelo produtor	
NP EN 1745 [N13]	Método para a determinação dos valores térmicos declarados e de projeto	Propriedades térmicas a declarar pelo produtor	
NP EN 13501-1 [N14]	Classificação ao fogo de produtos de construção – Parte 1: Classificação usando resultados de ensaios de reação ao fogo	Classe a declarar pelo produtor	Classe A1 – Tijolos que contenham materiais orgânicos até um máximo de 1% da sua massa ou volume (sem necessidade de ensaios) ou outra classe
NP EN 771-1 Anexo C	Determinação de absorção de água	Absorção de água a declarar pelo produtor	
NP EN 998-2 Anexo C	Aderência	Aderência da argamassa	

Resistência à compressão

As exigências de resistência à compressão na NP EN 772-1 [N4] não fazem distinção entre tijolos HD e LD. Deve ser declarada a resistência média à compressão e a resistência à compressão normalizada sempre que tal seja relevante para a aplicação a que os tijolos se destinam, consoante a função dos elementos. A resistência média à compressão dos tijolos cerâmicos provenientes de lote com determinado valor, não deve ser inferior à resistência à compressão declarada e as resistências individuais de provetes ensaiadas não devem ser inferiores a 80% desse mesmo valor. [8, 17, 21]

Teor em sais solúveis ativos

O teor de sais solúveis ativos dos tijolos a aplicar (magnésio solúvel e iões de sódio e potássio), com base nas categorias S0, S1 e S2, deve ser declarado pelo fabricante. [8, 17]

Absorção de água

Em tijolo face à vista este ponto é particularmente importante, quer nos tijolos com função de corte da capilaridade, quer na restante fachada (por causa da pluviosidade) e deve ser sempre declarado o valor de absorção de água dos lotes. A taxa inicial de absorção de água deve ser declarada sempre que for relevante para a utilização prevista. [8, 17]

Massa volúmica

Em tijolos face à vista (HD) em construções que lhe exijam exigências acústicas, a massa volúmica absoluta seca deve ser declarada. A densidade é expressa em categorias do D0 ao D2. [8, 17]

Tolerâncias dimensionais

A regularidade dimensional é imprescindível para a qualidade final de um paramento em tijolo face à vista.

Os tijolos HD não apresentam tantas categorias de classificação como as unidades LD. A planeza das faces dos leitos e o paralelismo plano das faces dos leitos não deve exceder o valor declarado pelo fabricante em ambos e devem ser declaradas pelo produtor,

em função das categorias da norma NP EN 772-16 – “Métodos de ensaio de blocos para alvenaria. Parte 16: Determinação das dimensões”. [N10] [8, 17, 21]

Durabilidade

O método de ensaiar os tijolos quanto à resistência a ciclos de gelo/degelo varia com a regulamentação dos anexos adotados pelo país, adequados ao seu clima. É a deterioração provocada pelas ações de congelamento e descongelamento que é avaliada e usada para determinar o valor de resistência ao gelo/degelo, que é um requisito fundamental para o caso de tijolos de alvenaria face à vista, enquadrando-se nas categorias F1 ou F2 (exposição moderada e severa, respetivamente). [8, 17, 21]

Propriedades mecânicas

As propriedades térmicas do tijolo devem ser declaradas pelo produtor sempre que a sua aplicação se destine a elementos com requisitos de isolamento térmico, pelo que devem ser invariavelmente declaradas no caso da construção em tijolo face à vista. [8, 17]

CAPÍTULO 3.

Aspetos de conceção de paredes de tijolo face à vista

CAPÍTULO 3. – Aspetos de conceção de paredes de tijolo face à vista

3.1 – Considerações iniciais

3.2 – Classificação de paredes de tijolo

3.3 – Tipos correntes de paredes de alvenaria de tijolo

3.4 – Classificação das paredes de alvenaria de tijolo segundo os EC6 e EC8.

3.5 – Exigências funcionais e regulamentares em paredes de tijolo face à vista

3.2.1 – Comportamento mecânico e estabilidade das alvenarias

2.2.2 – Comportamento higrotérmico

2.2.3 – Comportamento térmico

2.3.1 – Segurança ao fogo

2.3.2 – Higiene, saúde e ambiente

2.3.3 – Estanquidade

2.3.4 - Durabilidade

CAPÍTULO 3. - Aspetos de conceção de paredes de tijolo face à vista

3.1. - Considerações iniciais

Como relata Pina Santos em [24], com a generalização da adoção de soluções estruturais reticuladas de betão armado tornou-se usual a utilização de soluções de parede exterior simples, constituídas por um pano de alvenaria simples de tijolo cerâmico furado na maioria das habitações unifamiliares. O Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), recomendava espessuras de 20 a 22 cm, excluindo revestimentos, embora fosse corrente a execução de paredes com espessuras mais reduzidas, que naturalmente desenvolviam patologias mais ou menos graves, de que são exemplo a fissuração, infiltrações de água e condensações superficiais.

Entretanto a entrada em vigor no início dos anos 90 das anteriores regulamentações em domínios como a conservação de energia e conforto térmico, proteção contra ruído e segurança ao fogo, que passaram a ser exigidas dos edifícios, influenciaram as soluções a adotar para as paredes exteriores e interiores, contribuindo para uma progressiva mudança que vulgarizou o uso de paredes duplas, com panos de alvenaria com espessuras compreendidas entre 0,07 m e 0,15 m. Paralelamente ocorreu a introdução de um isolante térmico no espaço de ar da parede dupla. As espessuras correntes do isolante térmico – sobretudo placas de poliestireno expandido moldado (EPS) ou extrudido (XPS) e espuma rígida de poliuretano (PUR) projetado variaram entre 20 mm e, mais recentemente, 30 mm. [24, 30]

3.2. - Classificação de paredes de alvenaria de tijolo

O critério de classificação das paredes de alvenaria é usualmente baseado no material constituinte utilizado, o que é uma caracterização grosseira, pouco precisa. Existem diversos

fatores alheios aos elementos que também interferem no comportamento das paredes, que contribuem para uma melhor explicitação classificativa, tais como: [22, 37]

- O tipo de argamassa de assentamento;
- A disposição dos tijolos no assentamento, em que variam fatores como a geometria e a posição das juntas;
- O número de panos da parede;
- O número e o tipo de ligações entre a parede e a estrutura de apoio;
- O tipo de revestimento final da parede;
- A existência de elementos complementares para garantir as exigências de isolamento térmico, estanquidade e controlo da difusão de vapor;
- A localização da parede no contexto do edifício, o que infere no tipo de ações a que vai estar sujeita;
- A posição da parede em relação ao solo;
- A função a que se destina (estrutural, de compartimentação, etc).

3.3. - Tipos correntes de paredes de alvenaria de tijolo

É ainda consideravelmente reduzido o número de variantes das paredes de tijolo construídas em Portugal nos dias de hoje. As soluções mais correntes, segundo [30] são:

- Paredes duplas para revestir, de tijolo cerâmico de furação horizontal, de espessura inferior a 15cm. O isolamento térmico é aplicado por projeção ou em placas e ocupa parte da caixa-de-ar. Estas paredes carecem de atenção em fase de projeto, o que culmina em ligações à estrutura descuidadas, bem como as ligações entre panos e drenagem da caixa-de-ar e posicionamento do isolamento térmico e redução de pontes térmicas subestimados.

- Paredes duplas, com o pano exterior destinado a ficar à vista, realizado em alvenaria de tijolo cerâmico maciço ou de furação vertical ou ainda de blocos de betão. O pano interior é geralmente realizado por alvenaria de tijolo cerâmico de furação horizontal com 11 ou 15 cm. Em geral é aplicado um barramento ou pintura à face exterior do pano interior antes de este receber o isolamento térmico para ajudar à estanquidade à água, em alguns casos armado com rede de fibra de vidro. Em geral são visíveis orifícios dispostos inferiormente para drenagem da caixa-de-ar.

As paredes duplas empregando alvenaria de blocos de betão, têm emprego de expressão reduzida, sendo geralmente utilizadas quando se pretende tirar partido estrutural da alvenaria, sendo esta confinada por elementos de betão levemente armado. Usam-se então tijolos cerâmicos de furação horizontal no pano interior.

A produção nacional da maior parte dos formatos de tijolo hoje vistos no mercado ainda não antecipa muitas peças complementares para a resolução de forma racional dos pontos singulares, tais como: padieiras, remates, roços, ombreiras, cunhais, etc.

3.4. - Classificação das paredes de alvenaria de tijolo segundo os EC6 e EC8

O Eurocódigo 6 (EC6) e o Eurocódigo 8 (EC8) aplicam-se ao projeto das paredes de alvenaria dos diversos tipos que fazem parte do sistema estrutural principal da construção, fazendo a distinção entre alvenaria simples, alvenaria armada, alvenaria pré-esforçada e alvenaria confinada. [25]

O EC6 classifica as paredes de acordo com o tipo de materiais constituintes, consoante as ações a que estão sujeitas, e também de acordo com o tipo e número de panos e das suas ligações:

- Paredes simples com ou sem junta longitudinal;
- Paredes duplas (com caixa de ar);
- Paredes de dois panos (sem caixa de ar);
- Paredes de face aparente;
- Paredes de juntas descontínuas;
- Paredes-cortina.

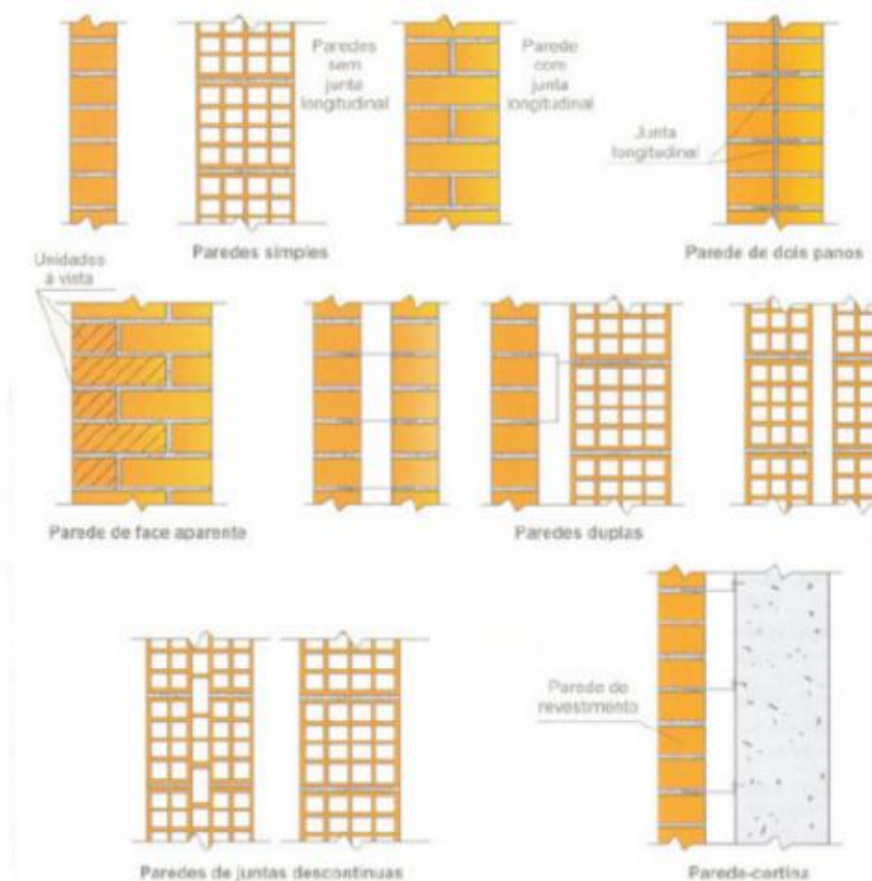


Fig. 3.1 - Tipos de parede previstos no EC 6 [27]

Em função das ações a que podem estar sujeitas e da função estrutural que lhes é atribuída, o EC6 classifica-as como [4]:

- Paredes resistentes (sujeitas a significativas cargas verticais, além do peso próprio);
- Paredes de travamento ou contraventamento;
- Paredes sujeitas a ações de corte (suportando, sobretudo, cargas horizontais);
- Paredes divisórias (não suportando cargas significativas);
- Paredes sujeitas a cargas laterais.

As classificações previstas no EC6 não têm o desejável relevo no contexto do documento, uma vez que se limitam à divulgação das "designações" e prescrição de algumas medidas técnicas de execução, nomeadamente no modo de ligação entre os panos de parede dupla. [27]

3.5. - Exigências funcionais e regulamentares de paredes de tijolo face à vista

Os edifícios devem ser concebidos de modo a que, sem exceção, quer a sua segurança na íntegra, quer as características funcionais dos elementos de construção neles aplicados, não sejam afetadas durante um período de tempo, não inferior a 50 anos de vida útil, submetidos às solicitações decorrentes de um uso normal. [20]

A qualidade de uma parede depende, assim, das funções a que se destina e de um leque de requisitos ou exigências condicionantes, sendo que a sua satisfação é testemunhada pelo correto desempenho da parede e pela não ocorrência de anomalias ou patologias.

As exigências funcionais das paredes da envolvente dos edifícios dependem de agentes mecânicos, térmicos, químicos e biológicos. O desempenho de uma parede depende não só de cada componente, mas de todo o conjunto tosco-revestimento. [37]

O Regulamento 305/2011 (RPC) estabelece as exigências funcionais dos produtos da construção, obrigando a que apresentem desempenhos de [17, 21]:

- Resistência mecânica e estabilidade
- Segurança ao fogo
- Conforto termohigrométrico
- Conforto acústico
- Higiene, saúde e ambiente
- Durabilidade
- Estética

O quadro 3.1 resume as principais exigências funcionais das paredes, que no caso de tijolo face à vista têm importância acrescida.

Exigência	Descrição
Estabilidade	Estabilidade e resistência estrutural
Segurança ao fogo	Limitação do risco de ignição e propagação de incêndio e segurança dos ocupantes
Segurança na utilização	Segurança dos ocupantes (no contacto) e à intrusão
Estanquidade	Estanquidade aos gases, líquidos e sólidos
Conforto higrotérmico	Condições ambientais, como a temperatura, humidade e qualidade do ar
Conforto acústico	Isolamento acústico e níveis de ruído
Conforto visual (Estética)	Retilinearidade das arestas, planeza das superfícies e homogeneidade da cor
Conforto tátil	Limitação das superfícies rugosas ou viscosas
Higiene	Emissão ou desenvolvimento de substâncias nocivas para a saúde
Durabilidade	Conservação do desempenho e resistência à solicitação

Quadro 3.1 – Principais exigências funcionais das paredes de tijolo face à vista [35]

Torna-se então pertinente explicitar um pouco mais detalhadamente de que forma se processa o comportamento das paredes em relação exigências funcionais mais relevantes.

3.5.1. - Comportamento mecânico e estabilidade das alvenarias

As paredes estão sujeitas a ações de vários tipos, que as solicitam mecanicamente, pelo que a sua estabilidade e resistência à ação das cargas permanentes, sobrecargas e deformações térmicas é um requisito funcional indispensável. [8]

A resistência das alvenarias, como um elemento construtivo composto, depende da interação entre os elementos e a argamassa, da sua resistência individual e da sua relação de volumes num pano de parede. A grande variedade de matérias-primas, com as suas características próprias, a variabilidade da geometria e da qualidade produtiva e construtiva são responsáveis pela dispersão dos atributos de resistência deste elemento construtivo. [27]

No que diz respeito às ações, as alvenarias estão fundamentalmente sujeitas a:

- Cargas verticais, no seu plano, mobilizadoras da sua resistência à compressão;

Estando sujeitas a cargas verticais no seu plano, as paredes são solicitadas à compressão, sendo que a sua resistência depende, no caso de paredes exteriores, da esbelteza da parede, excentricidade do carregamento, e da resistência à compressão dos seus elementos; e no caso de paredes de preenchimento, maioritariamente da sua esbelteza. É necessário ter em conta as condições de ligação aos elementos horizontais, pavimentos e coberturas, de travamento vertical, pelas paredes ortogonais, e a eventualidade de cargas concentradas. A garantia da estabilidade das alvenarias é assegurada pela aplicação de princípios simples de resistência dos materiais constituintes, bem como o correto delineamento da esbelteza das paredes, para que a sua resultante de ações coincida com o plano da parede. [17]

- Cargas horizontais, no seu plano e perpendicularmente a este, mobilizadoras da resistência ao corte da parede;

Em termos de ações horizontais, as alvenarias estão sujeitas a cargas horizontais no seu plano que mobilizam a resistência ao corte da parede, e cargas horizontais no seu plano perpendicular; ambas produzidas pelo vento ou ocorrência de sismos.

No plano da parede, a resistência é assegurada pela própria estrutura, com a formação de bielas de compressão que a solicitam ao corte.

Um pano de tijolo face à vista corretamente executado tem ligações ao pano interior que fazem com que os esforços perpendiculares ao plano da alvenaria sejam absorvidos em conjunto pelos dois panos. O comportamento e estabilidade das paredes solicitadas a este tipo de ações é fortemente influenciado pela qualidade da argamassa e da sua aderência aos elementos. Assim, são importantes a escolha das composições adequadas, com boa retenção de água e o cuidado do correto preenchimento das juntas. A adoção de espessuras respeitantes das esbeltezas máximas permitidas ajuda também a assegurar a estabilidade das paredes sob esta ação. [21]

Outro fator que está na origem da formação de tensões e movimentos nos materiais são as variações de temperatura e humidade dos elementos.

Quanto às variações de temperatura, estas podem causar contrações ou expansões nos elementos, em função do valor da temperatura relativamente ao estado inicial da construção, constituindo um fenómeno difícil e de complexa interpretação. Um edifício está sujeito a vários tipos de variação de temperatura, podendo esta ser sazonal, diária, sempre dependente da geometria e das condições de exposição, o que torna difícil a avaliação e simulação de forma realista. Várias são as medidas e disposições construtivas aconselhadas para serem minimizados os seus efeitos, de entre os quais o conveniente isolamento e sombreamento; o aumento da liberdade da construção, com previsão de juntas de dilatação pouco espaçadas; e o melhoramento da resistência dos elementos nas zonas mais solicitadas. [17]

Os materiais porosos sofrem variações dimensionais com a variação da humidade, embora o seu efeito seja mais lento e mais dependente das condições de execução do que as variações de temperatura. As variações dimensionais devidas à humidade podem ser reversíveis e outras irreversíveis, atendendo aos aspetos relativos à sua conceção. As disposições construtivas recomendáveis com vista a minimizar este efeito passam pela escolha de materiais com pequenas variações dimensionais por efeito da humidade e o tratamento dos pontos singulares das paredes de forma a que não constituam pontos de entrada de humidade. [17]

3.5.2. - Comportamento higrotérmico – condensações internas

As paredes da envolvente e os seus elementos constituintes estão sujeitos a gradientes de temperatura e de pressão parcial de vapor de água originários de fluxos de calor e de humidade. As condensações internas geradas no interior dos elementos, quando as pressões parciais de vapor igualam a pressão de saturação, dependem do fluxo de calor que atravessa as paredes motivado pelas condições climáticas exteriores e interiores, dependendo portanto das características higrotérmicas do ar.

A caracterização do clima exterior é feita através das temperaturas exteriores de projeto, estudadas pelos institutos meteorológicos e adaptadas para a construção, enquanto o clima interior é função do tipo de utilização e influenciado pelos sistemas de climatização dos edifícios. Não obstante, as temperaturas interiores de conforto situam-se geralmente entre os 20 e os 22° C.

A EN ISO 13778:2001 – “Plain bearings - Quality assurance of thin-walled half bearings - Selective assembly of bearings to achieve a narrow clearance range” enquadra os edifícios em classes de higrotermia tipo, estipulando critérios de conceção de paredes face à difusão do vapor de água. Num edifício pertencente à classe higrotérmica mais baixa, a probabilidade de ocorrência de condensações internas não justifica a necessidade de tomar precauções. Em edifícios pertencentes às classes higrotérmicas cimeiras, existem regras de conceção em função da resistência térmica e da resistência à difusão de vapor de água das diferentes camadas componentes das paredes, sendo necessário proceder à quantificação das condensações internas e estudar o risco de não secagem no Verão.

Classe de Higrotermia	Tipo de Edifícios	Higrotermia (kg/m³)
1	Armazéns fortemente ventilados	0 – 0,002
2	Escritórios, Lojas comerciais	0,002 – 0,004
3	Habitações com pouca ocupação	0,004 – 0,006

4	Habitações com ocupação elevada, recintos desportivos, cozinhas, cantinas	0,006 – 0,008
5	Edifícios especiais, lavandarias, cervejarias, piscinas	>0,008

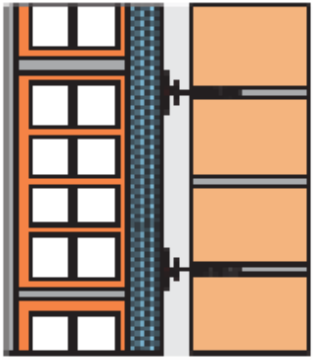
Quadro 3.2 - Classes de Higrtermia por Tipo de Edifícios [27]

3.5.3. - Comportamento térmico

O Regulamento de Desempenho dos Edifícios de Habitação dos Edifícios (REH) [N20] estabelece as exigências regulamentares relativas à aplicação de isolamentos térmicos na envolvente dos edifícios, proporcionando condições de conforto térmico, com a preocupação de minimizar os consumos energéticos. [17]

De acordo com o REH – DL 118/2013 [N20], o comportamento térmico de uma envolvente de um edifício é caracterizado pelos coeficientes de transmissão térmica dos seus elementos constituintes. Para elementos constituídos por várias camadas, como é o caso do tijolo face à vista, o coeficiente de transmissão térmica é calculado com uma soma ponderada das resistências térmicas das várias camadas.

O REH estipula os valores máximos ($U_{m\acute{a}x}$) e de referência (U_{ref}) a ter em consideração no projeto da envolvente opaca exterior dos edifícios. Do controlo das condensações superficiais derivam os valores máximos do coeficiente U ($U_{m\acute{a}x}$), enquanto os valores de referência (U_{ref}) são indicativos da qualidade recomendada em termos de conforto térmico. [N20]

Tipologia de parede	U (W/m ² K)	
Tijolo face à vista 24x11,5x7 cm Tijolo de alvenaria 30x20x11 cm 4 cm poliestireno expandido 1,5 cm reboco 4 cm caixa-de-ar	0,52	

Quadro 3.3 - Coeficiente de transmissão U para uma parede de tijolo face à vista Cerâmica Vale da Gândara [17]

Os elementos da envolvente interior beneficiam de uma menor exigência térmica pelo facto de não estarem em contacto com a atmosfera exterior e sim com outras zonas do edifício, experimentando diferentes variações de temperatura. [21]

Para a execução de fachadas em alvenaria de tijolo face à vista, tendo em vista a categoria de “envolvente exterior” em que se insere e as propriedades intrínsecas dos tijolos, seu material constituinte, o REH é relevante em dois focos:

- Isolamento térmico, cuja aplicação em fachadas ventiladas é sempre requerido. A colocação do isolamento em paredes de tijolo face à vista de forma contínua em toda a fachada do edifício, permite responder à maioria das pontes térmicas existentes nas fachadas.
- Inércia térmica da envolvente, uma propriedade que corresponde à capacidade dessa envolvente regular a velocidade com que é atravessada pelos fluxos caloríficos que transitam do interior para o exterior ou vice-versa, conforme seja Inverno ou Verão. A otimização da inércia térmica das envoltentes dos edifícios é particularmente eficiente em climas com grandes amplitudes térmicas em períodos de tempo curtos, como acontece nos países da Europa do Sul. Materiais com inércia térmica forte como o tijolo face à vista permitem às paredes reterem quantidades importantes de calor e estabilizarem condições interiores de conforto térmico em grande medida independentes das condições prevalentes no exterior, minimizando as necessidades de aquecimento e de arrefecimento nos edifícios. [21]

É importante a conjugação de materiais de inércia térmica forte com a aplicação adequada de isolamentos que diminuam o coeficiente de transmissão térmica U das paredes. Dessa forma consegue-se otimizar esta função, disponibilizando diversas possibilidades de satisfação das exigências do REH.

3.5.4. - **Segurança ao fogo**

A reação ao fogo é caracterizada segundo as normas europeias NP EN 13501-1:2007 – “Classificação ao fogo de produtos de construção. Parte 1: Classificação usando resultados de ensaios de reação ao fogo” [N14] e avalia o contributo dos materiais para a origem e propagação do incêndio. É expressa por classes de reação ao fogo em função da não combustibilidade, da inflamabilidade e da velocidade de propagação das chamas. Os tijolos face à vista foram inseridos pelo Regulamento dos Produtos da Construção 305/2011 (RPC) na Euroclasse de maior exigência, A1, que engloba produtos considerados “Não combustíveis. Sem qualquer contribuição para o fogo”. [17]

A volumetria dos edifícios, a resistência e reação ao fogo e os vãos das fachadas devem ser projetados para que contribuam para a prevenção da propagação do fogo pelo exterior no próprio edifício, ou entre este e os edifícios vizinhos. [17]

A resistência ao fogo de um determinado elemento é então caracterizada pelo impedimento do desenvolvimento dum incêndio de um local para o outro, expressando-se pelo tempo durante o qual o elemento não vê a sua estabilidade, em termos de degradação e deformação, comprometida. [8]

O EC6 estabelece a seguinte codificação para os requisitos exigíveis às paredes de um edifício:

R – Indica a durabilidade da função “Resistência”, ou “Estabilidade”;

E – Indica a Estanquidade às chamas;

I – Indica a capacidade de isolamento térmico da outra superfície de uma parede exposta ao fogo.

- Paredes resistentes:

REI 60 (a estabilidade, a estanquidade ao fogo e o isolamento térmico da parede em caso de incêndio devem manter-se pelo menos por 60 minutos)

- Paredes não resistentes:

EI 60 (a estanquidade ao fogo e o isolamento térmico da parede em caso de incêndio devem manter-se pelo menos por 60 minutos) [17]

São definidas pelo Regulamento de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RSCIE) – DL 220/2008 [N19] as disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis a todos os edifícios e recintos. Estes são classificados com base na sua utilização-tipo. Tendo em conta os fatores de risco, de que são exemplo a altura, densidade de carga de incêndio, atividade desenvolvida, número de efetivos, os edifícios são ainda classificadas em quatro categorias de risco, designadamente risco reduzido, moderado, elevado ou muito elevado.

Enumeram-se os tipos de classificação previstos pelo referido regulamento:

- Reação ao fogo (dos materiais):

Classe M0 – materiais não combustíveis (caso do tijolo face à vista);

Classe M1 – materiais não inflamáveis;

Classe M2 – materiais dificilmente inflamáveis;

Classe M3 – materiais moderadamente inflamáveis;

Classe M4 – materiais facilmente inflamáveis.

- Resistência ao fogo (dos elementos de construção):

Classes EF – estabilidade ao fogo;

Classes PC – para-chamas;

Classes CF – corta-fogo.

A título de exemplo, para alvenarias com tijolos face à vista do tipo Cerâmica Vale da Gândara com uma espessura aproximada de 115 mm são comuns valores da ordem de:

Permanência da propriedade “corta-fogo”: 60 minutos (EI 60)

Permanência da propriedade “pára-chamas”: 90 minutos (E 90)

Permanência da propriedade “estabilidade”: 90 minutos (R90)

3.5.5. - **Comportamento acústico**

O conforto acústico traduz-se pelo isolamento aos ruídos aéreos, que reduz o nível dos ruídos exteriores que atravessam a parede e pelos ruídos emitidos pela parede transmitidos por vibrações. O RGR – Regulamento Geral sobre o Ruído, DL 9/2007 [N21] define zonas com diferentes níveis de ruído que conduzem a diferentes necessidades de isolamento, também influenciadas pelos diferentes usos dos edifícios, definindo de uma forma geral a política de prevenção e combate ao ruído. O RRAE – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, DL 96/2008 – estabelece os requisitos acústicos a que devem responder os edifícios, por forma a melhorar a qualidade acústica do seu interior.

As exigências acústicas a aplicar a edifícios referidas nestes documentos baseiam-se em três parâmetros indissociáveis: a limitação dos níveis de ruído, o condicionamento acústico interior e o isolamento sonoro.

É nos meios de transmissão dos ruídos que há maior possibilidade de atuação, através da restrição do campo de propagação, sendo possível minimizar os seus efeitos negativos.

O isolamento relativamente à propagação de sons aéreos e de percussão através das separações físicas que são as paredes de fachada dependem diretamente das características físicas e mecânicas dos materiais integrantes. [8]

Assim, a constituição dos tijolos, e respetiva configuração dos vazios influenciam o desempenho acústico do tijolo. O tijolo furado, através das diferentes configurações de furação, possui uma maior flexibilidade, no entanto, os tijolos maciços têm maior massa por unidade de área de fachada, o que à partida o classificaria como melhor isolante. Importa

reforçar que todos os materiais incorporados numa parede de fachada de alvenaria influem na capacidade de isolamento sonoro da mesma, como a própria argamassa de assentamento dos tijolos, e os envidraçados, de diferentes características. [8, 35]

3.5.6. - **Higiene, saúde e ambiente**

A qualidade do ar, a preservação do espaço e o conforto térmico no interior das habitações são os requisitos das paredes nos quais as exteriores desempenham um papel preponderante.

As exigências funcionais de higiene, saúde e ambiente estão relacionadas com:

- Emissão ou desenvolvimento de substâncias nocivas ou insalubres nas suas superfícies.
- Desenvolvimento de musgos e micro-organismos especialmente nas fachadas orientadas a Norte e em regiões com níveis de poluição altos.
- Facilidade de acomodação de solicitações de origem higrotérmica, originadas pelo calor e humidade relativa, e de origem climática, originadas por ventos, chuvas ou gelo. [8]

3.5.7. - **Estanquidade**

É a envolvente do edifício que tem a função óbvia de garantir a estanquidade das habitações, relativamente ao exterior. A garantia de estanquidade à água da chuva corresponde à ausência de infiltrações para o interior por efeito da chuva incidente combinada com a eventual ação do vento, e à ausência de infiltrações provocadoras do humedecimento prolongado e consequentes condensações internas das paredes. As paredes junto ao solo devem também garantir um comportamento eficaz face às humidades ascensionais, por capilaridade. [35]

A figura 3.2 mostra os quatro fenómenos físicos de penetração de água nas paredes.

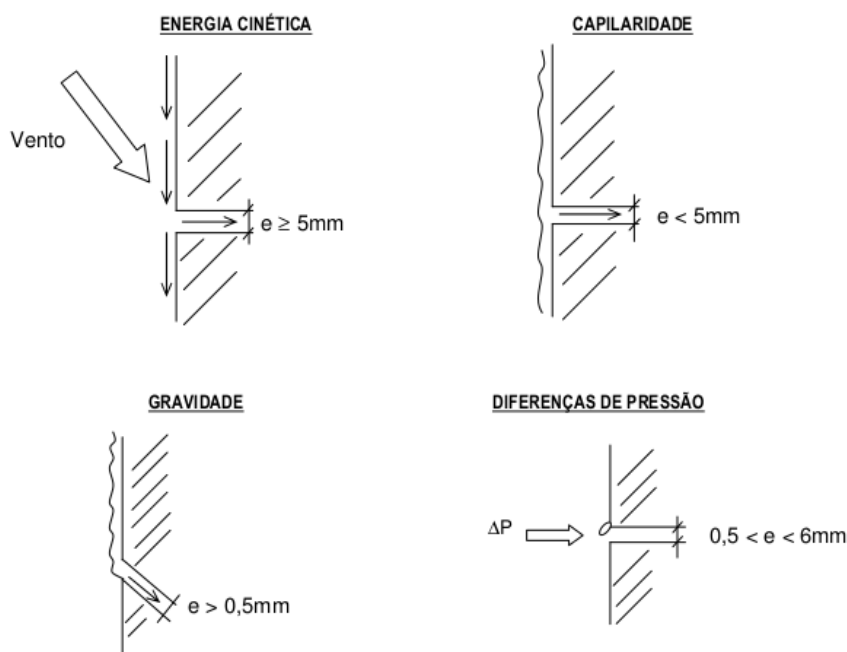


Fig. 3.2 - Esquema das formas de penetração de água nas paredes. [35]

O facto de o tijolo face à vista em pano exterior simples ser já o acabamento final destinado à exposição aos agentes agressivos constitui uma desvantagem relativamente a um pano exterior de alvenaria de tijolo furado, que é posteriormente rebocado e pintado, usufruindo assim de uma primeira barreira protetora. A expulsão da água, líquida ou sob a forma de vapor, deve ser assegurada por intermédio de orifícios deixados junto à base da parede, que tanto expõem a água empurrada pela meia-cana, como promovem a ventilação da caixa-de-ar. [21]

3.5.8. - Durabilidade

Qualquer elemento construtivo deve estar preparado para resistir, com as propriedades anteriormente referidas, durante o tempo para o qual foi dimensionado.

No caso das paredes de alvenaria, estas devem estar preparadas para resistir a todos os agentes agressivos exteriores, sejam eles abrasivos, químicos, biológicos ou de origem climática. O tijolo face à vista é uma solução que já deixou muitas provas ao longo da história

da Humanidade relativamente à sua durabilidade. É uma das mais-valias da solução e está dependente apenas de um correto projeto e execução das paredes. [21]

Segundo H. Sousa em [35], a durabilidade é condicionada pelos seguintes fatores:

- Concepção em termos de estanquidade e tipo de revestimento;
- Qualidade construtiva e dos materiais constituintes;
- Quantidade de água contida na parede;
- Compatibilidade física e química dos materiais constituintes (corrosão das armaduras e ligadores).

CAPÍTULO 4.

Aspetos de execução de paredes de tijolo face à vista

CAPÍTULO 4. – Aspetos de execução de paredes de tijolo face à vista

4.1 – Ações de preparação

4.2 – Assentamento do tijolo

3.2.1 – Processo de alinhamento/assentamento

2.2.2 – Argamassa para juntas

2.2.3 – Juntas de assentamento

2.3.1 – Limpeza das alvenarias

2.3.2 – Caixa-de-ar

2.3.3 – Isolamento

4.3 – Pontos singulares

3.2.1 – Cunhais

2.2.2 – Ligação entre panos

2.2.3 – Vãos

2.3.1 – Correção de pontes térmicas

CAPÍTULO 4. - Aspectos de execução de paredes de tijolo face à vista

4.1. - Ações de preparação

A boa qualidade construtiva de tijolo face à vista assenta também num conjunto de boas práticas e cuidados a ter que, não tendo a ver com a execução em si, se devem manter desde o início na fase de preparação da obra. Deve ser estudado detalhadamente o projeto de forma a diminuir desperdícios e assim otimizar todo o processo construtivo, em cuidados que vão desde o armazenamento dos materiais, ao estudo cuidado dos aspetos singulares de cada obra e das respetivas peças desenhadas, à correta definição do espaço de trabalho, de modo a que o manuseamento dos materiais e as diferentes especialidades sejam compatibilizadas e sequenciadas por ordem lógica.

A cada receção de materiais deve ser efetuada uma inspeção visual para verificação da qualidade e tonalidade dos lotes. Existem evidentes recomendações quanto ao armazenamento dos tijolos face à vista, que deve ser feito de forma a não serem danificados, sujos ou agredidos, porém posicionados próximo ao local de aplicação.

Deve ser construído um painel padrão de modo a serem estipulados os detalhes mais elaborados da fachada, no fundo para estabelecer um padrão de qualidade de acabamento em conformidade com o disposto no projeto, previamente acordado entre cliente e executante. O tipo e coloração de junta mais adequado, o comportamento da ligação argamassa-tijolo são alguns dos pormenores a analisar neste murete de teste.

Com vista a tirar o maior rendimento possível, quer da unidade de tijolo em si quer do seu tempo de aplicação, deve ser pensada a distribuição dos tijolos face à vista e a racionalização dos seus cortes, considerando o obstáculo que constituem as aberturas das fachadas. Tal é conseguido através da análise detalhada do projeto e desenhos de pormenor.

Para um trabalho eficiente é necessário assegurar uma adequada conceção do espaço de trabalho. Assim, devem existir três espaços distintos no andaime:

- Área de trabalho exclusiva para os assentadores, junto ao pano a construir;

- Um espaço elevado para a colocação do tijolo, argamassa, água e ferramentas, facilmente acessíveis;
- Área exterior de circulação de pessoas, matérias-primas e ferramentas.

Os tijolos para aplicação devem ser retirados escalonadamente de diferentes paletes, como esquematizado na figura 4.1. [17, 21, 27]

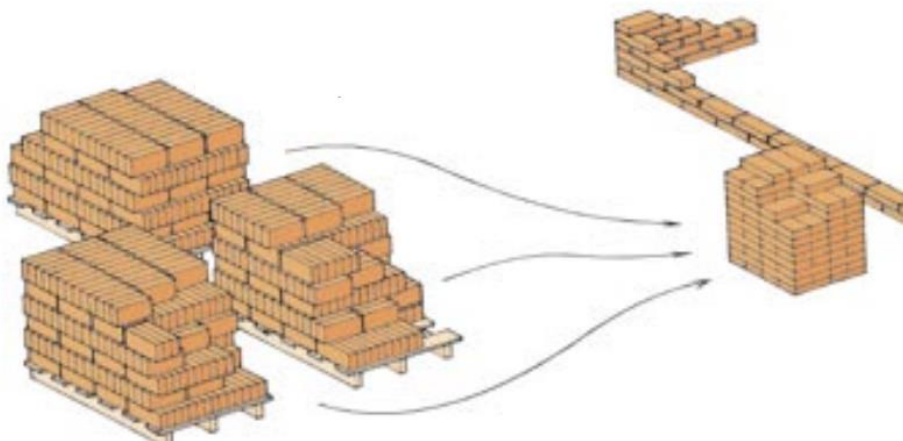


Fig. 4.1 - Esquema de retirada de tijolos de diferentes paletes. [17]

4.2. - Assentamento do tijolo

4.2.1. - Processo de alinhamento/assentamento

Para que a parede fique apumada com precisão, a sua elevação deve ser assistida por mestras verticais fixas, orientadas por fios-de-prumo. Existem atualmente aparelhos de raios laser que simplificam o trabalho de marcação em obra e o controlo da horizontalidade dos troços retilíneos e do alinhamento e espessura das juntas, embora tal seja vulgarmente efetuado com recurso ao fios-de-prumo, níveis de bolha de ar e linhas fixas.

Os pontos de referência pelos quais deve ser iniciado o assentamento dos tijolos são as ombreiras de portas e janelas ou os cunhais dos edifícios. É lá que são fixadas as bitolas, que assinalam a altura a que a face superior dos tijolos deve ficar, permitindo verificar espessuras das juntas ao longo da parede.

É desejável que a fiada fique perfeitamente retilínea e que não se sobressaia da superfície exterior. Os fios esticados entre as mestras servem de guia para a avaliação da horizontalidade das fiadas. No controlo do alinhamento das juntas verticais, o fio é colocado no eixo da junta; nas ombreiras o controlo é feito na esquina dos tijolos. [17, 21, 27]

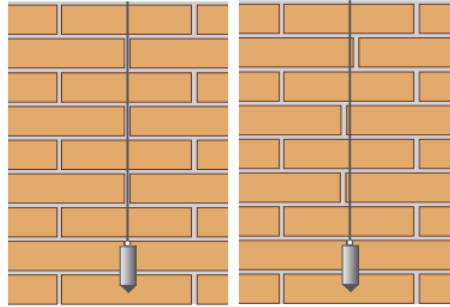


Fig. 4.2 - Exemplos da colocação correta e incorreta do fio de prumo. [17]

A base de apoio do pano exterior no elemento estrutural deve ser no mínimo $\frac{2}{3}$ da largura do tijolo. Sobre a base de assentamento deve ser colocada uma tela de apoio impermeável e elástica de modo a libertar e acompanhar os movimentos do pano relativamente à estrutura.



Fig. 4.3 - Pano exterior assente sobre tela de apoio elástica. [17]

O assentamento do pano exterior deve ser executado em fiadas horizontais de tijolos face à vista, sendo assentes sobre a camada de argamassa alisada com a colher, que tem de ser suficiente para a junta horizontal, distanciados por 5 cm, pressionados e arrastados até ao seu

lugar definitivo. O assentador deve de seguida aplicar uma pequena cunha de argamassa no topo de encosto do tijolo, para melhor enchimento da junta vertical, de forma a garantir a impermeabilidade do paramento.

A argamassa que se sobressai das juntas após o assentamento dos tijolos deve ser recolhida com a colher e reutilizada.

É boa prática a previsão na fase de projeto a inclusão de sistemas de desvio e descarga das águas que possam incidir sobre as fachadas. As regiões mais vulneráveis devem receber as proteções no final de cada dia de trabalho.

Os tijolos face à vista de baixa absorção devem ser assentes secos, para que a ligação entre argamassa e o tijolo se dê da melhor maneira possível. [17, 21, 27]

O EC6 estipula exigências detalhadas quanto ao aparelho de alvenaria. Em alvenaria simples, as unidades deverão sobrepor de um comprimento mínimo l , de uma das seguintes situações [25]:

- $h_u \leq 250\text{mm}$: $l \geq 0,4 h_u$ ou 40mm (o que for maior)
- $h_u > 250\text{mm}$: $l \geq 0,2 h_u$ ou 100mm (o que for maior)

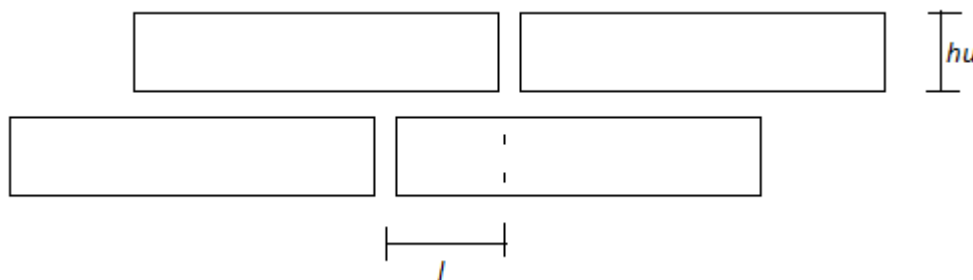


Fig. 4.4 - Comprimentos de sobreposição das unidades [25]

4.2.2. - Argamassa para juntas

Os principais constituintes das argamassas são ligantes inorgânicos, inertes, água, adjuvantes e/ou adições. As argamassas habitualmente utilizadas são as argamassas convencionais, de cimento ou cal hidráulica ou aérea como ligantes e areia como inerte. Sendo

que o ligante utilizado dá o nome à argamassa, as argamassas que integram cimento e cal são chamadas argamassas bastardas, as aconselhadas para a construção em tijolo face à vista.

As argamassas são ainda classificadas em argamassas convencionais (quando são feitas com inertes correntes e são usadas em juntas com mais de 3 mm de espessura), argamassas-cola (em juntas até 3mm de espessura) e argamassas leves quando a sua massa volúmica é inferior a 1500kg/m³.

A qualidade de assentamento de uma alvenaria é largamente influenciada pelo tipo de argamassa a utilizar, que tem as principais funções de distribuição uniforme das cargas verticais, a absorção de deformações, a resistência a esforços laterais e assegurar a estanquidade. Contribuem ainda para melhorar o comportamento térmico e acústico da parede.

As argamassas de montagem de tijolo face à vista têm de apresentar uma consistência superior à das argamassas para o assentamento de tijolos furados comum, sem perder a plasticidade necessária, de modo a que se minimizem as seguintes consequências:

- Os escorrimentos pela face visível dos tijolos face à vista;
- Entrada de argamassa nas perfurações dos tijolos face à vista;
- Possíveis abatimentos das juntas inferiores devido ao peso das fiadas superiores de tijolos face à vista já aplicadas. [4, 21]

As argamassas de assentamento de elementos de alvenaria devem cumprir, segundo o EC6, as exigências e características e os ensaios aplicáveis previstos na NP EN 998-2:2013 – Especificação de argamassas para alvenarias. Parte 2: Argamassas de assentamento. [N18] Podem ser especificadas pela composição (traço) ou pela resistência à compressão, expressa pela letra M seguida do seu valor em N/mm².

O quadro 4.1 da página seguinte mostra a classificação de argamassas segundo o EC6, e os respectivos traços propostos.

Tipo de argamassa	Resistência à compressão média aos 28 dias (N/mm ²)	Traço volumétrico		
		Cimento	Cal Hidratada	Areia
M20	20	-	-	-
M15	15	1	0 – ¼	3
M10	10	1	¼ - ½	4 – 4 ½
M5	5	1	½ - 1 ¼	5 - 6
M2	2	1	½ - 1 ¼	8 - 9

Quadro 4.1 – Classificação de argamassas segundo o EC 6.

As características das argamassas podem ser melhoradas com as adições de produtos em percentagens inferiores a 5% do ligante, como: *filler*, cinzas volantes, pó de pedra, pozolanas, entre outros aditivos plastificantes, corantes ou hidrófugos. Estes últimos são comumente utilizados de forma a melhorar a estanquidade do pano exterior de alvenaria e a aderência da argamassa, mas a sua utilização pode provocar além do impedimento da entrada de água, a sua saída, o que pode originar carbonatações, também conhecidas por “babados de junta” ou “escorridos”.

Como aconselha L. Camarneiro em [4], a construção em tijolo face à vista não deve incluir a utilização de argamassas feitas em obra, em virtude de estas terem resistência elevada e falta de elasticidade, o que resulta frequentemente em fissuração e passagem de humidade, não permitindo os micromovimentos dos materiais cerâmicos.

Assim, as argamassas recomendadas terão um traço não superior a 1:5 (cimento/areia), sendo vantajosa a substituição de uma ou duas partes de areia por saibro de 2 mm (no máximo de granulometria). Dependendo da quantidade de cimento utilizada, é recomendada a adição de cerca de 15% de cal hidráulica, e desta dosagem depende a eventual adição de um bom hidrófugo plastificante, que favorece uma boa ligação argamassa-tijolo. [4]

O manual CVG [17] aconselha a utilização de areia com granulometria máxima de 2 mm para uma junta com uma espessura final entre 6 e 15 mm.

A água de amassadura apresenta exigências não inferiores às requeridas em argamassas de assentamento de alvenarias. Deve ser potável e apresentar o mínimo de sais capazes de provocar eflorescências nas fachadas. Para evitar escorridos que sujem a

fachada, deve utilizar-se a argamassa com o mais baixo teor de água possível, sem prejudicar as suas propriedades de trabalhabilidade.

Evidentemente, a composição da argamassa deve ser constante ao longo de toda a obra, quanto aos seus componentes e à sua dosagem. Um ensaio em obra antes do início da aplicação pode ser vantajoso para um controlo mais rigoroso.

4.2.3. - Juntas de assentamento

Como já foi referido anteriormente, as juntas verticais e horizontais devem sempre ser preenchidas. Apesar da sua reduzida espessura, representam cerca de 20% da área final visível de um pano construído, sendo responsáveis muitas vezes pela infiltração de água na caixa-de-ar, pelo que a sua execução com rigor é importante.

Para o acabamento do pano em tijolo face à vista, dos vários tipos de junta, é mais famosa a do tipo refundado. A junta sofre um refundamento que é efetuado com um carrinho limpa-juntas, com um dispositivo de regulação em altura que permite afinar a altura da argamassa de assentamento dentro das juntas (entre 3 e 8 mm), ou outra ferramenta adequada para o efeito, como um ferro de formato próprio. Só se procede ao rebaixamento da junta após a argamassa ter ganho presa suficiente para o efeito. [17] Pode considerar-se a aplicação de uma argamassa de fecho, específica para o efeito ou apenas mais rica e gorda, para garantir a impermeabilidade final. Deste modo, as juntas exteriores apresentarão um perfil ligeiramente recuado em relação ao plano exterior da parede, com um formato facilitador da projeção da água para o exterior. [29]

Deixando as juntas parcialmente cheias, a argamassa começa a perder humidade e a ganhar presa, sendo que os seguintes fatores influenciam esse endurecimento:

- O teor de água da amassadura da argamassa;
- Os aditivos na argamassa;
- As condições atmosféricas prevalecentes;
- O teor de humidade dos tijolos face à vista.

É nessa altura que os excedentes de argamassa são removidos, entrando em ação o carrinho limpa juntas a finalizar a profundidade pretendida para o refundamento final das juntas. Deste modo, o refundamento da junta é uniforme e a argamassa em excesso removida com recorrência a uma escova, que, por estar já semi seca, não suja a face do tijolo. Tal remoção deve ser feita preferencialmente com movimentos horizontais, segundo aconselha o Manual CVG.



Fig. 4.5 - Refundamento da junta com carrinho limpa-juntas [CVG]

O aspeto final deverá ostentar juntas horizontais e verticais de espessura constante de cerca de 1 cm, sendo que as verticais devem ficar desalinhadas de 1/3 do comprimento do tijolo.

O guia prático de construção em alvenaria de tijolo face à vista da Canadian Mortgage and Housing Corporation [18], aconselha os seguintes tipos de fechamento da junta, para condições atmosféricas moderadas e severas, como mostram as figuras 4.6, 4.7 e 4.8. Os tipos de fechamento de junta côncava e em V são recomendados para uso em áreas sujeitas a chuvas e ventos intensos.



Fig. 4.6 - Junta côncava (condições atmosféricas severas) [18]



Fig. 4.7 - Junta em V (condições atmosféricas severas) [18]

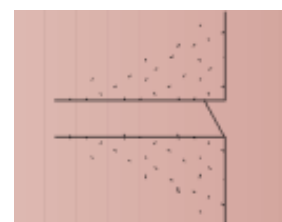


Fig. 4.8 - Junta "weathered" (condições atmosféricas moderadas) [18]

As especificações do EC6, quanto à espessura e preenchimento das juntas, são:

- No caso de argamassa corrente e argamassa leve, tanto as juntas horizontais como verticais não deverão apresentar espessura inferior a 6 mm, nem superior a 15 mm. A maioria dos autores aconselha espessuras situadas entre 10 e 15 mm, uma variação que possibilita a compatibilização com as variações dimensionais dos materiais cerâmicos, que podem atingir alguns milímetros.
- No caso de argamassa-cola, a espessura não deve ser inferior a 0,5 mm nem superior a 3 mm.

No Anexo Nacional considerou-se que deverão ser adotadas apenas as soluções de juntas preenchidas e juntas de encaixe (com a mesma resistência ao corte). As juntas verticais são consideradas preenchidas se a argamassa for colocada a toda altura das unidades e numa largura não inferior a 40% da espessura das unidades. [17, 25, 31, 37, 38]

4.2.4. - **Limpeza das alvenarias**

Após a secagem completa do pano construído, deve-se proceder à limpeza das manchas de argamassa com água potável e escova. A utilização de esponjas ou panos molhados em movimentos circulares é desaconselhada devido à possibilidade de alargar as zonas manchadas das alvenarias e favorecer o aparecimento das “eflorescências de assentamento”. Assim, esta limpeza deve ser executada com movimentos alternados, da esquerda para a direita e vice-versa, para reduzir a possibilidade de espalhar argamassas retiradas das juntas sobre as faces dos tijolos face à vista. A limpeza final das fachadas não deve recorrer a soluções de ácido clorídrico, dado que este produto enfraquece as argamassas.

É de notar que um assentamento de qualidade, executado de acordo com as boas práticas, minimiza a sujidade das fachadas erguidas, o que facilita o processo de limpeza final. [17]

4.2.5. - Caixa-de-ar

“A utilização das paredes duplas de alvenaria de tijolo em fachadas pressupõe, para os tipos de tijolo usados em Portugal, a utilização de isolamento térmico complementar.”. Embora J. Mendes Silva e V. Abrantes se refiram às típicas soluções de paredes duplas tradicionais de tijolo furado, rebocado e pintado, a construção em tijolo face à vista também recorre ao espaçamento de ar e colocação de placas de isolamento entre os panos.

Na caixa-de-ar das paredes duplas, para prevenir o aparecimento de humidade no seu interior, é importante a sua ventilação. O espaçamento de ar a deixar entre o pano exterior de tijolo face à vista e as placas de isolamento deverá ter um mínimo 3 cm e um máximo de 7 cm.

Para uma ventilação e escoamento da humidade, a caixa-de-ar tem de estar permanentemente limpa, o que dificulta e faz demorar a sua execução. Como método de limpeza, pode fazer-se suspender uma tábua de madeira/régua com a largura do espaço de ar, que será ocasionalmente içada para remoção de porções de argamassa e outros detritos que se possam depositar.

A existência de grampos dificulta esta tarefa, pelo que se pode deixar, em alternativa, de quantos em quantos tijolos da fiada de baixo, um por colocar, para se poder retirar uma tira de papel previamente colocada no fundo da caixa-de-ar para receção dos ditos detritos.

O facto de a caixa-de-ar se situar imediatamente a seguir ao pano exterior deixa que alguma humidade vinda de fora e que atravesse o pano possa escorrer ao longo da face interior deste pano, sendo recolhida na caleira que deve existir sempre na base da caixa-de-ar. Esta caleira deve ter a configuração de uma meia cana com pendente para as aberturas, devidamente protegida contra a fissuração. A impermeabilização do fundo das caixas-de-ar é conseguida, em geral, através do polvilhamento da caleira de argamassa com cimento alisado, sendo por vezes assistida de pinturas betuminosas ou telas de impermeabilização sem grandes características especiais. [17]

Os tubos utilizados para drenagem das caleiras são preferencialmente plásticos (material não corrosível) resistentes às agressões atmosféricas, nomeadamente à radiação ultravioleta, e devem ser colocados com ligeira inclinação para o exterior, salientes da fachada em cerca de 15 mm, afastados de si cerca de 2 m.

A figura 4.9 mostra os tubos de drenagem das águas da caleira de uma parede em tijolo face à vista.



Fig. 4.9 – Orifícios salientes para drenagem da caixa-de-ar, Departamento de Matemática (UA)

Outra forma de evacuar as águas da caixa-de-ar é deixando umas juntas verticais por preencher, a cada 4 tijolos aplicados, por exemplo, mas tal prática é desaconselhada por ser mais suscetível de originar babados e escorrências, apesar de ser a técnica corrente por servir também propósitos de ventilação. Em alternativa, podem ser usadas para ventilação, grelhas em aço inox em pontos estratégicos, com as mesmas dimensões dos tijolos, em sua substituição.

A fotografia da figura 4.10 mostra um pano construído em tijolo face à vista em que não foram projetados quaisquer orifícios ou juntas de ventilação e drenagem. As manchas de eflorescências assinaladas a partir de certa altura são o resultado da incapacidade da parede de expulsar a água que se infiltrou.



Fig. 4.10 - Pano TFV sem soluções de ventilação ou drenagem
(UA)

4.2.6. - Isolamento

A aplicação do isolamento em placas de poliestireno extrudido ocorre depois da construção do pano exterior. Pode usar-se a posição dos grampos como fixação das placas de poliestireno extrudido, se estas forem previamente furadas no local a ser perfurado, já que uma perfuração forçada coloca em risco o desempenho dos componentes. Os furos devem depois ser tapados, de modo a manterem as propriedades estanques.

As placas de poliestireno extrudido de 3cm são adoçadas à face exterior do pano interior, encaixadas e seladas com fita autocolante adequada (silicone, cola técnica ou reboco hidrófugo elástico na interface placa-parede interior). O isolamento térmico deve dobrar os elementos estruturais sempre que possível, como exemplifica a figura 4.12 retirada do manual CVG, para uma zona de pilar. [4, 17, 24]

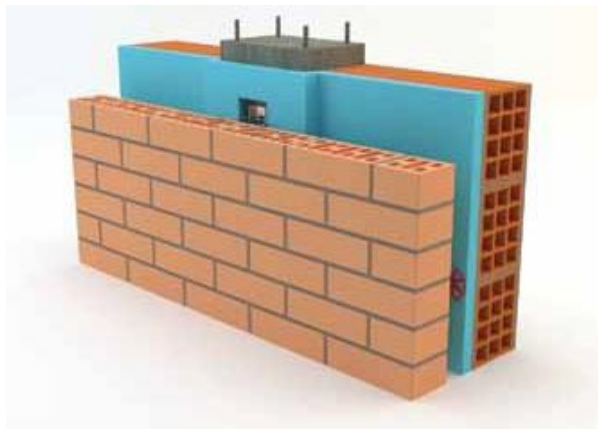


Fig. 4.11 - Isolamento a dobrar as esquinas do elemento construtivo [17]

O recurso a poliuretano projetado numa camada de 3,5 cm sobre a face exterior do pano interior também é uma solução viável e até preferencial, desde que se garanta a uniformidade das características do material e espessura final da projeção.

É aplicado sem interrupções depois da construção do primeiro pano de tijolo e da aplicação dos grampos, sendo posteriormente construído o segundo, com o cuidado de se evitar a exposição solar prolongada do isolante projetado. Os elementos estruturais solidários com a parede interior devem ser também projetados com uma camada idêntica de poliuretano bem como as suas ligações. [4]

Nas fotografias das figuras 4.12 e 4.13 pode observar-se um edifício em fase de construção da alvenaria de tijolo face à vista, com uma fachada onde já foi erguido o pano exterior, e com uma vertente ainda nua, preparada para a colocação das primeiras fiadas de tijolos. São visíveis os grampos, que sobressaem da camada de isolamento de poliuretano projetado.



Fig. 4.13 - Duas fachadas em diferentes fases de construção.



Fig. 4.12 - Construção do pano exterior em tijolo face à vista, com isolamento e grampos ainda observáveis.

4.3. - Pontos singulares

4.3.1. - Cunhais

Os cunhais de alvenaria das fachadas correspondem à intersecção de duas paredes, em geral a 90°, quando não existe pilar ou montantes de canto ou quando a alvenaria forra exteriormente a estrutura para correção da ponte térmica.

Se, por um lado, estão expostos às ações exteriores (vento, incidência solar, choques), por outro, o comportamento das alvenarias e dos seus suportes potencia concentração de tensões e deformações nessas zonas, por variações de temperatura, variações dimensionais e deformações dos suportes. [27]

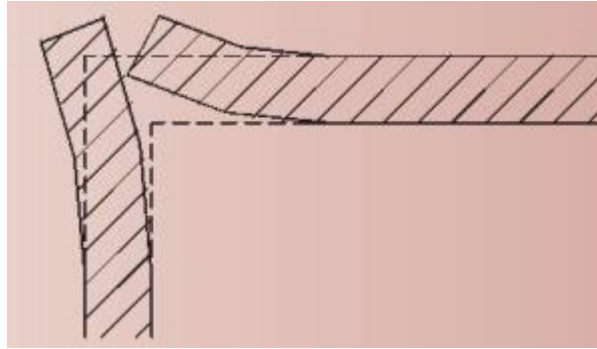


Fig. 4.14 - Deformação tendencial em zona de cunhal [18]

Normalmente, por razões estéticas, é omissa uma junta de movimento neste ponto singular. [4]

As fotografias da figura 4.15 constituem retratos típicos dos fenómenos de fissuração que ocorrem nos cunhais, nuns casos mais acentuado do que noutros, quando se verifica a omissão de qualquer tipo de juntas de movimento, que acaba por ser o cenário predominante na construção.

É importante ressaltar que o cunhal orientado a sul-poente deve ser sempre objeto de estudo extra, pela sua longa exposição à radiação.



Fig. 4.15 - Fissuração de cunhal com deslocamento transversal (UA)

A zona de cunhal deve ser uma zona pouco deformável, e quando há algum entrave à execução de juntas de movimento nos cunhais, deve controlar-se a fissuração com recurso a armaduras nas juntas, colocadas na argamassa das juntas, a cada 3 fiadas de tijolo, segundo

as recomendações do manual CVG [17]. Devem ser dobradas a 90°, com 1,5 m de braço para cada um dos lados do cunhal; ou com a execução de montantes verticais em betão, por exemplo. [4]

As três fotografias da figura 4.16 mostram exemplos de cunhais com junta de movimento bem executada, onde não se denotam quaisquer fenómenos de fissuração.

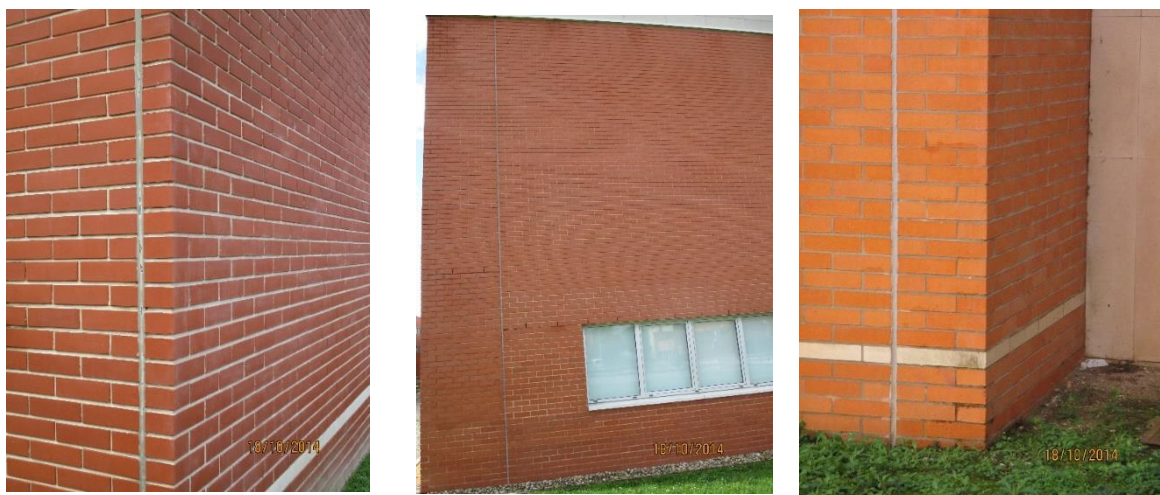


Fig. 4.16 - Juntas de movimento em cunhais (UA)

4.3.2. - **Ligação entre panos**

Os ligadores de parede, correntemente designados por grampos, têm a função de solidarizar os dois panos de uma parede dupla, compatibilizando as suas deformações. Os tijolos da parede exterior em tijolo face à vista são contraventados ao pano interior, com pingadeira perfeitamente situada em zona de caixa-de-ar.



Fig. 4.17 - Pormenor da fixação do grampo metálico com pingadeira [17]

A parede vê a sua resistência aumentada, pois funcionam os seus dois panos conjuntamente, embora a eficácia desta medida esteja dependente da sua correta aplicação e cuidado posicionamento.

É imprescindível a sua colocação quando se verifica a redução da espessura de um dos panos (o exterior); ou, nas condições de apoio na laje, os vãos ou ligações no contorno não assegurem a estabilidade pretendida. Torna-se ainda mais importante a sua inclusão no caso de alvenaria de tijolo face à vista, por se tratar do revestimento final.

4.3.3. - Vãos

As paredes de alvenaria em tijolo face à vista são pontuadas por vãos, como janelas ou portas. Tem de se solucionar o problema que é a existência de superfícies horizontais expostas e vulneráveis à ação da água, designadamente os peitoris e soleiras, o que também acontece nos topos superiores das coberturas, platibandas, e em zonas de alteração do alinhamento vertical da fachada por motivos arquitetónicos.

O perfil longitudinal e o remate entre ombreiras e padieiras exigem estudo de pormenorização que evite escorrências laterais e infiltrações pelos cantos.

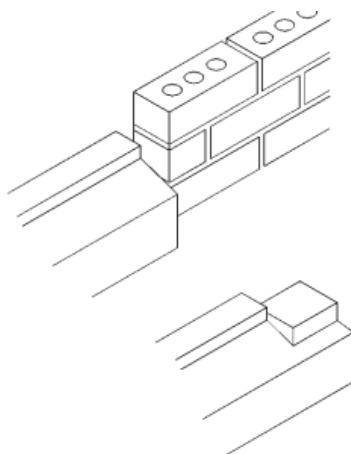


Fig. 4.18 - O perfil longitudinal do parapeito tem influência na estanquidade da fachada [18]

Os lintéis, elementos lineares destinados ao suporte de cargas uniformemente distribuídas sobre as aberturas, podem ser pré-fabricados ou produzidos em obra apresentando variadas geometrias, sendo comum usar-se um lintel independente para cada um dos panos da parede. Dependendo do aspeto final da fachada pretendido, o lintel exterior pode ser em peças cerâmicas armadas e recorrer a suportes metálicos de sustentação, enquanto o lintel da parede interior não é alvo de exigências estéticas.

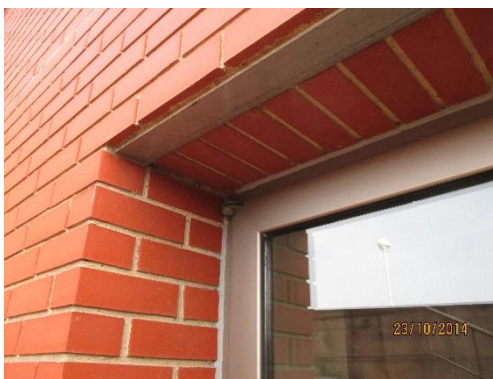


Fig. 4.19 - Solução de lintel metálico em zona de vão (UA)

A entrega do lintel nas paredes é um ponto chave que exige a consideração dos esforços e deformações admissíveis.

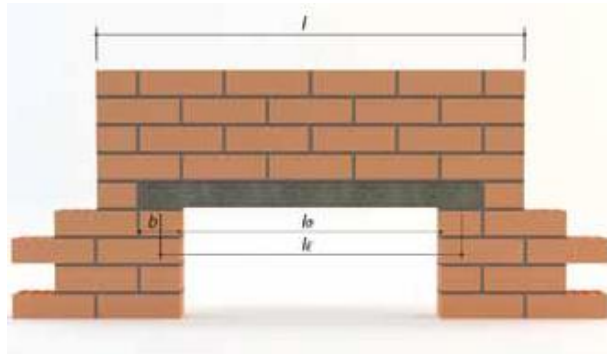


Fig. 4.20 - Dimensões a ter em conta no dimensionamento de um lintel [17]

A caracterização e especificação técnica deste elemento construtivo é estipulada pela EN 845-2: “Especificações para componentes acessórios de alvenaria. Parte 2: Lintéis”. [N16]

As caixas de estore podem ser colocadas de forma a não causar descontinuidade visual na fachada em tijolo face à vista, ficando oculta quando colocada no interior da caixa-de-ar.

O pano exterior em tijolo face à vista pode ficar mais ou menos tapado, em função da posição da caixilharia, que pode ser interior, exterior ou intermédia.

As fotografias das figuras 4.21 e 4.22 retratam casos da caixilharia aplicada no interior e no exterior, respetivamente.



Fig. 4.21 – Exemplo de caixilharia aplicada pelo interior (UA)



Fig. 4.22 - Exemplo de caixilharia aplicada pelo exterior (UA)

É recomendável a aplicação da caixilharia na parede interior, sendo envolta por um aro que facilita a evacuação de água. Ainda assim, há uma parte que ficará sujeita à humidade exterior. Esta ponte de humidade pode ser quebrada com a aplicação de telas/membranas impermeáveis contra a parede exterior, no interior da caixa-de-ar. A parte superior, junto à caixa de estore, e inferior, logo abaixo da tábua de peito, devem igualmente receber estas membranas impermeáveis. [21]

Em suma, a estanquidade dos vãos é garantida através da impermeabilização das ligações entre os dois panos.

4.3.4. - Correção de pontes térmicas

A ponte térmica é definida como a zona de fronteira de um edifício em que a resistência térmica é consideravelmente inferior, o que tem influência no desempenho térmico de um edifício. A redução dessa resistência térmica provém da existência localizada de materiais de diferentes condutibilidades térmicas e assume maior relevância em zonas de descontinuidade e remate da fachada, com alteração da geometria da envolvente. [17, 37]

As exigências térmicas impostas pelo RCCTE levam à necessidade de correção destas pontes térmicas, que devem igualmente cumprir os valores do coeficiente de transmissão térmica de referência estipulados, conforme o nível de qualidade pretendido e a zona climática da construção.

As ligações entre elementos construtivos são invariavelmente as zonas a ter em atenção, das quais se destacam [21]:

- Ligação da fachada com pavimentos térreos, intermédios ou pavimentos sobre locais não-aquecidos
- Ligação da fachada com cobertura
- Ligação da fachada com varanda
- Ligação da fachada com caixa-de-estore, padieira, peitoril e ombreira.

A correção destas pontes térmicas deve ser prevista e detalhada em projeto, sem comprometer a resistência do conjunto.

No caso da ligação de fachadas a pavimentos (construídos em outro material, por exemplo betão armado), a correção da ponte térmica pode ser feita pelo interior ou pelo exterior, e embora a primeira seja mais fácil de executar, a segunda é mais eficaz, ao proporcionar uma elevada inércia térmica e reduzir o risco de condensações.

Como exemplo de um cuidado a ter na execução da correção da ponte térmica pelo exterior em ligações da envolvente ao pavimento, é conveniente a execução da laje de forma a suportar a parede da envolvente em pelo menos 2/3 da largura do tijolo do pano exterior, o que facilitará o reforço do revestimento pelo exterior.

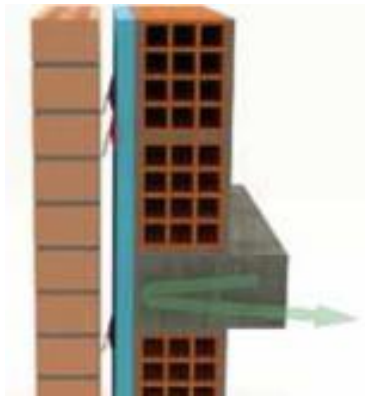


Fig. 4.24 - Correção da ponte térmica com isolamento pelo exterior [17]

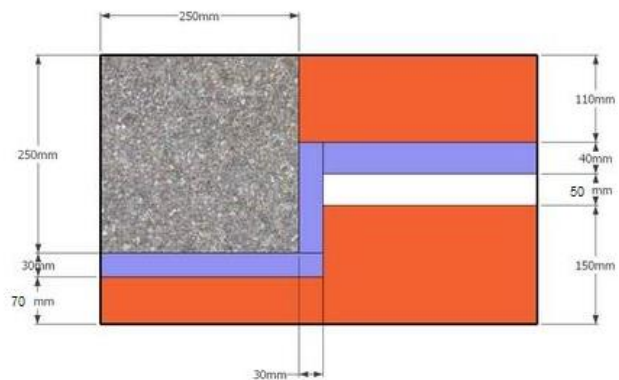


Fig. 4.23 - Correção de ponte térmica em pilar

Em zonas de pilar ou vão, o isolamento do pano interior deve acompanhar com uma dobra a esquina do pilar ou da abertura, de forma a resolver a ponte térmica.

CAPÍTULO 5.

Patologias em paredes de tijolo face à vista

CAPÍTULO 5. – Patologias em paredes de tijolo face à vista

5.1 – Patologias típicas recorrentes

5.2 – Ações de prevenção da fissuração

5.2.1 – Apoio das alvenarias exteriores

5.2.2 – Armaduras nas juntas de horizontais

5.2.3 – Juntas de movimento / dilatação

5.3.4 – Peças especiais e apoios complementares

2.3.5 – Grampeamento

5.3 – Ações de prevenção da humidade

5.3.1 – Interrupção das pontes de humidade

5.3.2 – Impermeabilização da base das paredes

5.3.3 – Infiltração de água para a caixa-de-ar

CAPÍTULO 5. - Patologias em paredes de tijolo face à vista

5.1. - Patologias típicas recorrentes

É do conhecimento geral que as paredes de alvenaria são o principal foco de anomalias nos edifícios, que por assegurarem múltiplas exigências funcionais, vêm o seu desempenho fortemente condicionado pela qualidade construtiva. Os gráficos das figuras 5.1 e 5.2 são relativos a uma estatística francesa que é também representativa do panorama nacional. [4]

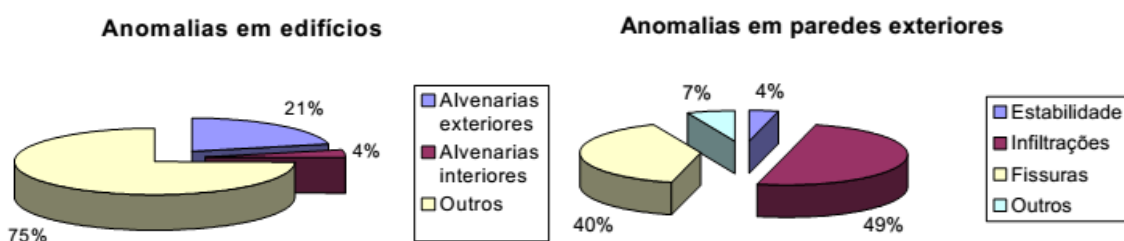


Fig. 5.2 - Principais anomalias em edifícios [30]

Fig. 5.1 - Causas das principais anomalias em paredes exteriores [30]

A falta de pormenorização ou o seu baixo grau na fase de projeto, bem como a ausência de um caderno de encargos ou memória descritiva que estipulem discriminadamente as tarefas a realizar e os materiais a utilizar é prática generalizada, como advoga L. Camarneiro em [4], e constituem os aspetos mais relevantes que estão na origem das anomalias, ao que se juntam os fatores da qualidade da mão-de-obra e das práticas construtivas aplicadas.

É possível reunir os diferentes aspetos originários das patologias em grupos de diferente cariz:

- Projeto – que se pode considerar como uma fronteira mal definida entre a Arquitetura e a Estabilidade.
- Cariz económico – apenas o custo de construção é contabilizado, sendo negligenciados os custos de qualidade, execução e manutenção.

- Qualidade da mão-de-obra – a mão-de-obra não tem um período extenso de aprendizagem.

- Práticas construtivas [20, 30]

Como exemplos reveladores das falhas neste último ponto das práticas construtivas, Hipólito de Sousa aponta alguns detalhes, de entre os quais: [30]

- Os pavimentos e estruturas de betão armado são em geral “excessivamente” deformáveis para servirem de suporte às paredes de alvenaria, (muitas vezes sem desrespeitar os valores regulamentares)

- As ligações alvenaria/estrutura normalmente não existem ou são inadequadas/insuficientes. Com frequência não há ligação mecânica, ao que acresce a inexistência de juntas;

- As paredes duplas geralmente têm uma construção pouco cuidada no que respeita à correta implementação e execução dos seguintes componentes/tarefas: limpeza da caixa-de-ar, ligadores de parede/topo, orifícios de drenagem e ventilação, posicionamento e fixação dos isolamentos térmicos;

- Os pontos singulares de paredes, como por exemplo em torno de aberturas, são normalmente encarados como uma zona corrente do pano, sendo mal resolvidos;

- As fachadas são definidas por opções arquitetónicas, que frequentemente negligenciam a incidência da água da chuva e a necessidade de durabilidade, sobrestimando a qualidade da mão-de-obra;

Em Portugal, as anomalias mais frequentes relacionadas com as alvenarias são a fissuração de paredes exteriores (e interiores), com a consequente manifestação de problemas associados à estanquidade à água e humidade. [17]

A entrada de humidade pelo pano exterior de tijolo face à vista ocorre geralmente pelas juntas em argamassa, nos pontos de colagem da argamassa ao tijolo, nas micro fissuras da argamassa das juntas e/ou do tijolo e pelas fissuras da parede no seu conjunto em geral. Quanto às áreas mais afetadas, são normalmente pontos críticos as ombreiras, as vergas ou padieiras, soleiras e peitoris e todos os pontos de contacto da parede exterior com quaisquer outros elementos (suportes, grampos, etc).

Dada a especificidade e unicidade de cada obra, em que cada caso é um caso singular, os fenómenos de fissuração são sempre difíceis de evitar. É, no entanto, possível ter algum controlo sobre a mesma, na tentativa de evitar que o problema da fissuração assuma grandes proporções.

Através de uma leitura dos alçados no projeto e da análise das fachadas, no sentido de contrariar as suas causas, é possível prever por antecipação quais as zonas críticas de fissuração, que, uma vez identificadas, podem ser combatidas atuando ao nível da pormenorização no projeto e/ou das especificações técnicas do caderno técnico de encargo.

[17, 20, 30]

5.2. - Ações de prevenção da fissuração

Uma fissura provocada num elemento construtivo é uma descontinuidade física que surge por um processo de rotura resultante de um estado de tensão. Ou seja, quando um mecanismo transforma a ação atuante num estado de tensão que excede a capacidade resistente do elemento construtivo, o elemento fissura.

Quanto à classificação, as fissuras são divididas em três grupos, relativamente à sua espessura e gravidade. Assim, as microfissuras terão menos de 0,2 mm de espessura, sendo que as fissuras estão entre os 0,2 mm e os 2 mm de espessura, sendo os rasgos com mais de 2mm de espessura designados por fendas.

De entre as ações que estão na origem da fendilhação, constam: cargas aplicadas, deslocamentos, alterações de volume. Estas ações estão por sua vez associadas a um conjunto de fenómenos, a enumerar [4]:

- Movimentos das fundações
- Ação de cargas externas
- Deformação do suporte
- Variações de temperatura
- Variações de humidade

A ocorrência de fissuração devido a estes fatores é ainda amplificada quando se verificam defeitos construtivos, de que são exemplo [28, 29]:

- Assentamentos diferenciais
- Deformação excessiva das lajes de betão
- Apoio insuficiente das alvenarias exteriores / correção de pontes térmicas
- Ausência /insuficiência de juntas de movimento
- Ausência/insuficiência de grampeamento
- Ausência/insuficiência de armaduras de reforço
- Desadequação das argamassas

Como medidas preventivas da fissuração devido às variações de temperatura, Silva [28] divide os campos de atuação em três, na ótica da diminuição das variações de temperatura através da escolha correta de materiais e correta aplicação do isolamento; na ótica da diminuição dos constrangimentos através da aplicação de juntas de movimento, libertadoras de movimentos; e na ótica do aumento da resistência dos panos, com a colocação de armadura nas zonas críticas, travamento e fixação mecânicas dos panos à estrutura.

O quadro 5.1 da página seguinte é adaptado de [28] e resume as possibilidades de atuação de forma a prevenir a fissuração devido às variações de temperatura.

Diminuição das variações de temperatura	Observações
Isolamento térmico na face superior das coberturas	
Isolamento térmico pelo exterior	
Utilização de materiais com características dilatométricas similares	Condicionada pela eventual diminuição da resistência
Diminuição dos constrangimentos	
Juntas de dilatação em paredes de grande comprimento ou altura, coberturas e platibandas	Aplicação de juntas em função das solicitações previstas e das características dimensionais do pano.
Dessolidarização das coberturas em relação aos apoios/paredes	
Criação de juntas elásticas entre alvenaria e estrutura	Tendo em atenção as exigências de durabilidade e estanquidade
Aumento da resistência	
Maior aderência entre tijolo e argamassa	Controlo dos materiais e seu teor de humidade no momento de aplicação
Maior resistência ao corte da alvenaria usando armaduras nas juntas	Utilizar armaduras não oxidáveis nas zonas críticas da parede.
Confinamento de alvenarias	Aumenta a resistência mas aumenta também o perigo da dilatação diferencial.
Travamento e armamento de cunhais	Medida contraditória em relação à criação de juntas elástica.
Fixação mecânica da alvenaria à estrutura	

Quadro 5.1 - Prevenção de fissuração em paredes devido a variações de temperatura [28]

Sempre que se verifique uma mudança de cota de assentamento de uma parede em tijolo face à vista, ou a meio de uma parede; quando surge uma descontinuidade; quando a dimensão dos panos for consideravelmente extensa, deve prever-se uma das seguintes soluções [17]:

- Uma junta de movimento vertical ou horizontal.
- Um reforço das juntas de assentamento em argamassa com armaduras, em várias fiadas consecutivas ou alternadas, ao longo das zonas críticas.

5.2.1. - Apoio das alvenarias exteriores

A parede exterior deverá ser executada com a sua base apoiada em pelo menos $2/3$ da largura do tijolo no elemento estrutural. Na sua base de assentamento, a parede exterior deve estar nivelada e aprumada, sendo aplicada uma tela de apoio impermeável e elástica, permissora dos micro-movimentos do paramento em relação à estrutura. [17, 37]

O arranque do pano de tijolo face à vista pode também ser executado partindo de suportes metálicos, que podem ser fixados aos elementos em betão ou à estrutura metálica, consoante o caso.

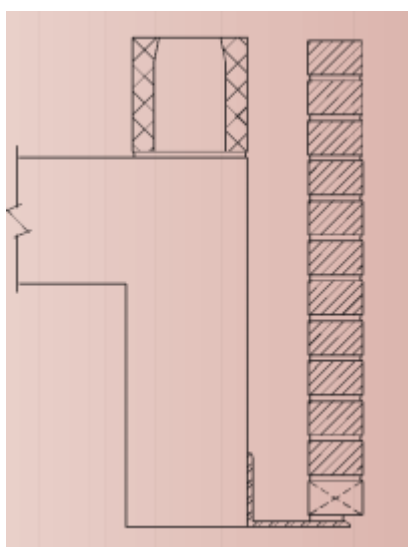


Fig. 5.3 - Pormenor arranque do pano exterior em tijolo face à vista a partir de suporte metálico [18]



Fig. 5.4 – Arranque do pano exterior em TFV (UA)

As fotografias da figura 5.4 são do novo departamento em construção no Campus Universitário, mostrando o perfil metálico a albergar as 3 primeiras fiadas do pano exterior, já executadas numa fachada e por executar na outra.

5.2.2. - Armaduras nas juntas horizontais

A introdução de armaduras de aço nas juntas horizontais de assentamento e, no caso do tijolo de furação vertical, nalguns alinhamentos verticais aumenta significativamente a resistência mecânica das paredes.

As armaduras das juntas de assentamento horizontais são constituídas por varões longitudinais (resistentes) e por varões transversais (construtivos), sendo aplicadas no seio das juntas. A figura 5.5 é exemplificativa do formato típico destas armaduras, que são reguladas pela norma EN 845-3: “Especificações de componentes acessórios de alvenaria. Parte 3: Armaduras de reforço para juntas horizontais em malha de aço”. [N17]

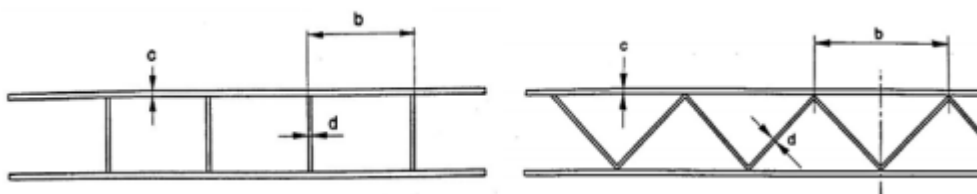


Fig. 5.5 - Exemplo de armadura para juntas de alvenaria, em escada (esq.) e em treliça (dir.) [15]

Apesar de ser quase maioritariamente utilizada em alvenaria estrutural, o uso pontual deste sistema em alvenarias não-estruturais aumenta localizadamente a resistência e evita o

aparecimento de fissuração. Numa alvenaria não-estrutural, é boa prática selecionar zonas mais esforçadas onde se preveem tensões na alvenaria superiores à resistência esperada da fachada, e reforçá-los com armadura. Estas zonas podem ser pontos onde seria desejável a existência de uma junta de dilatação, mas por motivos estéticos não tenham sido implementadas, como quaisquer cantos côncavos e descontinuidades ao longo da fachada.

A principal preocupação em relação a estas armaduras é a durabilidade da proteção contra a corrosão, no caso de não serem galvanizadas.

O EC6 prescreve um recobrimento lateral mínimo de 15 mm, e que a espessura das juntas deverá ser, pelo menos, 5 mm superior ao diâmetro da armadura.

Quando a armadura é colocada nas juntas horizontais para aumentar a resistência a ações laterais, ou para controle da fissuração, a área da secção da armadura não deverá ser inferior a 0,03 % da área da secção da parede.

Quando, nos elementos de alvenaria armada, a armadura é colocada para aumentar a resistência no plano do elemento, a área da armadura principal não deverá ser inferior a 0,05 % da área da secção transversal do elemento (produto da espessura pela altura, efetivas). [25]

Em zonas críticas, como vãos e alterações da continuidade, deve-se assegurar a resistência e proceder ao controlo da fissuração através do reforço nas juntas de assentamento com armaduras em várias fiadas consecutivas ou alternadas. [17]

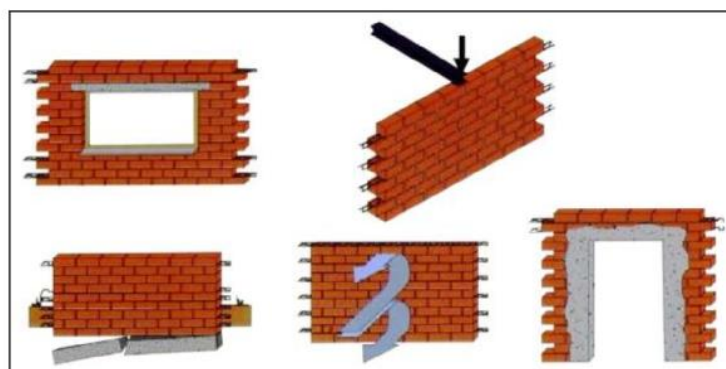


Fig. 5.6 - Exemplos de colocação de armadura localizada em paredes de alvenaria [27]

5.2.3. - Juntas de movimento / dilatação

As juntas de movimento/dilatação são essenciais para acomodar movimentos derivados da dilatação e contração dos diversos materiais, por ação da humidade e variação de temperatura, evitando a formação de fissuras, esmagamento localizado e destacamento de revestimentos.

Os projetistas portugueses, como conta L. Camarneiro em [4], não são adeptos desta medida preventiva, apesar de se notar que as juntas se acabam por formar, como anomalia recorrente.

São efetuadas no pano exterior de alvenaria, tendo em conta as necessidades de expansão em pontos críticos, que é vulnerável à ação do meio ambiente, com as suas variações de temperatura sazonais. Devem portanto ser dimensionadas de forma a acomodarem o movimento que resulta da multiplicação do comprimento da parede pelo coeficiente de dilatação térmica linear da alvenaria.

As juntas de movimento verticais podem ser retilíneas ou acompanhar a disposição das juntas de assentamento, sendo uma solução visivelmente mais fácil de executar do que a outra.

Devem ter uma largura de 20 mm (mínimo 15 mm) [4], preenchidas com cordão celular de poliestireno até uma profundidade mínima de 20 mm.



Fig. 5.7 - Cordão de silicone [17]

A selagem é feita com silicone ou com outros produtos elastómeros, para evitar a entrada de água.

A execução de juntas de dilatação horizontais é menos frequente e maioritariamente aplicada em alvenarias estruturais ou em soluções construtivas que o justifiquem.

A distribuição das juntas de movimento deve ter em conta a orientação das fachadas segundo a exposição solar. As fachadas a Sul e a Oeste serão as que mais radiação sofrerão,

pelo que se adivinha uma maior concentração de juntas de movimento e um menor espaçamento entre elas.

Enumeram-se as principais zonas a ter em conta no dimensionamento de juntas de movimento [17]:

- Abertura de vãos;
- Cunhais
- Zonas de interrupção da continuidade, quer por alteração de material ou de cota;
- Panos de grandes dimensões.

Zonas de fachada como as de aberturas de vãos ou interceção de elementos, de diferentes rigidezes e até propriedades são, pelo seu comportamento distinto, zonas suscetíveis de concentrações de tensões, pelo que requerem a presença deste tipo de juntas.

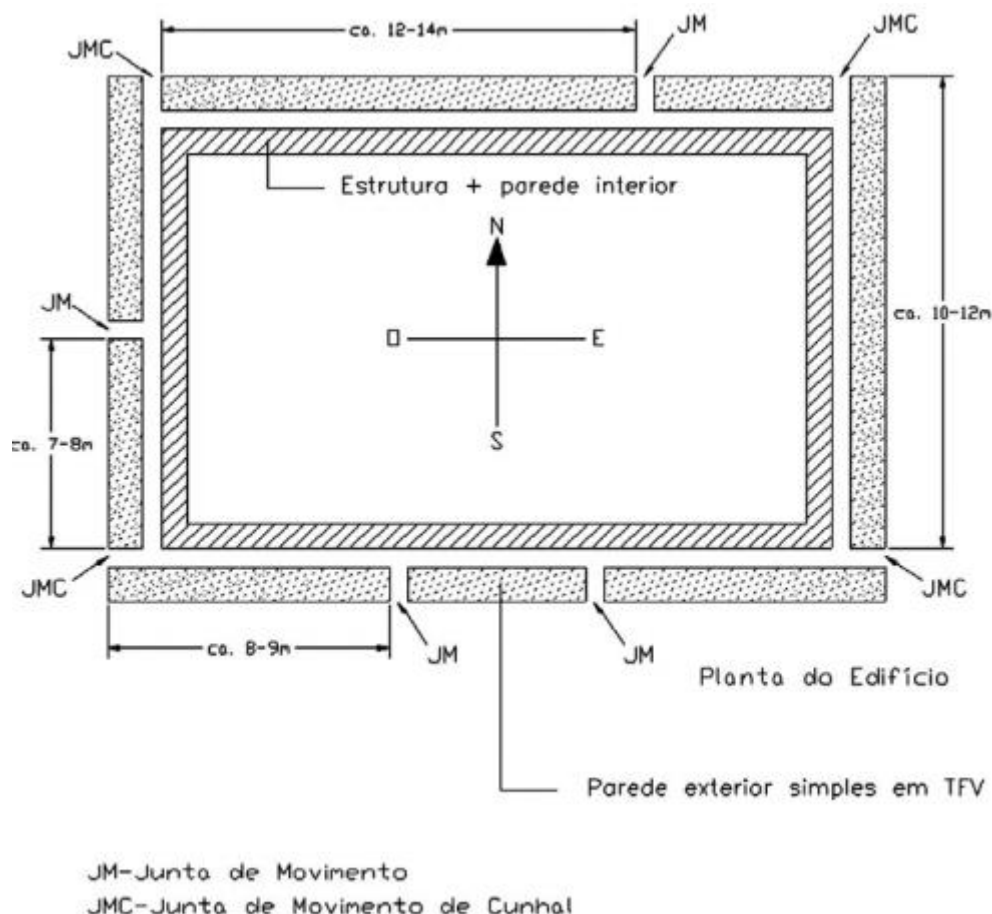


Fig. 5.8 - Localização das juntas de movimento verticais em função da orientação solar das fachadas [4]

5.2.4. - Peças especiais e apoios complementares

Em zonas de fachada que apresentem maior especificidade, como os vãos das aberturas e os cantos, podem ser utilizadas peças especiais que articulam com o tijolo face à vista. São exemplo as peças de padieira, perfis metálicos de arranque, cantoneiras de sustentação, tijolos de canto cortados, peças de forra constituídas por plaquetas cerâmicas munidas de garras. Apesar de existirem soluções executadas em fábrica com zonas fragilizadas para se proceder à última separação em obra, pode ser necessário recorrer ao corte em obra (peças de padieira), sendo que o cuidado de a face das peças cortadas ser sempre que possível aplicada virada para a caixa-de-ar da parede. [4, 17, 27]

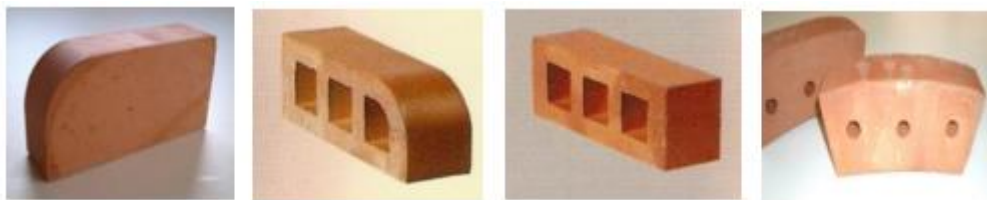


Fig. 5.9 - Exemplos de peças especiais e complementares cerâmica Greslar

5.2.5. - Grampeamento

Quanto ao seu material constituinte, os grampos podem ser plásticos ou metálicos. As desvantagens de um em relação ao outro são as de os grampos de plástico não garantirem a transmissão dos esforços laterais de compressão, quando há tendência para a aproximação dos panos da parede, e de serem vulneráveis à ação do fogo. Já os grampos metálicos, apresentam grande suscetibilidade à corrosão, que infere na sua durabilidade. A galvanização protege os grampos fabricados com materiais ferrosos, que resistem melhor ao ataque das argamassas e da humidade e ao manuseamento em obra. [27]. A norma alemã DIN 1053 tem como valor de referência 5 âncoras de retenção (grampos) por m².

Os ligadores de parede devem respeitar os requisitos da EN 845-1: “Especificações de componentes acessórios de alvenaria. Parte 1: Ligadores, grampos de amarração,

pendurais e cachorros de apoio” [N15]; e devem observar os requisitos de durabilidade para a classe de exposição ambiental apropriada, quando fabricados em aço.

Quanto à rigidez, os grampos metálicos, podem classificar-se em [27]:

- Rígidos;
- Semi-rígidos;
- Flexíveis;
- Elásticos.

Os grampos mais utilizados são semi-rígidos ou flexíveis. Os grampos rígidos e os grampos elásticos não são aplicados em paredes correntes de alvenaria de tijolo furado.

Em muitos países com tradição da utilização de grampos nas paredes exteriores tem-se verificado a necessidade de proceder à sua substituição ao fim de alguns anos devido à deterioração acentuada da galvanização original. Em paredes já construídas em que é necessário reforçar ou substituir o grampeamento, podem usar-se grampos especiais que são introduzidos através de furos feitos na parede, atravessando a caixa-de-ar ou através da substituição pontual de tijolos. [27]

O grampeamento deve ser aplicado durante o levantamento da parede interior, ficando colocados entre fiadas de tijolos, na argamassa das juntas de assentamento. Só quando se levanta a parede exterior é que se empurram os grampos na argamassa da junta do tijolo face à vista. [17]

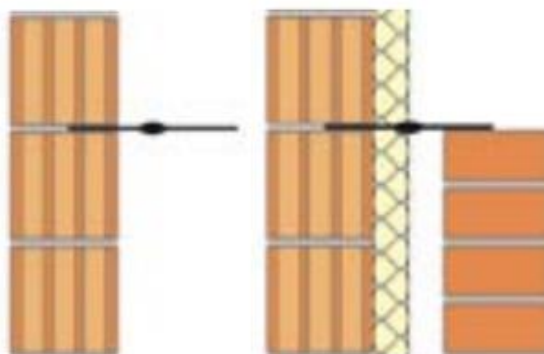


Fig. 5.10 - Posicionamento dos grampos em alvenaria de tijolo face à vista

A colocação dos grampos deve ter uma inclinação para o exterior e, no caso de serem instalados na horizontal, devem dispor de pingadeira que evite qualquer escorrimento de água para o pano interior da parede, passível de originar condensações.

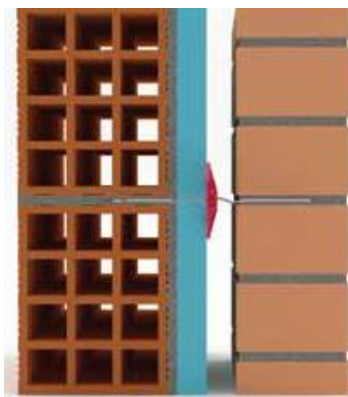


Fig. 5.11 - Corte de pano tijolo face à vista com grampo metálico com pingadeira [17]

O número de grampos a colocar deve andar entre os 2,5 e os 5 por m^2 , embora esta questão não seja consensual. Uma das razões desta variabilidade será a zona sísmica em que o edifício será construído, uma vez que os grampos ajudam a absorver os esforços horizontais, reduzindo a possibilidade de colapso das paredes exteriores. [4]

O Manual Apicer [27] aconselha 2 a 3 grampos por m^2 , a título de exemplo. Já o manual CVG [17] prescreve 5 grampos por m^2 no mínimo. O diâmetro mínimo dos grampos é de 4 mm.

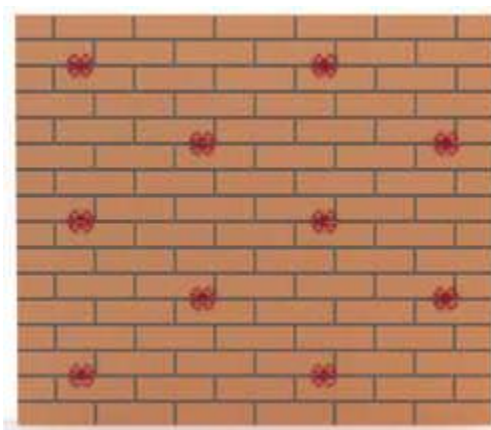


Fig. 5.12 - Esquema de distribuição dos grampos em alvenaria TFV em zona corrente [17]

Nos cunhais (cantos), bem como nas proximidades das juntas de dilatação, e junto aos vãos (ombreiras, vergas ou padieiras, peitoris, etc.) serão aplicadas mais 3 âncoras por metro linear. [17]

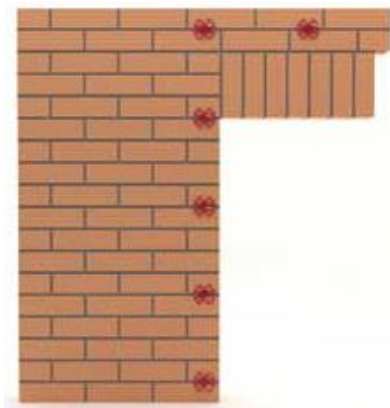


Fig. 5.13 - Esquema de distribuição dos grampos em alvenaria TFV em zona de vão [17]

5.3. - Ações de prevenção da humidade

A grande maioria das anomalias que se detetam decorre da presença de água, pelo que um dos objetivos principais do projeto de execução de alvenaria em tijolo face à vista deve passar pelo controlo da entrada de água [4, 17, 27].

De entre as humidades que podem afetar as alvenarias de tijolo face à vista, enumeram-se segundo a proveniência:

- Humidade do solo: Quando as paredes contactam com solos húmidos, de forma direta ou através de elementos construtivos porosos, pode ocorrer um fenómeno de ascensão capilar de água que se traduz na ascensão da humidade.
- Humidade por infiltração das águas (utilizadas na construção e da chuva). Este problema é invariavelmente resultante de uma deficiente execução da caixa-de-ar. A parede deve ser capaz de drenar e secar as águas infiltradas e as águas resultantes da condensação para cumprir a sua ação de proteção.

A ação da água na fachada tem como consequências diretas:

- Acumulação de sais visíveis na superfície da parede
- Degradação dos revestimentos numa faixa de altura variável, junto à base das paredes do piso térreo.
- Manchas nos revestimentos.

5.3.1. - Interrupção das pontes de humidade

As ligações entre os panos interiores e os panos exteriores em tijolo face à vista terão que ser sempre interrompidas por um espaçamento mínimo de 1 cm. Quando tal não é possível, a zona de contacto entre padieira, ombreira, soleira, elementos estruturais, etc, deve estar resguardada com um defeso de 10 cm para cada lado. [4, 17, 27]

A ponte de humidade pode ser quebrada com a aplicação de telas/membranas impermeáveis contra a parede exterior, no interior da caixa-de-ar. A parte superior, junto à caixa de estore, e inferior, logo abaixo da tábuca de peito, devem igualmente receber estas membranas impermeáveis, como exemplificam os seguintes esquemas de pormenor.

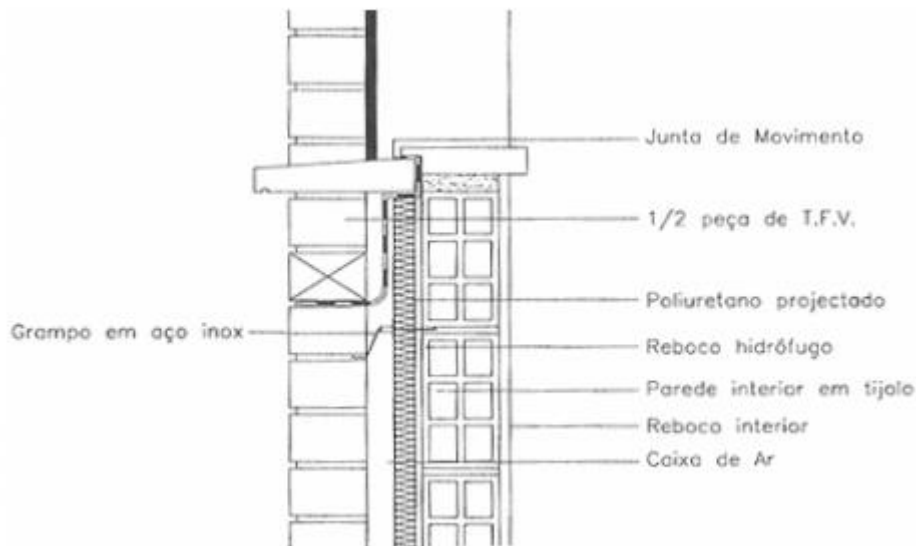


Fig. 5.14 - Corte em zona de vão com destaque para a impermeabilização do parapeito [21]

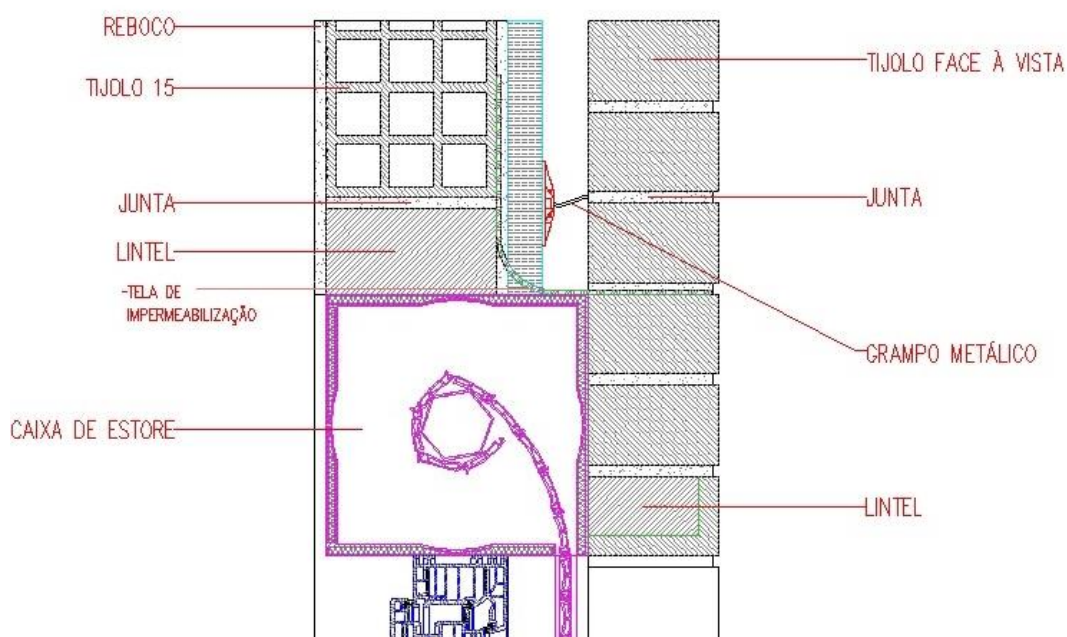


Fig. 5.15 - Corte em zona de lintel, com destaque para a impermeabilização [17]

A caixilharia não deverá ser aplicada na parede exterior em tijolo face à vista, a não ser com auxílio de um pré aro que será fixo à parede interior. [17]

Restos de argamassa caídos entre os dois panos da parede são passíveis de se tornar pontes de humidade.

5.3.2. - Impermeabilização da base das paredes

As humidades ascensionais, por poderem provocar problemas no correto desempenho das fachadas, requerem a proteção das paredes em contacto com as fundações da construção.

Em tijolo face à vista a impermeabilização da parede pode ser efetuada com a aplicação de membranas/telas impermeabilizantes, a ocupar a totalidade da junta, entre duas camadas de argamassa, para corte da capilaridade. Devem ser aplicadas nunca a menos de 15 cm acima do nível do solo. [17, 21, 27]

Como explicam J. Silva e V. Abrantes em [29], o recurso a revestimentos exteriores de impermeabilização em paredes com humidade ascensional é totalmente desaconselhado e ineficaz, por limitarem capacidade de evaporação de água da parede.

Podem utilizar-se tijolos específicos para essa função, aplicados em duas fiadas base com argamassa rica em cimento, oferecendo uma barreira eficaz às humidades ascensionais.

A aplicação incorreta da membrana pode provocar fissuras nas juntas ou retenção de argamassa no interior da caixa-de-ar, com a grave consequência de poder gerar pontes de humidade.

A figura 5.16 representa o corte da base da parede, em que se vê a tela de impermeabilização a acompanhar a meia-cana.

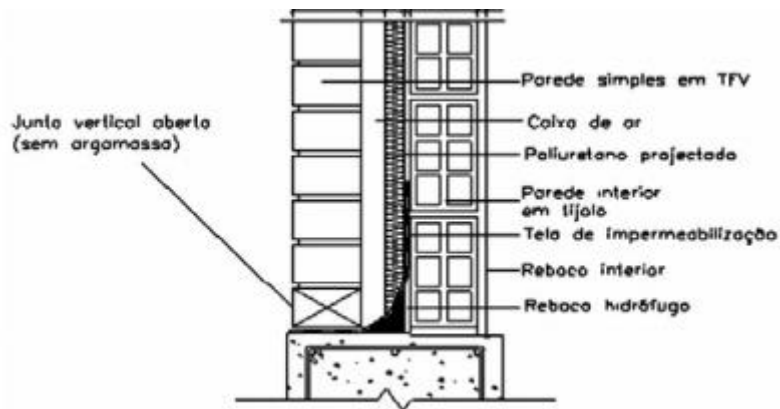


Fig. 5.16 – Corte da meia-cana na base de uma fachada em tijolo face à vista [4]

No caso de terraços, pode efetuar-se uma aplicação de membrana contínua, que acompanha o ângulo do piso com o murete da platibanda, requerendo muitas vezes uma saliência pequena.

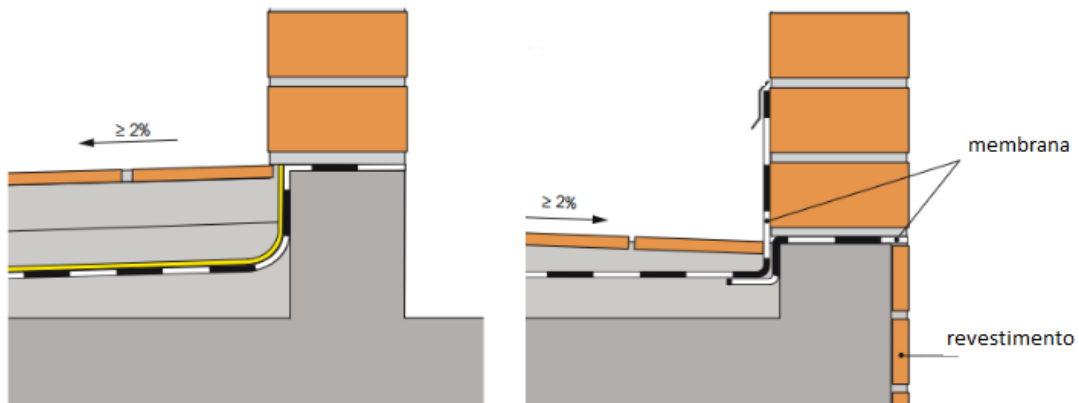


Fig. 5.17 – Corte esquemático da impermeabilização de uma platibanda

No caso de muros de suporte de terras, floreiras e canteiros para plantas a mesma impermeabilização é imprescindível, para cortar a migração de sais solúveis das terras

confinadas. As drenagens destas humidades são especiais e requerem execuções rigorosas, em virtude de preservar a impermeabilização. [17, 29]

5.3.3. - **Infiltração de água para a caixa-de-ar**

Uma das funções principais da caixa-de-ar é a proteção do interior da habitação contra a ação da água da chuva, face à qual o pano exterior serve de primeira barreira. A deficiente execução da caixa-de-ar em paredes duplas pode conduzir à acumulação de água na sua base.

O conceito de fachada ventilada tem como principal vantagem a melhoria do isolamento térmico, da estanquidade e da estabilidade. A parede exterior contínua não apoia diretamente na estrutura do edifício, a caixa-de-ar contínua em toda a fachada não permite a formação de pontes de humidade do exterior para o interior, e a sua ventilação evacua as condensações.

Para cumprir a sua ação contra a humidade, a base da parede deve ter também a capacidade de drenagem das águas provenientes da infiltração e da condensação resultante da migração de vapor de água do interior para o exterior, através da parede. [17, 21, 27]

O cuidado de não deixar restos de argamassa ou mesmo pequenos objetos entre os dois panos de parede é crucial para evitar o estabelecimento de pontes de passagem de humidade.

O manual CVG defende uma série de recomendações para uma correta estanquidade de paredes, de entre as quais se destacam: [17]

- Manutenção da caixa-de-ar limpa
- Colocação dos grampos com pingadeira inclinados para a parede exterior
- Execução de aberturas na parede exterior para drenagem da água e a ventilação da caixa-de-ar.
- Impermeabilização da parte superior dos lintéis e caixas de estores
- Desenhar o rebordo da janela de forma a facilitar a condução da água depositada na caixilharia para o exterior.

Como já foi referido anteriormente, o perfil longitudinal do parapeito da janela tem influência na estanquidade da fachada. O guia prático de construção em tijolo face à vista canadiano [18] dá o exemplo de algumas configurações, das quais destaco a *slip sill*, configuração que promove o escorregamento e expulsão da água.

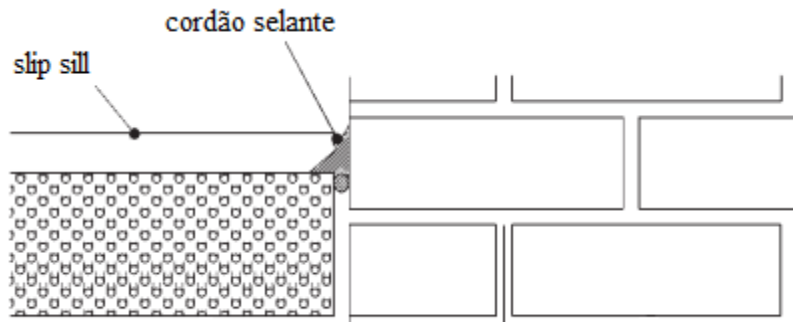


Fig. 5.18 - Pormenor configuração Slip Sill do parapeito [18]

As fotografias da figura 5.19 mostram as juntas de ventilação e drenagem das caixas-de-ar ao nível da meia-cana, deixadas com um espaçamento de 3 ou 4 tijolos, encontradas em edifícios do Campus Universitário.

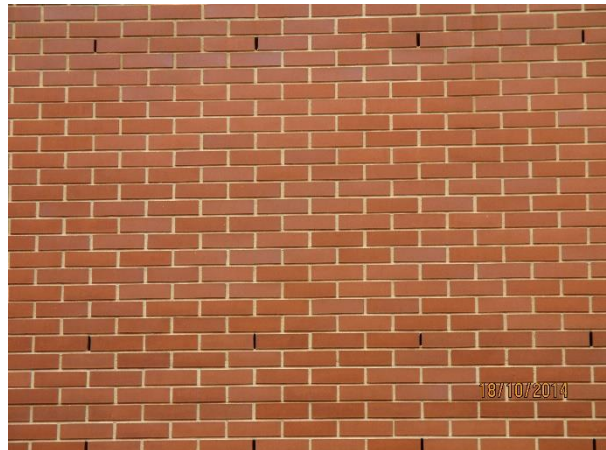


Fig. 5.19 - Juntas de ventilação e drenagem das caixas-de-ar

CAPÍTULO 6.

Fichas de patología

CAPÍTULO 6. – Fichas de patologia

6.1 – Fissuração de cunhal com deslocamento transversal

6.1.1 – Descrição da patologia

6.1.2 – Causas da patologia

6.1.3 – Práticas construtivas a adotar

6.1.4 – Registo fotográfico / Pormenorização construtiva

6.2 – Fissuração de panos de grandes dimensões

6.3 – Fissuração de zona de mudança de cota/alteração de rigidez

6.4 – Excessiva deformação do suporte

6.5 – Fissuração em zona de vão

6.6 – Deficiente impermeabilização da base de paredes

6.7 – Manchas de sujidade e proliferação de organismos sob peitoris

CAPÍTULO 6. - Fichas de patologia

No capítulo anterior foram dadas a conhecer as patologias que ocorrem com mais frequência em fachadas de tijolo face à vista, bem como destacadas ações preventivas a tomar relativamente como forma de resposta aos fenómenos de fissuração e de humidade.

Será efetuada de seguida uma análise a sete situações reais e concretas de patologia, todas elas retiradas de exemplos de edifícios construídos em tijolo face à vista do campus universitário.

Cinco fenómenos de fissuração, a enumerar:

- Fissuração de cunhal;
- Fissuração de pano;
- Fissuração de zona de alteração da rigidez e cota do pano;
- Fissuração por deformação excessiva do piso;
- Fissuração em zona de vão.

Dois problemas relacionados com a humidade, especificando:

- Falta de impermeabilização;
- Manchas de sujidade e proliferação de organismos.

A abordagem a estas sete patologias típicas é resumida em fichas individuais de patologia que reúnem, para além de uma breve identificação e apuramento das causas, o aconselhamento das práticas construtivas a adotar em situações semelhantes por forma evitar o surgimento da patologia.

6.1. - Fissuração de cunhal com deslocamento transversal

6.1.1. - Descrição da patologia a evitar

A envolvente exterior do edifício em tijolo face à vista apresenta fissuração com desenvolvimento vertical junto aos cunhais.



Fig. 6.1- Fissuração típica em cunhais (UA)

6.1.2. - Causas da patologia

A fissuração verificada no cunhal tem origem sobretudo no aspeto da configuração da parede, nomeadamente:

- A falta de elementos verticais de travamento da alvenaria;
- Ausência de juntas de movimento;
- Inexistência de armaduras, a colocar na argamassa das juntas.

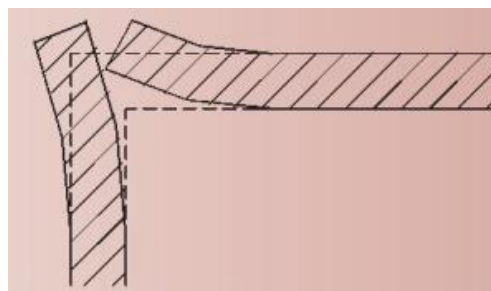


Fig. 6.2 - Deformação pela falta de junta de dilatação ou armadura

6.1.3. - Práticas construtivas a adotar

A zona de cunhal deve ser uma zona pouco deformável. Devem ser previstas juntas de movimento nos cunhais, com especial atenção para o cunhal orientado a Sul-Poente, devido a este ser o mais atrito a variações dimensionais relacionadas com a temperatura.

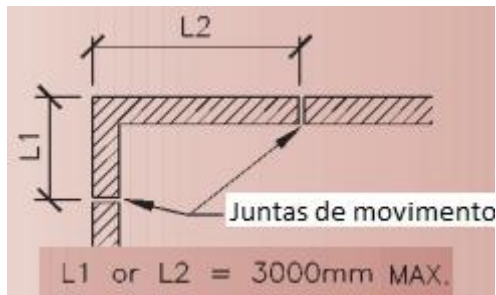


Fig. 6.3 - Espaçamento das juntas de movimento em zona de cunhal [18]

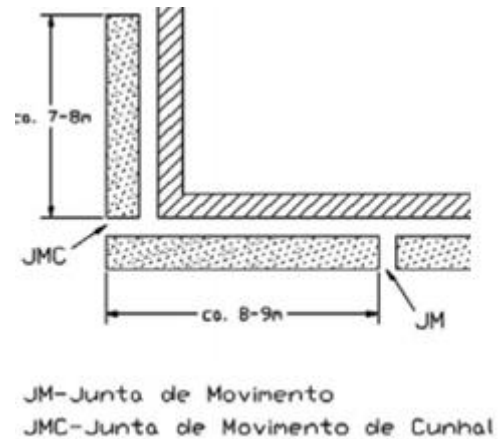


Fig. 6.4 - Espaçamento das junta de movimento de cunhal orientado a Sul-Poente [4]

Quando há algum entrave à execução de juntas de movimento nos cunhais, deve controlar-se a fissuração com recurso a armaduras nas juntas, colocadas na argamassa das juntas, cada 3 fiadas de tijolo. Serão dobradas a 90°, com 1,5 m de braço para cada um dos lados do cunhal; ou com a execução de montantes verticais em betão, por exemplo.

É boa prática a aplicação de 3 grampos extra por metro linear em zonas de cunhais, para além dos 5 já recomendados.

6.1.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva

As fotografias da figura 6.5 mostram exemplos de cunhais com junta de movimento bem executada, onde não se denotam quaisquer fenómenos de fissuração.



Fig. 6.5 - Juntas de movimento em cunhais sem ocorrência de patologia (UA)

6.2. - Fissuração de pano de grandes dimensões

6.2.1. - Descrição da patologia a evitar

Fissuração de pano exterior de grande dimensão em tijolo face à vista sem vãos, com destacamento localizado e degradação de tijolos.



Fig. 6.6 - Fissuração em pano de grandes dimensões (UA)

6.2.2. - Causas da patologia

A ausência ou inadequação de juntas de movimento impede os movimentos naturais de expansão ou contração do tijolo, em função das variações dos teores de humidade e temperatura. Este impedimento resulta, mecanicamente, numa deformação imposta que leva a uma tensão interna indesejável nas alvenarias, com maior expressão, em geral, na direção horizontal.

Em situação de ausência de junta, o pano é incapaz de acomodar as movimentações, sendo notória a sua fissuração, destacamento e esmagamento de alguns dos tijolos integrantes.

6.2.3. - Prática construtiva a adotar

Nas fachadas em tijolo face à vista devem ser previstas juntas de dilatação verticais afastadas de si a uma distância de cerca de 10 metros, que varia com a orientação solar do pano.

Em paredes de grandes dimensões sem vãos, o fator da orientação do pano deve ter especial preponderância na distribuição das juntas de movimento, por forma a assimilarem as variações de dimensão nas zonas mais suscetíveis de maiores amplitudes térmicas.



Fig. 6.7 - A influência da orientação solar no espaçamento das juntas de movimento [17]

As juntas de dilatação terão uma espessura de referência de 15-20 mm. Devem ser executadas em cordão celular, introduzido sob pressão a uma profundidade de cerca de 20 mm e revestido por silicone resistente aos UV.

6.2.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva

As fotografias da figura 6.8 mostram exemplos de panos extensos com junta de movimento bem executada, onde não se denotam fenómenos de fissuração relevantes.



Fig. 6.8 - Juntas de movimento verticais ao longo de pano de tijolo face à vista (UA)

A fotografia da figura 6.9 é representativa de um pano extenso sem a aplicação de juntas de movimento que foi recentemente alvo de obras de reabilitação da fachada.



Fig. 6.9- Pano extenso em tijolo face à vista sem a aplicação de juntas de movimento (UA)

6.3. - Fissuração de zona de mudança de cota/alteração de rigidez

6.3.1. - Descrição da patologia a evitar

Fissuração de pano em tijolo face à vista em zona de alteração do alinhamento vertical, ou zona de alteração de rigidez (material).



Fig. 6.11 - Fissuração da interface de contacto entre dois materiais diferentes (UA)



Fig. 6.10 - Fissuração em zona de mudança de cota da base de assentamento em tijolo face à vista (UA)

6.3.2. - Causa da patologia

No caso de uma parede de tijolo com descontinuidade, a fenda surge na zona de descontinuidade por causa dos diferentes carregamentos aplicados aos tijolos, de um lado e do outro da mesma.

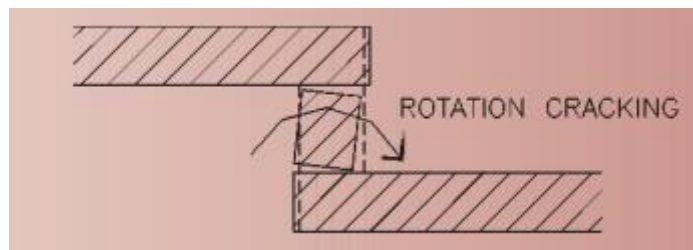


Fig. 6.12 - Exemplificação da deformação do tijolo imposta pela descontinuidade [18]

Numa zona composta por dois materiais construtivos, a fenda surge na interface, como resposta às diferentes rigidezes dos próprios materiais, que reagem e deformam diferentemente.

6.3.3. - Prática construtiva a adotar

Deve ser prevista uma junta de movimento vertical sempre que se verifique uma mudança de cota na base de assentamento de uma parede em tijolos face à vista, ou a meio de uma parede, quando surge uma descontinuidade de um dos lados.

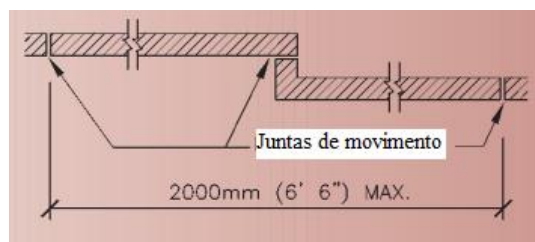


Fig. 6.13 - Posicionamento das juntas de movimento em zona de descontinuidade [18]

Quando um pano de tijolo face à vista é adjacente a um pano construído com outro material ou com outro acabamento é também necessária a inclusão de uma junta de movimento que servirá como elemento de (des)solidarização, devido ao diferente comportamento e rigidez dos materiais.

6.3.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva

As fotografias da figura 6.14 são exemplo da aplicação de juntas de movimento em zonas de interrupção da fachada, com alteração da cota do pano de tijolo face à vista.



Fig. 6.14 - Juntas de movimento aplicadas em zonas de interrupção ou descontinuidade da fachada (UA)

As seguintes fotografias testemunham casos de zonas de alteração de material com aplicação de junta de movimento na interface de contacto.



Fig. 6.15 - Junta de movimento em zona de alteração de material (UA)



Fig. 6.16 - Pormenor da junta de movimento aplicada em zona de mudança de material, já um pouco desgastada (UA)

6.4. - Excessiva deformação do suporte

6.4.1. - Descrição da patologia a evitar

Fissuração ao nível da laje, em pano de tijolo face à vista, com destacamento localizado dos tijolos e degradação dos mesmos.

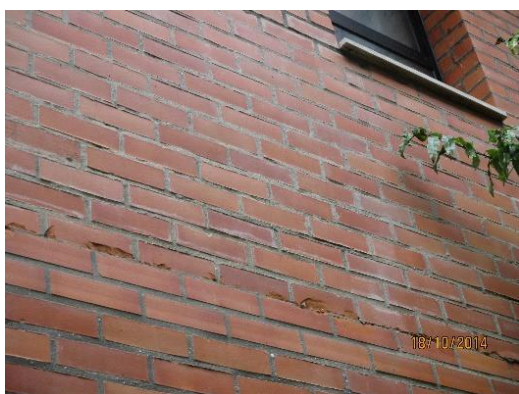


Fig. 6.17 - Exemplo de fissuração ao nível do piso (UA)

6.4.2. - Causa da patologia

A correção da ponte térmica pelo exterior em panos de tijolo face à vista leva a que este pano não esteja totalmente apoiado na laje, o que conjugado ao facto de se usar um tijolo de diferente secção na forra torna estas zonas propícias a tensões indesejáveis. A deformação do suporte ou do elemento estrutural superior poderá então desencadear o aparecimento de fissuração ou danificação dos tijolos. Edifícios sujeitos a cargas cíclicas também são suscetíveis de uma deformabilidade maior.

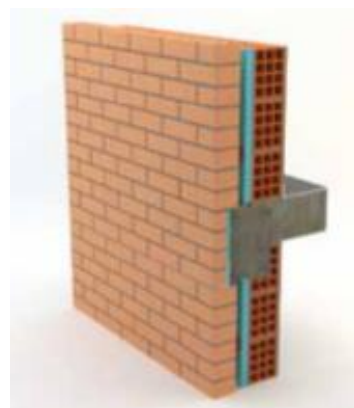


Fig. 6.18 - Exemplo de correção da ponte térmica ao nível do piso [17]

6.4.3. - Prática construtiva a adotar

Merecem especial referência as peças de apoios complementares como as cantoneiras de aço em forma de L recomendadas para o reforço do apoio de paredes exteriores de fachadas insuficientemente apoiadas na laje de pavimento, ou em fachadas cortina realizadas com tijolo maciço ou perfurado face à vista.

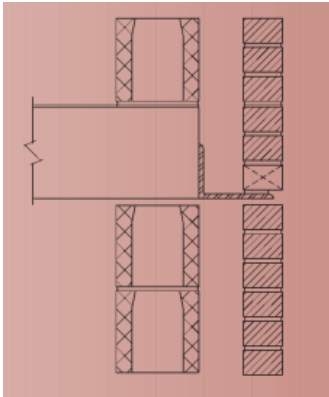


Fig. 6.20 – Corte esquemático do apoio do pano exterior em tijolo face à vista em cantoneira. [18]



Fig. 6.19 - Peças complementares de sustentação do pano exterior em zona de piso [17]

Deve-se ter em particular atenção a estruturas que admitem maiores deformações, como é o caso de lajes fungiformes, onde a necessidade de serem previstos este tipo de peças de suporte será a única forma de evitar este tipo de fissuração.

Deve haver a preocupação de executar a parede exterior com a sua base apoiada em pelo menos $2/3$ da largura do tijolo no elemento estrutural ou na peça complementar.

Uma junta de movimento horizontal ao nível do piso também pode ser incluída para solucionar o problema, como alternativa ao uso de apoios complementares ou simplesmente em simultâneo.

6.4.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva

As fotografias da figura 6.21 fazem notar um caso em que se recorreu a perfis em U, que albergam no seu interior 3 fiadas de tijolo, abaixo do qual entrega o pano exterior inferior, sendo que serve também de apoio ao pano superior. Por ter sido bem dimensionado em relação à sua deformabilidade, as paredes suportadas não apresentam fissuração de qualquer espécie ao nível do piso.



Fig. 6.21 - Perfil de aço a apoiar pano exterior de tijolo face à vista em zona de piso (UA)

A fotografia da figura 6.22 testemunha a inclusão de juntas de movimento horizontais ao nível do piso como forma de absorção das tensões.



Fig. 6.22 - Juntas de movimento horizontais ao nível do piso (UA)

6.5. - Fissuração em zona de vão

6.5.1. - Descrição da patologia a evitar

O tijolo face à vista apresenta fissuração em zona de vãos, ao nível dos lintéis e ombreiras.



Fig. 6.23 - Casos de fissuração em zona de vão (UA)

6.5.2. - Causas da patologia

Os vãos são zonas de concentração de tensões, que se intensificam nas ombreiras e padieiras. A fissuração em vãos ocorre ao nível das padieiras quando não é construído um lintel, ou quando este é mal dimensionado.

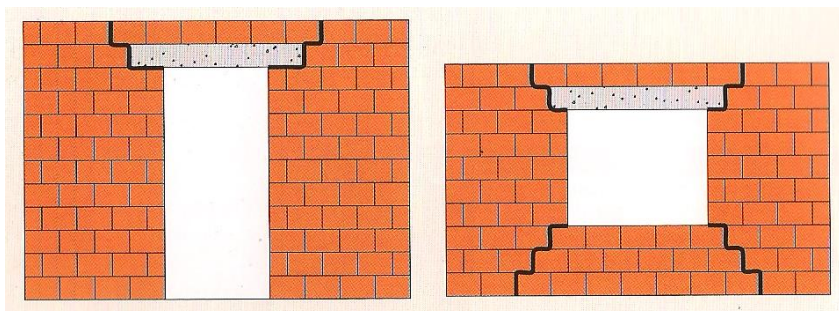


Fig. 6.24 - Fissuração típica em zona de vão [27]

6.5.3. - Práticas construtivas a adotar

Os lintéis estão destinados ao suporte de cargas uniformemente distribuídas sobre aberturas, garantindo resistência e pouca deformabilidade. Podem ser pré-fabricados ou produzidos em obra, podem ser constituídos por peças cerâmicas armadas e por suportes metálicos que as sustentam.

Um ponto a ter em conta no dimensionamento dos lintéis é a entrega dos seus apoios, que deve ser suficiente para a carga dos vãos a vencer. A forma do lintel depende ainda da posição da caixa de estore.

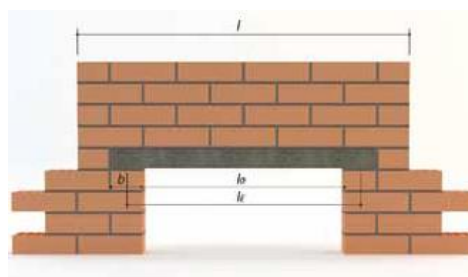


Fig. 6.25 - Dimensões a ter em conta para dimensionamento do lintél [17]

A execução de juntas de movimento na periferia destas zonas permite a absorção dos esforços a que o vão está sujeito.

6.5.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva

A fotografia da figura 6.26 mostra um vão com caixilharia aplicada pelo interior com a inclusão de uma junta de movimento vertical, que ajuda a absorver parte dos esforços.



Fig. 6.26 - Junta de movimento aplicada em vão com caixilharia interior (UA)

A fotografia da figura 6.27 mostra um lintél metálico em zona de vão.



Fig. 6.27 - Lintél metálico (UA)

O seguinte corte pormenor efetuado pela Cerâmica Vale da Gândara evidencia a aplicação dupla de lintéis, um acima da caixa de estore, que serve de apoio ao pano interior em tijolo furado, e outro imediatamente na terminação da mesma, que serve de apoio ao pano exterior em tijolo face à vista.

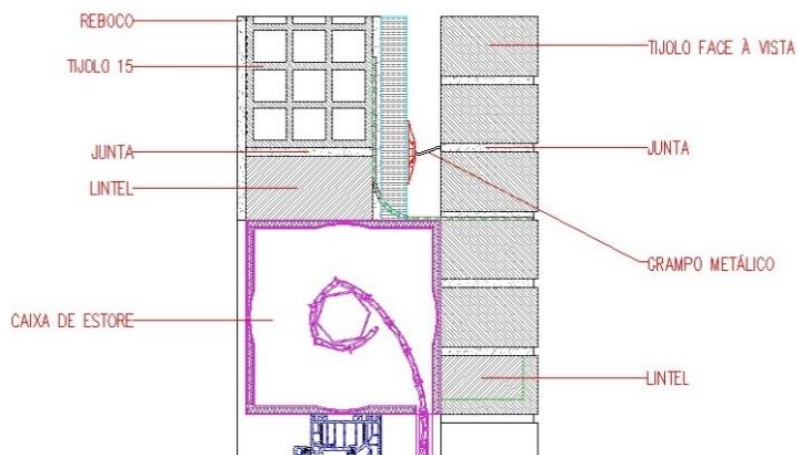


Fig. 6.28 - Lintél em vão com caixa de estore. [17]

O corte pormenor da figura 6.29, efetuado pela Cerâmica Vale da Gândara, mostra o caso da aplicação de lintel metálico com suporte duplo a apoiar o pano exterior em tijolo face à vista.

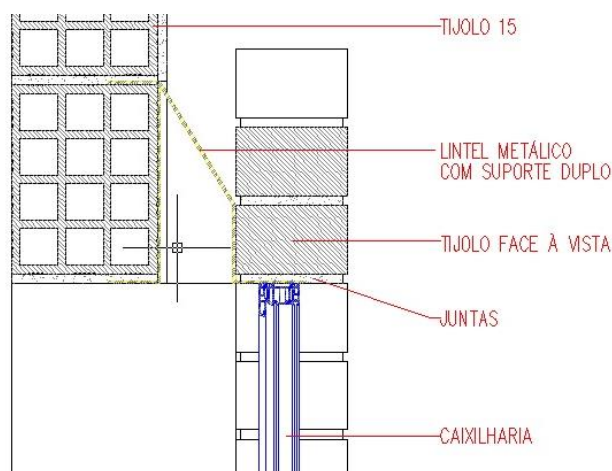


Fig. 6.29 - Corte de zona de vão com lintel metálico [17]

As fotografias da figura 6.30 mostram a aplicação de juntas de movimento em zonas de vão da fachada.

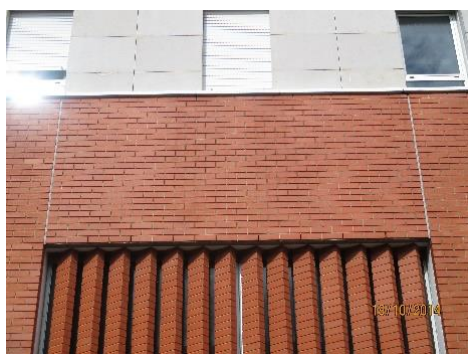


Fig. 6.30 - Juntas de movimento aplicadas em zona de vão (UA)

A fotografia da figura 6.31 mostra um vão com lintel metálico a suportar as fiadas superiores de tijolo, e uma junta de movimento vertical na ombreira.



Fig. 6.31 - Vão com aplicação de lintel e junta de movimento vertical (UA)

6.6. - Deficiente impermeabilização da base de paredes

6.6.1. - Descrição da patologia a evitar

Aparecimento de manchas de eflorescências na base da parede, junto ao solo.

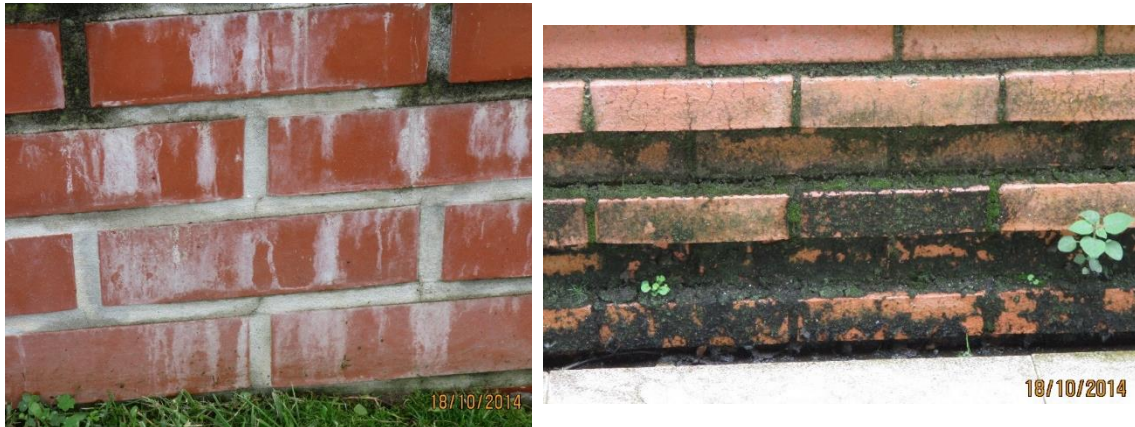


Fig. 6.32 - Manchas de eflorescências na base de parede (UA)

6.6.2. - Causas da patologia

As humidades provenientes do solo afetam as bases das paredes de alvenaria em tijolos face à vista pela ascensão capilar da água, que arrasta consigo compostos químicos (dióxido de carbono e de enxofre, óxido de azoto) que ao penetrarem na parede vão originar reações químicas e acumular esses sais, muitas vezes visíveis na superfície das paredes.

O aparecimento de manchas de cripitoflorescências, eflorescências, proliferação de microrganismos numa altura variável junto à base das paredes do piso térreo, são as principais anomalias decorrentes de uma deficiente impermeabilização, que pode comprometer apenas a sua qualidade estética, mas acaba por provocar a degradação dos materiais e conseqüente aparecimento de novas fissuras e de novas humidades.

6.6.3. - Práticas construtivas a adotar

Em tijolo face à vista, a impermeabilização da base da parede pode ser efetuada com a aplicação de membranas/telas impermeabilizantes, a ocupar a totalidade da junta, entre duas camadas de argamassa, para corte da capilaridade. Devem ser aplicadas nunca a menos de 15 cm acima do nível do solo.



Fig. 6.33 - Membrana impermeabilizante na junta de assentamento, na base de parede exterior [15]

Deve ser prevista a aplicação da tela de impermeabilização a acompanhar a curvatura da meia-cana, como tão bem exemplificado está no seguinte desenho-pormenor.

6.6.4. - Registo fotográfico / Pormenorização construtiva

O seguinte corte-pormenor demonstra a a base de uma parede em tijolo face à vista bem executado, com a junta vertical aberta sem argamassa a permitir a ventilação da caixa-de-ar e a tela de impermeabilização a acompanhar a meia-cana.

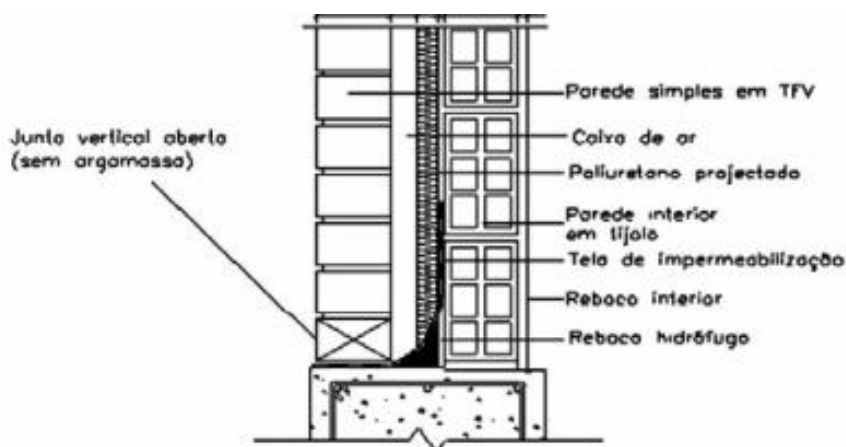


Fig. 6.34 - Tela de impermeabilização a acompanhar a meia cana em base de parede de tijolo face à vista [4]

6.7. - Manchas de sujidade e proliferação de organismos sob peitoris

6.7.1. - Descrição da patologia a evitar

O tijolo face à vista apresenta manchas de sujidade e proliferação de organismos associadas a escorrências nas zonas da fachada sob os peitoris dos vãos exteriores.



Fig. 6.35 - Manchas de sujidade e proliferação de organismos em peitoris (UA)

6.7.2. - Causas da patologia

O peitoril, como superfície horizontal, acumula sujidades que são depois arrastadas pela água da chuva, escorrendo pela fachada.

As manchas de sujidade são devidas à existência de caminhos preferenciais para essas escorrências, sendo que a sua abundância pode dar lugar à formação de micro-organismos ou manifestação de eflorescências.

6.7.3. - Práticas construtivas a adotar

O perfil longitudinal e o remate com as ombreiras exigem estudo e pormenorização, adotando uma configuração que evite as escorrências laterais e as infiltrações pelos cantos das janelas.

O peitoril a aplicar deverá reunir as seguintes características:

- Pingadeira devidamente dimensionada;
- Inclinação suficiente;
- Bandas laterais;
- Projeção lateral suficiente.

6.7.4. - Registo fotográfico /Pormenorização construtiva

O corte-pormenor da figura 6.36, efetuado pela Cerâmica Vale da Gândara, evidencia uma zona de vão em que se denota a saliência do peitoril.

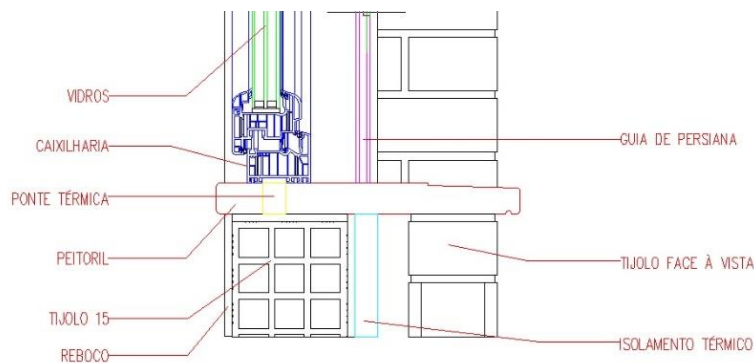


Fig. 6.36 - Corte de zona de vão, com peitoril bem dimensionado [17]

O corte-pormenor da figura 6.37, retirado da empresa Kileshal UK, faz um retrato de um peitoril com uma configuração que facilita a expulsão da água.

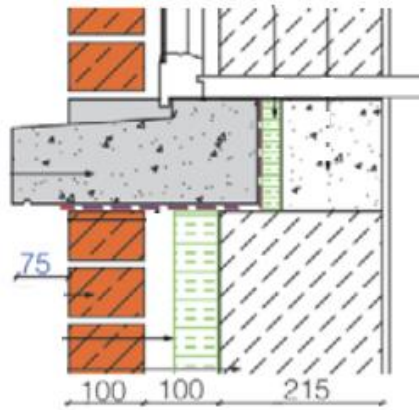


Fig. 6.37 - Corte de zona de vão, com destaque para formato do peitoril

CAPÍTULO 7.

Conclusões

Capítulo 7. - Conclusões

7.1 – Conclusões finais

7.2 – Desenvolvimentos futuros

CAPÍTULO 7. - Conclusões

7.1. - Conclusões finais

As paredes de alvenaria constituem um dos elementos construtivos de maior importância, particularmente as paredes exteriores, e apesar da alvenaria de tijolo face à vista ser aplicada há várias décadas, a sua utilização é ainda residual em Portugal, contrastando com a competitividade que a solução tem no resto da Europa.

A utilização de tijolo face à vista é corrente em países como a Alemanha, Bélgica, Países Baixos e Inglaterra, que já tinham a tradição de aplicação do material, com perfeito conhecimento do seu bom desempenho técnico. Em Portugal a tendência da evolução das soluções e tecnologias construtivas, com elementos estruturais em betão armado, relegou o tijolo para a função de enchimento e compartimentação, sempre revestido.

Como não se destina a ficar à vista, o seu rigor construtivo foi desde sempre negligenciado, exigindo menor qualificação técnica. Desta forma a construção em tijolo face à vista foi rotulada como uma solução que dá muitos problemas e que origina anomalias nas fachadas. Tal visão só confirma o preconceito popular errado de que o tijolo face à vista é alvo.

A aceitação de novas técnicas construtivas como o tijolo face à vista é ainda dificultada pela inércia do mercado de construção português, que muito se especializou na produção e utilização de tijolo leves LD.

As paredes de alvenaria, na sua maioria, dão um contributo negativo para a patologia nos edifícios, dando origem a fissuração, que por sua vez dá lugar a infiltrações, que resultam na degradação dos revestimentos e acabamentos.

A melhor maneira de prevenir as patologias recorrentes é, não só em tijolo face à vista, investir na compleição da fase de projeto, com especial atenção aos pontos singulares. Não só os projetistas mas também a mão-de-obra devem acompanhar a evolução do empreendimento, tentando manter-se formados e na vanguarda da construção.

A qualidade técnica que a execução de fachadas em tijolo face à vista exige é um dos grandes entraves à evolução desta solução no nosso país. O tijolo face à vista tem potencial para rivalizar com as soluções tradicionais de tijolo furado, respondendo de forma similar e até melhor em alguns fatores quando bem executado. A sensibilização de projetistas para as qualidades e vantagens do tijolo face à vista é importante para a disseminação desta solução, uma vez que parte da qualidade construtiva assenta na existência de um projeto de alvenaria bem planeado, para além da qualificação técnica.

As paredes de alvenaria não estruturais podem vir a desempenhar um papel com cada vez maior relevo na construção, paralelo à evolução tecnológica. Tal evolução é passível de acontecer apenas se se continuar a investir na melhoria dos produtos de construção e acessórios, e no cumprimento das metodologias de aplicação que os manuais das entidades fabricantes contém, incentivadoras da qualidade construtiva.

Em Portugal, não existia legislação específica para alvenaria, até ao aparecimento do Eurocódigo 6. As normas dos elementos cerâmicos para alvenaria reguladoras das características físicas e dimensionais foram substituídas pela NP EN 771, que veio homogeneizar os critérios de qualidade dos produtos Europeus. É de esperar que estas normas venham estimular e incentivar a melhoria da qualidade da construção em tijolo face à vista.

A execução de fachadas em tijolo face à vista requer cuidados especiais na abordagem aos aspetos singulares, como a inclusão de juntas de movimento ou colocação de armadura em zonas de vão ou descontinuidades na fachada; qualidade das argamassas; correta impermeabilização dos vãos e da base das paredes, ancoramento do pano exterior, drenagem e ventilação da caixa-de-ar, entre outros.

A aplicação de tijolo face à vista em paredes duplas facilita a utilização de isolamento contínuo em fachadas de edifício, sendo o pano exterior de tijolo face à vista aplicado continuamente imediatamente após a caixa-de-ar. As pontes térmicas são assim facilmente corrigidas, garantindo o respeito dos requisitos térmicos impostos pelo RCCTE.

Na ótica da prevenção dos fenómenos de fissuração que ocorrem em paredes de tijolo face à vista, são consideradas maioritariamente as soluções de incluir juntas de movimento verticais ou horizontais de forma a permitir, libertar e absorver as deformações dos tijolos;

e a de reforçar localizadamente as juntas de assentamento com armaduras, ao longo das zonas críticas de concentração de tensões.

Como forma de prevenção dos fenómenos de humidade que afetam as fachadas, é solução comum a aplicação de membranas/telas impermeáveis quer nas bases das paredes a ocupar a totalidade da junta, ou a acompanhar a meia-cana; quer em zona de vãos, contra a parede exterior, simultaneamente em baixo no parapeito e em cima no lintél e caixa-de-estore. A drenagem e ventilação das caixas-de-ar são cuidados de especial importância, que podem ser satisfeitos com a previsão de grelhas ou aberturas nas juntas, para ventilação, e orifícios de expulsão das águas ao nível da meia-cana.

7.2. - Desenvolvimentos futuros

A construção em alvenaria de tijolo face à vista é uma solução que tem cada vez mais o potencial de assumir um papel de relevo na construção nacional, ao acompanhar o novo fôlego trazidos pela evolução arquitetónica, tecnológica e legislativa dos últimos tempos. A entrada em vigor dos eurocódigos veio promover o intercâmbio das tecnologias e de profissionais por toda a Europa.

Por forma a garantir a qualidade das alvenarias, é importante a continuidade dos processos de certificação e normalização, bem como a criação de documentos de apoio ao projeto e à obra.

As patologias mais frequentes só podem ser ultrapassadas com mais rigor na fase de projeto, com atenção especial aos pontos singulares. A mão-de-obra tem de acompanhar a evolução do projeto e dos materiais, em constante regime de formação e atualização, uma vez que o correto desempenho das fachadas de tijolo face à vista depende em grande escala da qualificação dos profissionais.

É importante estudar a aplicabilidade das técnicas existentes noutros países, por forma a aproximar Portugal da realidade Europeia no que concerne à construção em tijolo face à vista. Para tal, precisamos de direcionar a nossa produção com vista a aumentar a diversidade da nossa oferta em termos de formatos e acabamentos, e ainda acessórios de aplicação.

Referências bibliográficas

Referências bibliográficas

- [1] APPLETON, J. - Reabilitação de edifícios antigos, patologias e tecnologias de intervenção. Portugal: Edições ORION, 2003
- [2] APICER, CTCV. Caracterização do subsector da Indústria cerâmica estrutural em Portugal - Para uma perspectiva de futuro. Coimbra, Setembro 2009
- [3] BRANCO, F.; BRITO, J.; GONÇALVES, A. - Causas de anomalias em paredes de alvenaria de edifícios recentes. Revista Número 31, Repositorium U. Minho, 2008 - <http://www.civil.uminho.pt/revista/n31/Pag%205.pdf>
- [4] CAMARNEIRO, L. - A importância da pormenorização no comportamento das alvenarias. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. Editores: P.B. Lourenço e H. Sousa, Porto, 2002 pp. 169-186
- [5] CAMPBELL, James W.P; PRYCE, Will - História Universal do Tijolo. Caleidoscópio. Lisboa: Caleidoscópio, 2005
- [6] CARVALHO, Fernanda; SOUSA, Hipólito - Enclosure masonry wall systems in Portugal. In SANTOS, S. Pompeu - Enclosure masonry wall systems worldwide. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 11, pp. 179-196
- [7] CHAVES, A. - Patologia e reabilitação de revestimentos de fachadas. Tese de Mestrado, U. Minho, Outubro 2009. - <http://hdl.handle.net/1822/10764>
- [8] DIAS, A. Baio - Construção em tijolo cerâmico: das exigências normativas do produto à prática de aplicação. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. Editores: P.B. Lourenço, H. Sousa. Porto. 2002, pp. 41-64
- [9] GOUVEIA, João; LOURENÇO, P.B. - O EuroCódigo 6 e o dimensionamento de estruturas de alvenaria. Construção Magazine, n. 17, 2006, pp. 34-40
- [10] GU, Xianglin; LI, Xiang; PENG, Bin - Enclosure masonry wall systems worldwide in China. In SANTOS, S. Pompeu - Enclosure masonry wall systems worldwide. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 3, pp. 31-47

- [11] JAGER, Wolfram; SCHOPS, Peter - Enclosure masonry wall systems in Germany. In SANTOS, S. Pompeu - Enclosure masonry wall systems worldwide. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 3, pp. 67-83
- [12] LOURENÇO, P.B. - Aspetos sobre a construção em alvenaria estrutural: congresso nacional de engenharia de estruturas. Lisboa: Ed. S. Pompeu Santos et al, 2002, pp. 469-478
- [13] LOURENÇO, P.B. - Alvenaria: Passado e presente, Construção Magazine, n.º 12, 2005, p. 34-35
- [14] LOURENÇO, P.B. - A nova regulamentação e as estruturas de alvenaria, Construção Magazine, n.º 15, 2006. p. 50-51
- [15] LOURENÇO, P.B. – Conceção e projeto para alvenaria. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. Editores: P.B. Lourenço e H. Sousa, Porto, 2002, pp. 77-110
- [16] LOURENÇO, P.B. - Possibilidades atuais na utilização da alvenaria estrutural. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. P.B. Lourenço et al. (eds). Porto, 2007. pp. 129-144
- [17] Manual de aplicação de tijolos de face à vista e de pavers cerâmicos. Cerâmica Vale da Gândara
- [18] MALHOTRA, Ashok - Brick veneer concrete masonry unit backing. Best Practice guide: building technology. CMHC, Canada Mortgage and Housing Corporation, 2001
- [19] MARTENS, Dirk – Enclosure masonry wall systems in Belgium and the Netherlands. In SANTOS, S. Pompeu - Enclosure masonry wall systems worldwide. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 1, pp. 1-14
- [20] MARTINS, J. - Patologia em paredes de alvenaria de tijolo. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Dezembro 2010 - <http://hdl.handle.net/10400.21/451>
- [21] MESQUITA, Daniel. - Viabilidade técnico-económica do tijolo face à vista em fachadas de edifícios em Portugal. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Outubro 2007 - <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/thesis/2353642117026>
- [22] PEREIRA, Manuel. Anomalias em paredes de alvenaria sem função estrutural, Tese de Mestrado, U. Minho, Guimarães, 2005. - <http://hdl.handle.net/1822/2734>

- [23] ROMAN, Humberto R.; SILVA, Denise A. - Enclosure masonry wall systems in Brasil. In SANTOS, S. Pompeu - Enclosure masonry wall systems worldwide. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 2, pp. 15-30
- [24] SANTOS, Pina - Evolução das soluções de paredes face a novas exigências regulamentares. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. P.B. Lourenço et al. (eds). Porto, 2007. pp. 41-64
- [25] SANTOS, S. Pompeu – O contacto normativo recente dos Eurocódigos sobre estruturas de alvenaria. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. P.B. Lourenço et al. (eds). Porto, 2007. pp. 1-20
- [26] SANTOS, S. Pompeu - Enclosure masonry wall systems worldwide. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006, 214 p
- [27] SILVA, J. Mendes et al - Manual de Alvenaria de Tijolo. APICER, Coimbra, 2000
- [28] SILVA, J. Mendes – Alvenarias não estruturais. Patologias e estratégias de reabilitação. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. Editores: P.B. Lourenço e H. Sousa. Porto, 2002. pp.187-206
- [29] SILVA, J. Mendes; ABRANTES,V. Patologias em paredes de alvenaria: Causas e Soluções. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. P.B. Lourenço et al. (eds). Porto, 2007. pp.65-84
- [30] SOUSA, Hipólito – Alvenarias em Portugal. Situação atual e perspectivas futuras. Seminário sobre paredes de alvenaria. Porto, 2002. pp. 17-40
- [31] SOUSA, Hipólito - Melhoria do comportamento térmico e mecânico das alvenarias por atuação na geometria dos elementos. Aplicação a blocos de betão de argila expandida”, Tese de Doutoramento. Porto, FEUP, 1996
- [32] SOUSA, Hipólito – Construções em alvenaria – Referência histórica. Capítulo 1 dos apontamentos da disciplina de Física das Construções da licenciatura em Eng^a Civil da FEUP. FEUP, Porto, 2002

- [33] SOUSA, Hipólito – Situação Portuguesa – Das soluções tradicionais à atualidade. Capítulo 2 dos apontamentos da disciplina de Física das Construções da licenciatura em Eng^a Civil da FEUP. FEUP, Porto, 2002
- [34] SOUSA, Hipólito – Conceitos e terminologia relativos a construções em alvenaria. Capítulo 3 dos apontamentos da disciplina de Física das Construções da licenciatura em Eng^a Civil da FEUP. FEUP, Porto, 2002
- [35] SOUSA, Hipólito – Exigências de comportamento aplicáveis às alvenarias. Capítulo 4 dos apontamentos da disciplina de Física das Construções da licenciatura em Eng^a Civil da FEUP. FEUP, Porto, 2002
- [36] SOUSA, Hipólito – Exigências Materiais para alvenarias – Tecnologias de produção, exigências e características. Capítulos 5 e 6 dos apontamentos da disciplina de Física das Construções da licenciatura em Eng^a Civil da FEUP. FEUP, Porto, 2002
- [37] VICENTE, Romeu - Paredes de alvenaria. Apontamentos da disciplina de Tecnologias das Construções da licenciatura em Eng. Civil da U. Aveiro, Aveiro
- [38] VICENTE, Romeu - Resistência de paredes de alvenaria estrutural - Eurocódigo 6. Apontamentos da disciplina de Tecnologias das Construções da licenciatura em Eng. Civil da U. Aveiro, Aveiro, 2008

Referências normativas e regulamentares

- [N1] NP 80:1964 - Tijolos para alvenaria. Características e ensaios. IPQ Lisboa, 1964
- [N2] NP 835:1971 - Tijolos de barro vermelho para alvenarias. Formatos. IPQ, Lisboa 1964
- [N3] NP EN 771-1:2006 - Especificações para unidades de alvenaria. Parte 1: Tijolos cerâmicos, IPQ Lisboa, 2006
- [N4] NP EN 772-1:2002 - Métodos de ensaio para alvenaria. Parte 1: Determinação da resistência à compressão, IPQ Lisboa, 2002

[N5] NP EN 772-3:2000 - Métodos de ensaio para alvenaria. Parte 3: Determinação do volume líquido e a percentagem de furação em elementos cerâmicos para alvenaria por pesagem hidrostática, IPQ Lisboa, 2000

[N6] NP EN 772-5:2007 - Métodos de ensaio para alvenaria. Parte 5: Determinação do teor de sais solúveis ativos de tijolos cerâmicos para alvenaria, IPQ Lisboa, 2007

[N7] NP EN 772-7:2000 - Métodos de ensaio para alvenaria. Parte 7: Determinação da absorção de água em água fervente de elementos cerâmicos para alvenaria, IPQ Lisboa, 2000

[N8] NP EN 772-11:2002 - Métodos de ensaio de blocos para alvenaria. Parte 11: Determinação da absorção de água por capilaridade de blocos para alvenaria de betão de agregados, de betão "face á vista" e de pedra natural, e de taxa de absorção inicial inicial de água de blocos cerâmicos. IPQ Lisboa, 2002

[N9] NP EN 772-13:2002 - Métodos de ensaio de blocos para alvenaria. Parte 13: Determinação da massa volúmica real seca e da massa volúmica aparente seca de blocos para alvenaria. IPQ Lisboa, 2002

[N10] NP EN 772-16:2002 - Métodos de ensaio de blocos para alvenaria. Parte 16: Determinação das dimensões. IPQ Lisboa, 2002

[N11] NP EN 772-20:2002 - Métodos de ensaio de blocos para alvenaria. Parte 20: Determinação da planeza das faces e de blocos para alvenaria de betão de agregados, de betão "face á vista" e de pedra natural. IPQ Lisboa, 2002

[N12] EN 1052-3:2005 – Determinação da resistência inicial ao corte. IPQ Lisboa, 2005

[N13] NP EN 1745:2005 - Método para a determinação dos valores térmicos declarados e de projeto. IPQ Lisboa, 2005

[N14] NP EN 13501-1:2007 - Classificação ao fogo de produtos de construção – Parte 1: Classificação usando resultados de ensaios de reação ao fogo. IPQ Lisboa, 2007

[N15] EN 845-1:2013 - Especificações de acessórios para alvenarias. Parte 1: Ligadores, grampos de amarração, pendurais e cachorros de apoio, IPQ Lisboa, 2013

[N16] EN 845-2:2013 – Especificações de acessórios para alvenarias. Parte 2: Lintéis, IPQ Lisboa, 2013

[N17] NP EN 845-3:2014 – Especificação de acessórios para alvenaria. Parte 3: Armadura em malha de aço para as juntas horizontais, IPQ Lisboa, 2014

[N18] NP EN 998-2:2013 – Especificação de argamassas para alvenarias. Parte 2: Argamassas de assentamento, IPQ, 2013

[N19] Decreto-Lei nº 220/2008 – Regulamento de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (SCIE), Lisboa, 2008.

[N20] Decreto-Lei n.º 118/2013 – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), Lisboa, 2013

[N21] Decreto-Lei nº 9/2007 – Regulamento Geral sobre o Ruído (RGR), Lisboa, 2007

[N22] Decreto-Lei nº 96/2008 – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), Lisboa, 2008

Referências web

[W1] www.valegandara.com

[W2] http://antigo.apcmc.pt/legislacao/2013/regulamento_materiais_construcao_marcacao_ce.html

[W3] http://www.lnec.pt/fotos/editor2/QPE/mandato_116.pdf

[W4] http://killeshalprecast.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/KPC_56page_Catalogue