



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Revestimentos cerâmicos aderentes de paredes

RUI JORGE NÓBREGA BORGES

(Bacharel em Engenharia Civil)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na
Área de Especialização de Edificações

Orientador (es):

Mestre Paulo Alexandre Malta da Silveira (ISEL)

Júri:

Presidente: Mestre Manuel Brazão de Castro Farinha (ISEL)

Vogais: Mestre João Manuel Barrento da Costa (ISEL)

Doutor Filipe Manuel Vaz Pinto Vasques (ISEL)

Mestre Paulo Alexandre Malta da Silveira (ISEL)

Janeiro de 2013

Ao nascimento do meu filho DUARTE, atualmente com 9 meses, por ter sido o melhor acontecimento da minha vida.

Resumo

O objetivo geral desta dissertação consistiu num levantamento exaustivo do tipo e características de ladrilhos cerâmicos, utilizados no revestimento de paredes, existentes no nosso mercado. Os ladrilhos cerâmicos continuam a ser o revestimento mais utilizado na construção de edifícios em Portugal, visto que, há grande tradição na utilização de ladrilhos colados como revestimento de fachadas, e cada vez mais como revestimento de pavimentos, sistemas que tem uma elevada durabilidade quando corretamente concebidos e aplicados.

Nesse sentido, e para melhor conhecer o seu comportamento faz-se uma caracterização dos revestimentos cerâmicos em fachadas de edifícios, descreve-se em seguida o conteúdo do projeto de revestimentos cerâmicos aderentes, as suas especificações e as condições técnicas exigíveis na sua aplicação.

Os sistemas de revestimento cerâmico aderentes ao suporte são compostos basicamente pelos ladrilhos cerâmicos, pelo produto de colagem e pelo produto de preenchimento das juntas entre ladrilhos. Estes materiais estão sujeitos a variações de temperatura e humidade, à radiação solar e à chuva, especialmente quando aplicados em fachadas. A resposta dos materiais a esses agentes de degradação é denunciada pelo decréscimo do desempenho de algumas das suas características fundamentais.

Para complementar esta dissertação foram realizados, em laboratório, ensaios de absorção de água de várias amostras de ladrilhos comercializados em Portugal.

Palavras-chave: cerâmicos, revestimentos, paredes, exigências de comportamento.

Abstract

The general aim of this dissertation consists in an exhaustive survey of the type and characteristics of ceramic tiles, used in the coating of walls that exist in our market. The ceramic tiles are still the most coating used in the construction of buildings in Portugal, since there is a great tradition in the use of tiles bonded as cladding, and increasingly as floor coverings, systems that have a high durability when properly designed and implemented.

In this sense, and to better understand their behavior we hereby make a characterization of ceramic tiles in facades of buildings, describe the content of the project for the application of adherent ceramic tiles, their specifications and the technical conditions required on application.

The systems of ceramic coating adherent to support are basically made by ceramic tiles, by bonding product and the product that fills the joints between tiles. These materials are subject to variations in temperature and humidity, solar radiation and rain, especially when applied in facades. The response of materials to these agents in deterioration is supported by the decrease of the performance of some of its fundamental characteristics.

To complement this thesis, water absorption tests of several samples of tiles, sold in Portugal, were carried out in the laboratory.

Keywords: ceramic coatings, ceramic tiles, walls, behavior requirements.

Agradecimentos

Em primeiro lugar ao meu orientador, Eng.º Paulo Malta da Silveira, pela sua orientação, ensinamentos e conselhos dados para a elaboração da dissertação.

À minha companheira Alexandra Silva, pela paciência, ajuda e carinho demonstrados na elaboração desta dissertação.

Ao Sr. António Fernandes, técnico do laboratório de materiais de construção do ISEL.

À Eng.ª Raquel Milho, técnica superior do laboratório de materiais de construção do ISEL.

Aos representantes e fabricantes das marcas que produzem os ladrilhos cerâmicos, sem o qual não era possível realizar a parte experimental:

- Sr. João Pedro Alves da “Cinca”
- Sr.ª Natacha Cunha da “Recer”.
- Sr.ª Susana Guedes da “Margrés”.
- Sr.ª Sónia Durães da “Love”.
- Sr.ª Patrícia Lima da “Revigrés”.
- “Domino”
- “Assicomate”
- “Expogrés”

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento do tema	1
1.2	Âmbito do estudo	1
1.3	Objetivos do estudo	1
1.4	Abordagem metodológica	2
1.5	Estrutura do trabalho	2
2	Revestimentos cerâmicos aderentes de paredes (RCA)	3
2.1	Revestimentos cerâmicos.....	3
2.1.1	Breve introdução histórica	6
2.1.2	Ladrilhos cerâmicos.....	8
2.1.3	Suporte do revestimento cerâmico aderente	30
2.1.4	Material de assentamento de ladrilhos cerâmicos	33
2.1.5	Juntas em revestimentos cerâmicos de paredes	44
2.1.6	Principais exigências funcionais dos revestimentos cerâmicos aderentes.....	55
2.2	Aplicação de revestimentos cerâmicos aderentes	57
2.2.1	Preparação do suporte	57
2.2.2	Aplicação do material de assentamento.....	58
2.2.3	Assentamento dos ladrilhos	64
2.2.4	Preenchimento das juntas entre ladrilhos	65
2.2.5	Limpeza final.....	66
2.3	Patologias dos RCA.....	67
2.3.1	Caraterização das patologias	67
2.3.2	Identificação de algumas patologias	67
2.3.3	Origem da patologia	70
3	Determinação experimental da absorção de água dos revestimentos cerâmicos.....	73
3.1	Introdução	73
3.2	NP EN ISO 10545-3 – Determinação da absorção de água	73
3.2.1	Objetivo e campo de aplicação	73
3.2.2	Princípio.....	74
3.2.3	Aparelhos e utensílios	74
3.2.4	Procedimento.....	77
3.3	Cálculos e resultados experimentais da determinação da absorção de água	78
3.3.1	Cálculo da absorção de água.....	78
3.3.2	Resultados.....	80

4 Conclusões e trabalhos futuros 85

4.1 Conclusões 85

4.2 Trabalhos futuros 86

Bibliografia..... 87

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

Índice de quadros

Quadro 2.1 Classificação dos ladrilhos segundo a norma NP EN 14411:2008 [8].	9
Quadro 2.2 Classificação dos ladrilhos segundo a norma NP EN 14411:2008 [8] com alguns exemplos.	10
Quadro 2.3 Ensaio finais de controlo de produção de ladrilhos cerâmicos, adaptado de [15].	19
Quadro 2.4 Normas de ensaio de ladrilhos cerâmicos da série da NP EN ISO 10545.	20
Quadro 2.5 Dados da construção - taxa de crescimento real (%) [14].	22
Quadro 2.6 Evolução das importações e exportações nos últimos anos em Portugal [14].	22
Quadro 2.7 Conformidade dos ladrilhos incluídos na amostra com as normas de ensaio da série NP EN ISO 10545.	27
Quadro 2.8 Características específicas dos ladrilhos a ter em consideração para cada tipo de aplicação, adaptado de [15].	28
Quadro 2.9 Tipos de aplicação consoante a respetiva norma [34].	29
Quadro 2.10 Classificação dos suportes de revestimento cerâmico em paredes, em função dos materiais constituintes, adaptado de [5].	30
Quadro 2.11 Classificação das paredes em função do tipo e movimentos esperados [15].	33
Quadro 2.12 Classificação do suporte em função do desvio de planeza [39].	33
Quadro 2.13 Composição dos vários tipos de adesivos para ladrilhos cerâmicos, adaptado de [15].	35
Quadro 2.14 Classes dos adesivos para ladrilhos segundo a norma NP EN 12004:2008 (Ed 2) [6].	36
Quadro 2.15 Enquadramento normativo dos cimentos-cola.	37
Quadro 2.16 Classes de cimentos-cola recomendadas para aplicações em fachadas [15].	38
Quadro 2.17 Conformidade dos adesivos na amostra com a normalização em vigor [6].	42
Quadro 2.18 Terminologia utilizada para juntas de movimentação em revestimentos	48
Quadro 2.19 Larguras aconselhadas para as juntas de movimento de RCA de pavimento e de parede (s = superfície do ladrilho) [47].	49
Quadro 2.20 Caracterização dos vários tipos de material de preenchimento de juntas em RCA [15].	50
Quadro 2.21 Caracterização dos vários tipos de material de preenchimento de juntas de acordo com a norma EN 13888:2009 (Ed. 2) [62].	51
Quadro 2.22 Conformidade do material de preenchimento de juntas na amostra com a normalização em vigor [62].	53
Quadro 2.23 Função de cada um dos constituintes do material de preenchimento de juntas [77].	55
Quadro 2.24 Resumo das principais exigências funcionais dos revestimentos cerâmicos.	56
Quadro 2.25 Técnicas de assentamento de ladrilhos cerâmicos com argamassas tradicionais em paredes, (adaptado de [15]).	60

Quadro 2.26 Técnicas de assentamento de ladrilhos cerâmicos com argamassas tradicionais em paredes, adaptado de [15].	62
Quadro 2.27 Alturas mínimas dos dentes da talocha a utilizar no assentamento de ladrilhos de grande formato [80].	63
Quadro 2.28 Aplicação, vantagens e cuidados na aplicação dos vários tipos de adesivos para ladrilhos cerâmicos, adaptado de [15].	63
Quadro 2.29 Fatores necessários e suficientes que provocam o fenômeno de eflorescência, .	69
Quadro 2.30 Resumo das principais causas da patologia dos RCA [87].	71
Quadro 2.31 (Continuação) Resumo das principais causas das patologias dos RCA [87].	72

Índice de figuras

Figura 2.1 Revestimento cerâmico aderente tradicional, adaptado de [1].	3
Figura 2.2 Revestimento cerâmico aderente colado, adaptado de [1].	4
Figura 2.3 Revestimento cerâmico dessolidarizados, adaptado de [1].	4
Figura 2.4 Revestimento cerâmico independente, adaptado de [1].	4
Figura 2.5 Esquema de um revestimento cerâmico aderente [2].	5
Figura 2.6 Vaso campaniforme marítimo “La Sima” [11].	7
Figura 2.7 Fluxograma do processo de fabrico por prensagem, adaptado de [15].	15
Figura 2.8 Fluxograma do processo de fabrico por extrusão, adaptado de [15].	16
Figura 2.9 Fluxograma do processo de fabrico por extrusão, adaptado de [15].	17
Figura 2.10 Evolução da produção na construção civil e obras públicas em Portugal [14].	21
Figura 2.11 Mercados de destino das exportações portuguesas de pavimentos e revestimentos de paredes – 2009, adaptado de [14].	23
Figura 2.12 Mercados de origem das importações portuguesas de pavimentos e revestimentos – 2009, adaptado de [14].	24
Figura 2.13 Distribuição da produção mundial de pavimentos e revestimentos de paredes – 2009, adaptado de [14].	25
Figura 2.14 Distribuição das 21 tipologias de ladrilhos analisados pelos vários subgrupos da norma e quantificação do número de empresas que os comercializam.	26
Figura 2.15 Esquemas representativos da aplicação de RCA de pavimentos/paredes em camada espessa e em camada fina [15].	34
Figura 2.16 Número de toneladas de cimentos-cola vendidos em Portugal [48].	39
Figura 2.17 Distribuição das 27 tipologias de adesivos de assentamento analisados pelas várias classes normalizadas e quantificação do número de empresas que os comercializam..	40
Figura 2.18 Esquema representativo de uma junta estrutural simples num revestimento de parede, adaptado de [15].	46
Figura 2.19 Esquema representativo de uma junta periférica num pavimento, adaptado de [15].	46
Figura 2.20 Esquema representativo de uma junta intermédia num revestimento de parede, adaptado de [15].	47
Figura 2.21 Distribuição das 4 tipologias de materiais para o preenchimento de juntas pelas várias classes normalizadas e quantificação do número de empresas que as comercializam.	52
Figura 2.22 Mistura mecânica do material de assentamento [78].	58
Figura 2.23 Espalhamento e sarrafagem da argamassa para nivelamento do pavimento [79].	59
Figura 2.24 Espalhamento do adesivo no suporte com o lado liso e denteado da talocha [78].	61
Figura 2.25 Utilização de um maço de borracha para garantir o abatimento dos cordões de cimento-cola [78].	64
Figura 2.26 Exemplo de cruzetas de PVC aplicadas em pavimento.	65

Figura 2.27 Preenchimento das juntas com espátula de borracha [78].	66
Figura 2.28 Limpeza dos ladrilhos com esponja [78].	66
Figura 2.29 Descolamento num edifício de habitação [2].	68
Figura 2.30 Eflorescências na fachada de um edifício [2].	68
Figura 2.31 Fenda na fachada de um edifício de habitação [2].	70
Figura 3.1 Estufa do laboratório de materiais do ISEL.	74
Figura 3.2 Interior do aparelho de aquecimento.	75
Figura 3.3 Exterior do Aparelho de aquecimento.	75
Figura 3.4 Balança com precisão de 0,01% da massa do provete.	75
Figura 3.5 Motor elétrico para retirar o ar do exsiccador.	76
Figura 3.6 Exsiccador ou dessecador.	76
Figura 3.7 Pele de camurça.	76

1 Introdução

1.1 Enquadramento do tema

O avanço da tecnologia das estruturas de betão armado e de aço e o conseqüente aumento dos vãos entre pilares e do número de pisos, assim como, da rapidez de execução dos edifícios, torna indispensável um grande cuidado na prescrição e execução do revestimento das paredes. Pretende-se na presente dissertação estudar a compatibilidade dos elementos constituintes dos sistemas de revestimentos cerâmicos aderentes, como sejam a estrutura, alvenaria e os revestimentos.

Existem vários autores de referência que trabalharam sobre esta temática nomeadamente José Lucas, Miguel Abreu, Manuel Pereira e a mais importante entidade, a Associação Portuguesa de Industrias de Cerâmica, com a publicação do seu “Manual de aplicação de revestimentos cerâmicos” tendo uma fundamental colaboração do Prof. Doutor Vasco de Freitas da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e também da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra que, na pessoa do Prof. Doutor Raimundo Mendes da Silva, deu um contributo valioso ao mesmo.

1.2 Âmbito do estudo

No âmbito desta dissertação apenas foram abordados os revestimentos cerâmicos aderentes de paredes, uma vez que os revestimentos independentes do suporte e revestimentos dessolidarizados são pouco utilizados em Portugal.

1.3 Objetivos do estudo

O objetivo deste estudo consistiu num levantamento exaustivo do tipo e características de materiais cerâmicos utilizados no revestimento de paredes, existentes no nosso mercado.

1.4 Abordagem metodológica

O presente projeto iniciou-se por uma recolha bibliográfica de informação sobre os diferentes tipos de materiais existentes, através do contacto com fabricantes e revendedores.

Foram também realizados alguns ensaios comparativos, no laboratório de materiais de construção do ISEL, entre materiais da mesma natureza.

1.5 Estrutura do trabalho

A estrutura deste trabalho está dividida em quatro capítulos constituindo o primeiro uma introdução ao tema e trabalho realizado.

No capítulo dois, através de revisão bibliográfica adequada, sistematiza-se o campo de soluções e aplicações dos revestimentos cerâmicos.

No capítulo três descreve-se a determinação experimental de algumas características mecânicas de alguns provetes seleccionados, bem como os respetivos resultados.

O capítulo quatro é referente às conclusões e trabalhos futuros.

2 Revestimentos cerâmicos aderentes de paredes (RCA)

2.1 Revestimentos cerâmicos

Um revestimento cerâmico, em rigor, constitui na realidade um sistema de revestimento, constituído pelos ladrilhos cerâmicos, pelo produto de assentamento ou pela estrutura de fixação ao suporte, e pelo produto de preenchimento das juntas entre ladrilhos. Por facilidade de expressão manter-se-á no entanto a designação de revestimento em vez de sistema. A designação de revestimento cerâmico não será, contudo, nunca assimilada a apenas ladrilhos cerâmicos [1].

Os revestimentos cerâmicos, segundo [1], podem assumir essencialmente uma das seguintes formas:

- Revestimentos aderentes tradicionais, em que os ladrilhos são assentes diretamente nos suportes com argamassas espessas tradicionais (fig. 2.1);
- Revestimentos aderentes colados, em que os ladrilhos são colados diretamente nos suportes com argamassas-colas delgadas (não-tradicionais), obtidas a partir de produtos preparados e pré-doseados em fábrica (fig. 2.2);
- Revestimentos dessolidarizados, ou seja revestimentos que ficam desligados do suporte pela interposição duma membrana ou camada de dessolidarização (fig. 2.3);
- Revestimentos independentes do suporte, em que os ladrilhos são fixados mecanicamente ao suporte por intermédio duma estrutura de madeira ou metálica que, portanto, torna o revestimento independente do suporte (fig. 2.4).

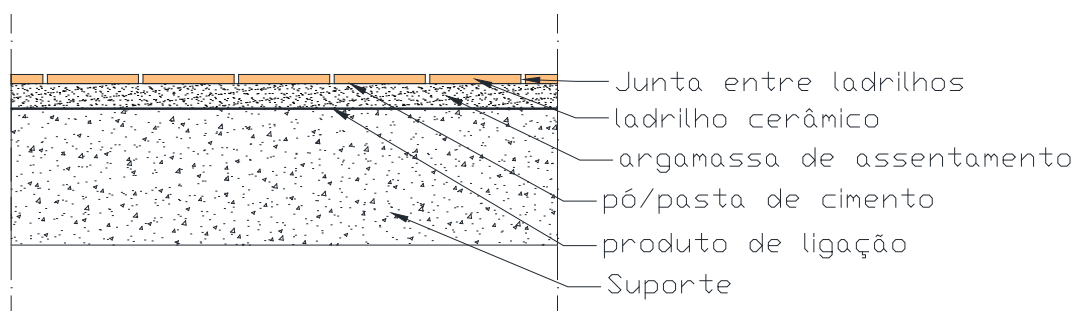


Figura 2.1 Revestimento cerâmico aderente tradicional, adaptado de [1].

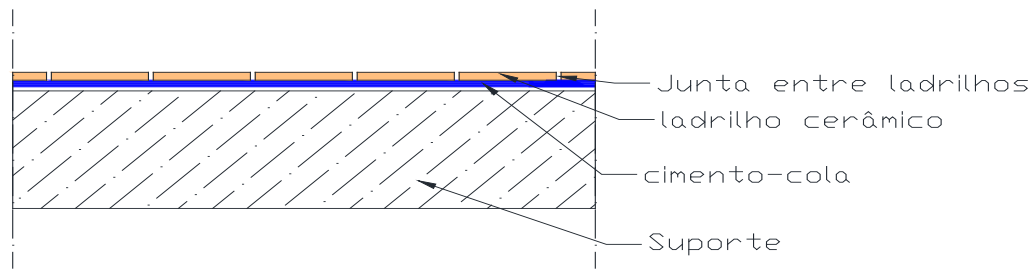


Figura 2.2 Revestimento cerâmico aderente colado, adaptado de [1].

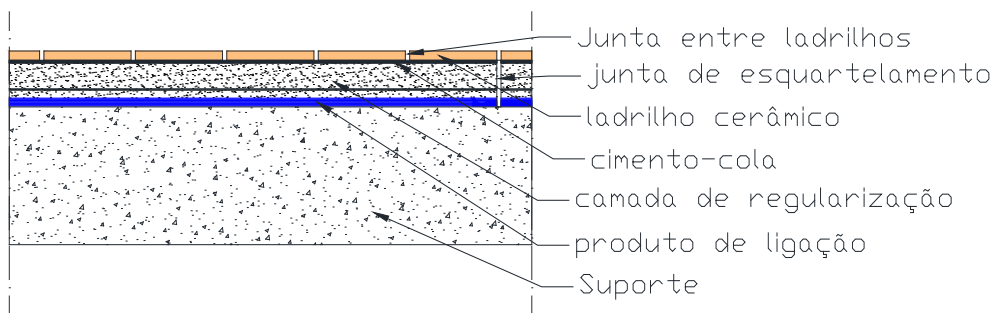


Figura 2.3 Revestimento cerâmico dessolidarizados, adaptado de [1].

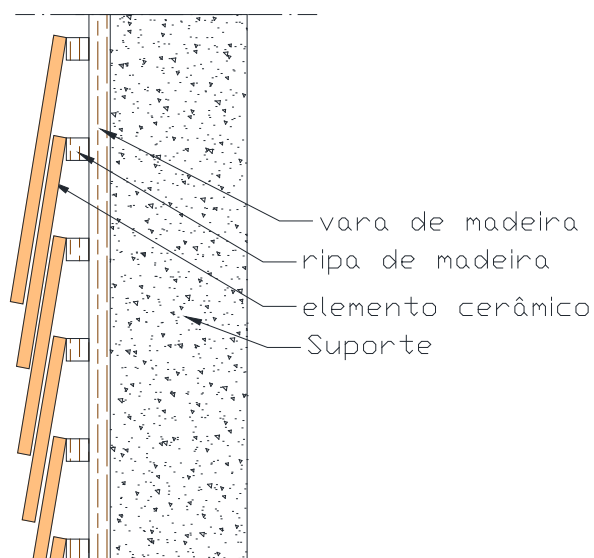


Figura 2.4 Revestimento cerâmico independente, adaptado de [1].

Os dois primeiros tipos de revestimentos são utilizáveis em paredes ou pavimentos; o terceiro apenas em pavimentos; o último apenas em paredes.

Tal como se referiu anteriormente, no âmbito deste estudo apenas vão ser abordados os revestimentos cerâmicos aderentes de paredes (tradicionais e colados).

Um sistema de revestimento cerâmico aderente, de um modo geral, é constituído pelas seguintes camadas apresentadas na figura 2.5:

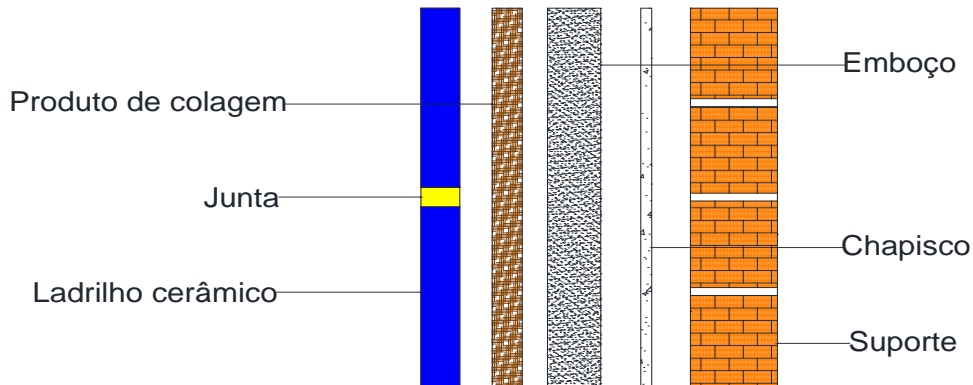


Figura 2.5 Esquema de um revestimento cerâmico aderente [2].

- Suporte – é o componente base de sustentação do revestimento cerâmico, habitualmente formado por elementos de alvenaria/estrutura [3].
- Chapisco/Crespido – é a camada de revestimento aplicada diretamente sobre a base, com a finalidade de assegurar a aderência do revestimento ao suporte e de reduzir ou igualar a tendência do suporte para absorver água da camada subsequente. É, normalmente, constituída por uma argamassa fortemente doseada em cimento e areia húmida com traço volumétrico entre 1:3 e 1:2, podendo conter ou não adesivos [4, 5].
- Emboço - é a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície de suporte e chapisco, com a função de definir o plano vertical, contribuir para a impermeabilização do conjunto e dar sustentação à camada seguinte, o revestimento propriamente dito. É uma argamassa que pode ter o traço em volumes aparentes entre as razões de 1:1/2:5 a 1:2:8 de cimento, cal hidratada e areia média húmida [5].

- Produto de colagem
 - Argamassa tradicional - argamassa de cimento e/ou cal, preparada em obra apresentando dosagem variável de ligante/agregado fino.
 - Cimento-cola - mistura de ligantes hidráulicos, agregados e aditivos orgânicos, que é preparada com água ou com o líquido de adição imediatamente antes da sua utilização [6].
- Junta – entre os azulejos ou ladrilhos são definidas juntas que irão ser posteriormente preenchidas com argamassa de cimento ou outros produtos de substituição, e cuja largura depende dos elementos cerâmicos e da situação do paramento revestido. [7].
- Ladrilho cerâmico - é o revestimento em si. São placas de material composto de argila e outras matérias-primas inorgânicas que são conformadas por extrusão por prensagem, ou por outros processos [8].

Nos capítulos seguintes, descreve-se com mais detalhe as principais características destes componentes.

2.1.1 Breve introdução histórica

A palavra cerâmica deriva do termo grego *keramiké*, que designa o trabalho de execução de louça de barro, utilizando a argila [9]. A cerâmica é o conjunto de atividades destinadas à elaboração de toda a espécie de objetos, com barros de qualquer classe, decorados ou não, utilizando-se a propriedade que possui a argila de se moldar facilmente no estado de barro cru (húmido), adquirindo dureza à medida que avança a sua secagem ou por efeito da cozedura. Foi durante o Neolítico, fase do desenvolvimento técnico das sociedades humanas, correspondente ao seu acesso a uma economia produtiva, que a cerâmica foi inventada. Este período, caracterizado pelo desenvolvimento de novas técnicas tem no entanto como fator de primordial importância o estabelecimento de novas relações entre o homem e o meio natural, decorrentes da descoberta de meios de controlar e desenvolver os recursos para a sua sedentarização [10].

Na China encontram-se vestígios de objetos de cerâmica datados de 200 a. C., correspondendo ao período Han. Pelo menos desde o século IX, em plena Dinastia Tang, esta civilização utiliza a porcelana com grande refinamento que exportam para a Índia, para

o Egito, para a Mesopotâmia e para o Japão. Durante a Dinastia Ming a porcelana branca pintada de azul conheceu uma grande divulgação. No século XVI estes objetos foram importados em grande escala para a Europa pelos navegadores portugueses e holandeses. A civilização egípcia, gozando de grande estabilidade e longevidade política e cultural, desenvolveu bastante as formas de expressão artística ligadas à manufatura de cerâmica, empregando já técnicas como o vidrado e o esmalte. Mais tarde, os gregos associaram a pintura à louça de barro, cujo apogeu data do período clássico (século V e IV a. C.) em que os vasos se tornam suporte para pinturas de caráter mitológico, realizadas a dourado ou vermelho sobre fundos negros vidrados. Estes vasos foram exportados para toda a região mediterrânea [9].

Em Portugal, a louça importada da China teve grande presença desde o século XVI, substituindo a cerâmica mudéjar de influência espanhola. Em meados do século XVIII, por iniciativa do Marquês de Pombal, a indústria cerâmica e de porcelana conheceu um grande incremento. Tornam-se particularmente notáveis os trabalhos saídos das fábricas da Vista Alegre e do Rato (Lisboa) ou a louça das Caldas [9].

O aparecimento de um tipo específico de cerâmica, no 3º milénio a.C., mais precisamente no Calcolítico ou Idade do Cobre situada no vale do Tejo, com os seus principais focos no povoado fortificado de Castro do Zambujal e Ponta de Palmela e que posteriormente se espalhou por toda a Europa: a cerâmica campaniforme (figura 2.6), que consiste em recipientes que possuem perfil em “S”, uniformemente arqueado, cujo fundo é um prolongamento da parede e pode ser mais ou menos plano ou onfálico (concavidade na superfície externa). A altura é uma vez e meia ou duas vezes superior à sua largura. Encontram-se decorados com bandas horizontais, preenchidas com padrões constituídos por linhas oblíquas ponteadas, feitos com instrumentos denteados, que se alternam segundo duas direções divergentes, enquadrados por pequenas e ténues linhas impressas. As bandas repetem-se ao longo de toda a superfície, encontrando-se impressas simetricamente, separadas por bandas lisas, polidas e sem qualquer decoração [11].



Figura 2.6 Vaso campaniforme marítimo “La Sima” [11].

Houve também entre nós uma cerâmica típica (cerâmica ibérica), surgida a partir da chegada dos romanos, desenvolvida mais tarde pelos árabes e com grande influência para o futuro desenvolvimento da nossa olaria. Vários tipos regionais de cerâmica surgidos durante a idade média, acabaram mesmo por perdurar até ao presente.

2.1.2 Ladrilhos cerâmicos

Os ladrilhos cerâmicos são placas finas de argila e outras matérias-primas inorgânicas e são em geral utilizados como revestimentos para pavimentos e paredes. São usualmente conformados por extrusão ou prensagem a seco à temperatura ambiente, sendo em seguida secos e cozidos a temperaturas suficientes para o desenvolvimento das propriedades requeridas. Os ladrilhos podem ainda ser conformados por outros processos. Podem ser vidrados (GL) ou não vidrados (UGL), sendo incombustíveis e insensíveis à luz [8].

A utilização de ladrilhos cerâmicos possibilita algumas vantagens quando usados como material de acabamento:

- Facilidade de limpar, reduzindo o custo de manutenção, por dispensar procedimentos elaborados e dispendiosos;
- Não inflamável: não propaga fogo, como outros materiais de acabamento (carpetes e madeira, por exemplo). Trata-se, portanto, de um material que oferece segurança;
- Durabilidade: a sua composição química estável permite um longo tempo de uso, sem que suas características técnicas ou estéticas se alterem;
- Possui elevada impermeabilidade;
- O custo final do sistema de revestimento cerâmico pode ser compatível com os benefícios;
- Beleza estética: a cerâmica evoluiu muito nos últimos anos, no campo do *design*, desenvolvendo novos produtos, cada vez mais adequados ao gosto dos consumidores;
- Versatilidade: a evolução da tecnologia produtiva e o avanço do *design* permitiram a criação de coleções voltadas para aplicações específicas ou artísticas.

2.1.2.1 Classificação dos ladrilhos cerâmicos

De acordo com a norma NP EN 14411:2008 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos – Definições, classificação, características e marcação [8], os ladrilhos cerâmicos são classificados consoante o processo de fabrico (A - Extrudido; B - Prensado a seco e C- Outros processos) e o respetivo nível de absorção de água (E, percentagem em massa de água absorvida, medida segundo a norma NP EN ISO 10545 – 3 [12]).

Apresenta-se no quadro 2.1 um resumo da classificação referida e seus anexos e no quadro 2.2 alguns exemplos inseridos no respetivo grupo.

Quadro 2.1 Classificação dos ladrilhos segundo a norma NP EN 14411:2008 [8].

A (Extrudido)	Grupo AI		Grupo Alla	Grupo Allb	Grupo Alll
		E ≤ 3%		3% < E ≤ 6%	6% < E ≤ 10%
Anexo A			Alla-1 Anexo B	Allb-1 Anexo D	Anexo F
			Alla-2 Anexo C	Allb-2 Anexo E	
B (Prensado)	Grupo BIa	Grupo BIb	Grupo BIIa	Grupo BIIb	Grupo BIII ¹
	E ≤ 0,5%	0,5% < E ≤ 3%	3% < E ≤ 6%	6% < E ≤ 10%	E > 10%
	Anexo G	Anexo H	Anexo J	Anexo K	Anexo L
C (Outros processos)	Grupo CI		Grupo CIIa	Grupo CIIb	Grupo CIII
	E ≤ 3%		3% < E ≤ 6%	6% < E ≤ 10%	E > 10%

¹ O Grupo BIII engloba apenas ladrilhos vidrados. Os ladrilhos não vidrados produzidos por prensagem a seco e que apresentem absorção de água superior a 10% não pertencem a este grupo.

Quadro 2.2 Classificação dos ladrilhos segundo a norma NP EN 14411:2008 [8] com alguns exemplos.

A (Extrudido)	Grupo AI		Grupo AIIa	Grupo AIIb	Grupo AIII
	E ≤ 3%		3% < E ≤ 6%	6% < E ≤ 10%	E > 10%
	Grés extrudido		Grés extrudido Klinker Tijoleira rústica	Tijoleira rústica Terracota	Tijoleira rústica
B (Prensado)	Grupo BIa	Grupo BIb	Grupo BIIa	Grupo BIIb	Grupo BIII
	E ≤ 0,5%	0,5% < E ≤ 3%	3% < E ≤ 6%	6% < E ≤ 10%	E > 10%
	Pav. em grés Klinker Porcelânico	Pav. em grés Klinker Pav. de bicozedura	Pav. de monocozedura	Rev. de monocozedura	Azulejo (Faiança)
C (Outros processos)	Grupo CI		Grupo CIIa	Grupo CIIb	Grupo CIII
	E ≤ 3%		3% < E ≤ 6%	6% < E ≤ 10%	E > 10%
	-		Pav. rústico	Pav. rústico	Azulejo Pav. rústico

2.1.2.2 Descrição e características gerais

- Azulejos ou ladrilhos porosos.

Os azulejos ou ladrilhos porosos são constituídos por uma base, biscoito ou chacota, de material cerâmico poroso, coberta superficialmente por um vidrado ou esmalte. A sua base cerâmica pode ser branca, levemente corada ou mesmo da cor habitual do barro vermelho. São utilizados em revestimentos de paredes dada a sua elevada porosidade. São caracterizados por serem produzidos com muito boa regularidade dimensional, o que é importante para o seu domínio de utilização, em paramentos interiores de paredes, que requer elevadas potencialidades de desempenho estético. A sua estrutura porosa pode,

contudo, propiciar riscos de fissuração ou de elevada expansão com a humidade, se a seleção das matérias-primas e do processo de fabrico não for devidamente cuidada, de modo a contrariar essa tendência. Inserem-se no grupo III da respetiva norma, a que corresponde absorção de água superior a 10%, sendo frequente que esta atinja valores da ordem dos 15% a 20% [13].

Os esmaltes ou vidrados são misturas de matérias-primas naturais (quartzo, areia do mar, quartzito, caulino, lepidolite, espodumena, ambligonite, feldspato, calcite, fluorite, talco, dolomite e zirconite) e produtos químicos (bórax, ácido bórico, carbonato de sódio, nitrato de sódio, carbonato de potássio, nitrato de potássio, óxidos de chumbo, carbonato de cálcio, carbonato de bário, carbonato de magnésio, carbonato de lítio, carbonato de estrôncio e óxido de zinco), ou compostos vítreos que aplicados à superfície do corpo cerâmico e após queima, formam uma camada vítrea, delgada e contínua. Esta por sua vez, tem como finalidade aprimorar a estética, tornar o produto impermeável, melhorar a resistência mecânica e as propriedades elétricas.

A preparação do esmalte consiste basicamente das seguintes etapas:

- Dosagem das matérias-primas;
- Moagem e homogeneização a húmido em moinho de bolas;
- Armazenamento em tanques com agitação.

Os esmaltes podem ser aplicados no corpo cerâmico de diferentes maneiras e que dependem da forma, do tamanho, da quantidade e da estrutura das peças, incluindo também os efeitos que se deseja obter na superfície esmaltada. Entre eles podemos citar: imersão, pulverização, campânula, cortina, disco, gotejamento e aplicação em campo eletrostático. Para conferir coloração aos esmaltes, são adicionados materiais denominados corantes.

- Ladrilhos de barro vermelho ou ladrilhos rústicos.

Os ladrilhos reconhecidos tradicionalmente como de barro vermelho ou rústicos são constituídos por uma base de barro vermelho, de média porosidade e não vitrificada ou apenas incipientemente vitrificada. Normalmente não são vidrados e são preferencialmente utilizados em revestimentos de pavimentos. Inserem-se, em geral, no grupo Allb da respetiva norma com absorção de 6% a 10% [13].

- Ladrilhos de grés ou ladrilhos de semigrés.

Os ladrilhos de grés ou de semigrés são constituídos por bases cerâmicas de baixa porosidade, com cor entre o branco corado e cor natural do barro. Os graus de compacidade e de vitrificação das bases cerâmicas crescem do semigrés (grés semi vitrificado) para o grés (grés vitrificado).

O seu domínio de utilização preferencial desloca-se dos revestimentos de paredes para os revestimentos de pavimentos à medida que a porosidade diminui.

Os ladrilhos de elevado grau de gresificação (vitrificação) são caracterizados por possuírem altas resistências à flexão, ao desgaste à ação do gelo, e baixa absorção de água.

É contudo difícil garantir a obtenção de produções com boa regularidade dimensional, pelo que são de primordial importância a seleção e o controle das matérias-primas e do processo de fabrico. É portanto imprescindível que para cada obra, e tendo em conta a largura prevista para as juntas, sejam estabelecidos os desvios individuais admissíveis (em relação à média dos lotes fornecidos para a obra) e que seja feita a sua verificação através de ensaios de receção (referido em capítulo próprio). Esta verificação complementar a prevista na normalização internacional, que consiste na determinação dos desvios em relação à dimensão de fabrico.

Os ladrilhos de grés e de semigrés inserem-se em grupos diferentes:

- Ladrilhos de grés: Grupo I, a que corresponde uma absorção de água <3%.
- Ladrilhos de semigrés: Grupo II, a que corresponde a absorção de água entre 3% e 6%.

No entanto, a nível da produção corrente, a absorção (E) dos ladrilhos de grés situa-se apenas no intervalo $1\% < E < 3\%$, algo superior a um outro tipo de grés (porcelânico) que será descrito imediatamente a seguir.

Um tipo particular de ladrilho de grés é o muito vitrificado, cuja absorção de água é menor ou igual a 1,5% [13].

- Ladrilhos de grés porcelânico.

Os ladrilhos de grés porcelânico são constituídos por uma base cerâmica de muito baixa porosidade, completamente vitrificada.

Podem apresentar cor uniforme, raiada (marmoreado), ou ser decorados através de incorporação de grânulos de diversas cores, resultando neste caso aspeto granitado ou granulado.

Para sublinhar as suas características estéticas, podem ser polidos. A operação de polimento reduz, contudo, os desempenhos técnicos à superfície dos ladrilhos, nomeadamente a resistência à riscagem e a resistência ao enodoamento [13].

O domínio de utilização preferencial dos ladrilhos de grés porcelânico é o dos revestimentos de pavimentos.

Possuem muito baixa absorção de água e elevadas resistências à flexão, ao desgaste, à formação de nódoas e à ação do gelo. A sua elevada vitrificação conduz a uma significativa fragilidade perante ações de choque mecânico. Exigem seleção adequada das matérias-primas e um acompanhamento e controlo cuidados do processo de fabrico. Só assim, da necessária redução da porosidade não resultará exagerada contração, com a consequente irregularidade dimensional das peças. Tal como no caso dos ladrilhos de grés, a sua utilização em obra exige um rigoroso controlo dimensional.

Os ladrilhos de grés porcelânico inserem-se no grupo Bla da respetiva norma, a que corresponde absorção de água (E) sempre não superior a 0,5%, sendo inclusivamente comum que se situe abaixo dos 0,2% (ensaios realizados e descritos no capítulo 3) [13].

2.1.2.3 Matérias-primas, processos de fabrico e controlo de produção

- Matérias-primas

A cerâmica pode ser definida como um material inorgânico, não metálico, obtido geralmente após tratamento térmico a temperaturas elevadas. Os materiais cerâmicos são fabricados a partir de matérias-primas classificadas em naturais e sintéticas. As naturais mais utilizadas industrialmente são: argila, caulino, quartzo, feldspato, filito, talco, calcite, dolomite, magnesite, cromite, bauxite, grafite e zirconite. As sintéticas, incluem entre outras alumina (óxido de alumínio) sob diferentes formas (calcinação, eletrofundida) e carbonato de silício [14].

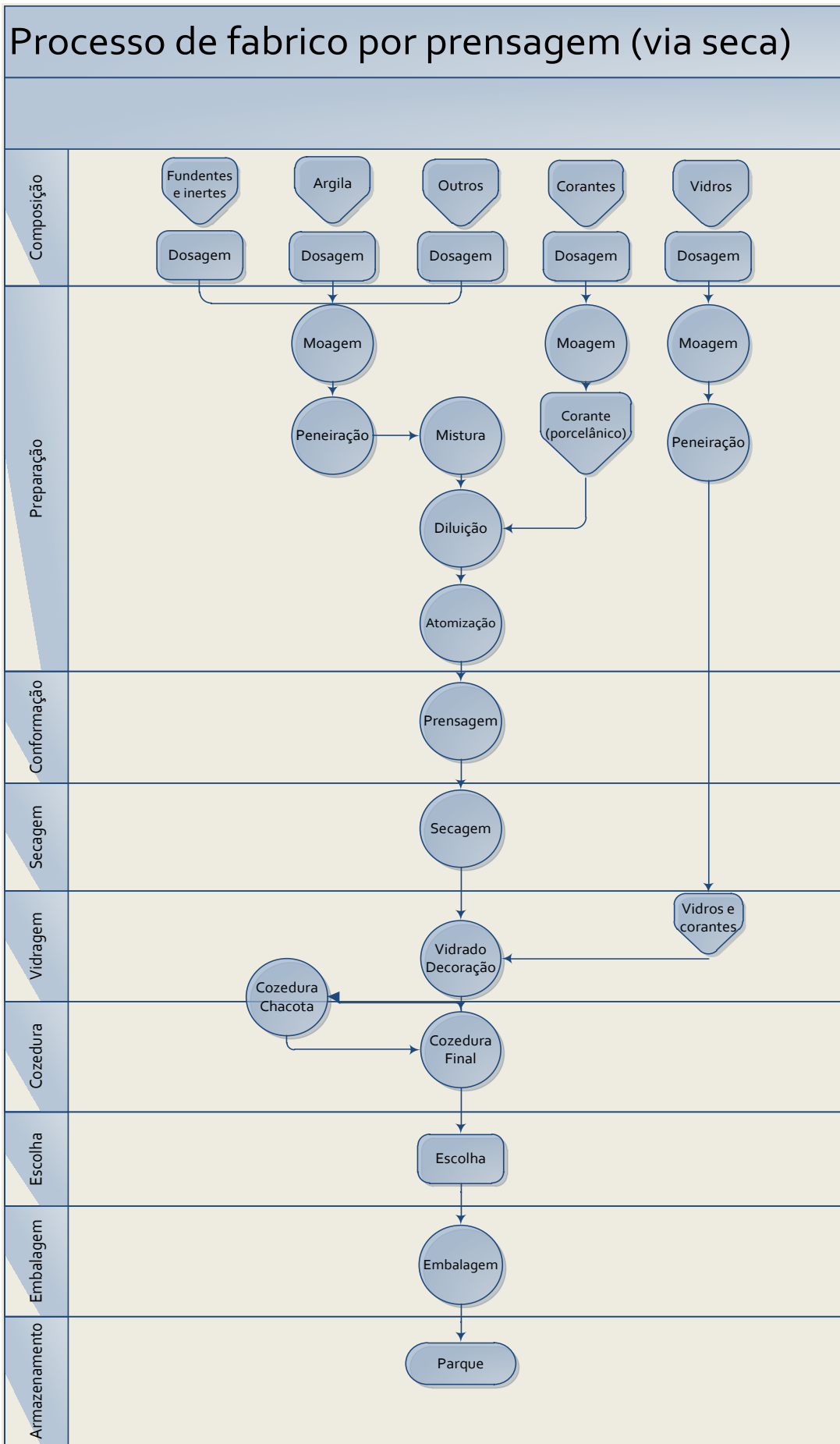
Os ladrilhos cerâmicos são fabricados tendo como base uma mistura de materiais argilosos, como as argilas comuns, o caulino e fundentes, que são materiais com elevado teor de alcalis, a areia e o feldspato, cuja principal função é a redução da porosidade e da

temperatura de cozedura. Os ladrilhos poderão ter vários tipos de acabamento: o natural, o polido e o vidrado [10, 15].

- Processos de fabrico

Os principais processos de fabrico baseiam-se na conformação por prensagem, conformação por extrusão (com preparação da pasta cerâmica por via seca ou via húmida) ou moldagem manual. De acordo com [13], estes parâmetros condicionam o grau de vitrificação (e, portanto, de porosidade) da massa cerâmica, que por sua vez determina o nível de desempenho técnico das peças produzidas: absorção de água; resistência ao desgaste, à flexão, ao choque, à formação de gelo e ao enodoamento; regularidade dimensional. De um modo geral, o nível de desempenho técnico cresce com a vitrificação, com a exceção da resistência ao choque mecânico de corpos duros que evolui em sentido inverso em virtude de à vitrificação corresponder, em geral, uma maior fragilidade [13].

Nas figuras 2.7, 2.8 e 2.9 estão representados através dos respetivos fluxogramas os três principais processos de fabrico de ladrilhos cerâmicos.



Figura

2.7 Fluxograma do processo de fabrico por prensagem, adaptado de [15].

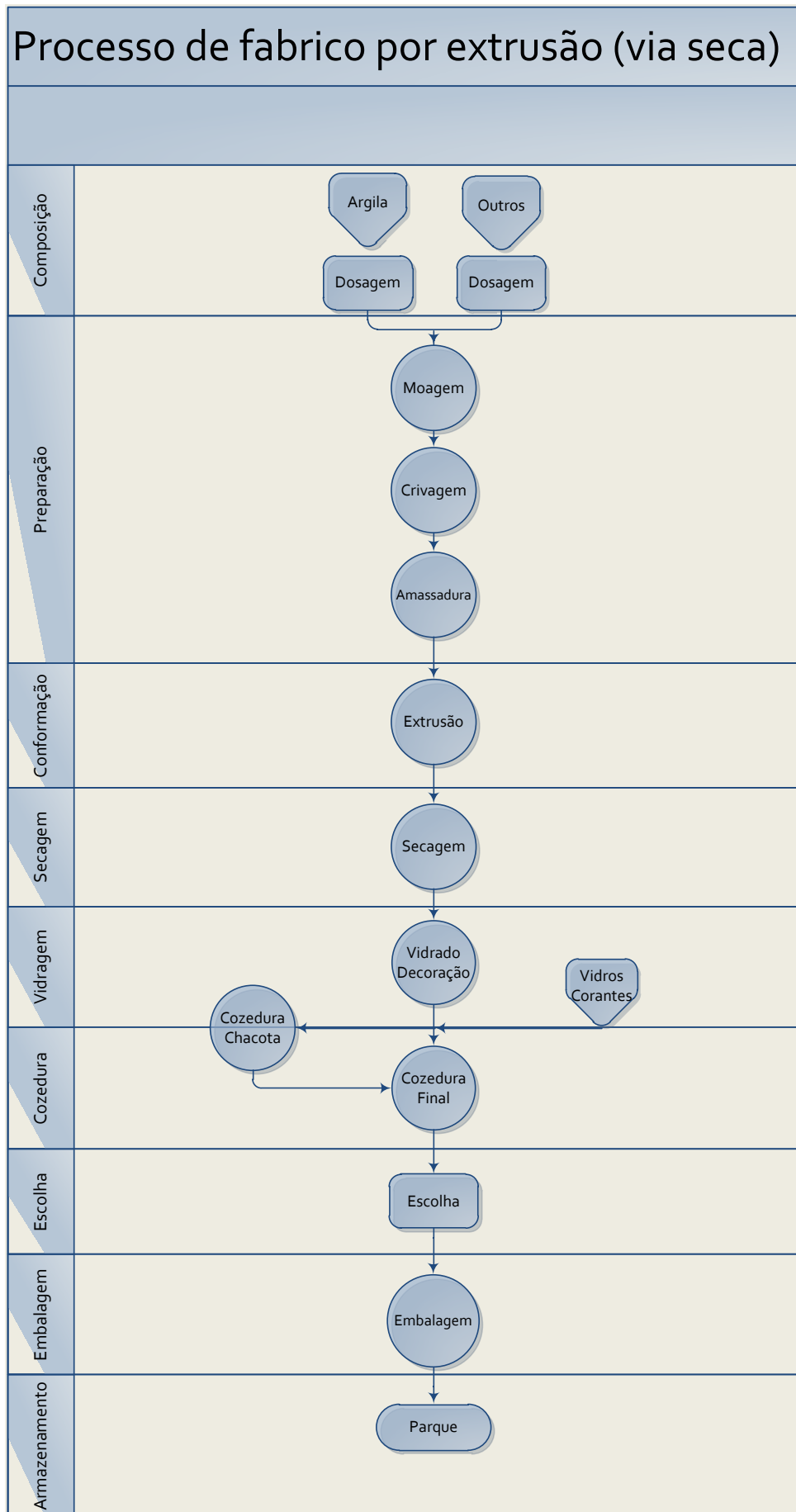


Figura 2.8 Fluxograma do processo de fabrico por extrusão, adaptado de [15].

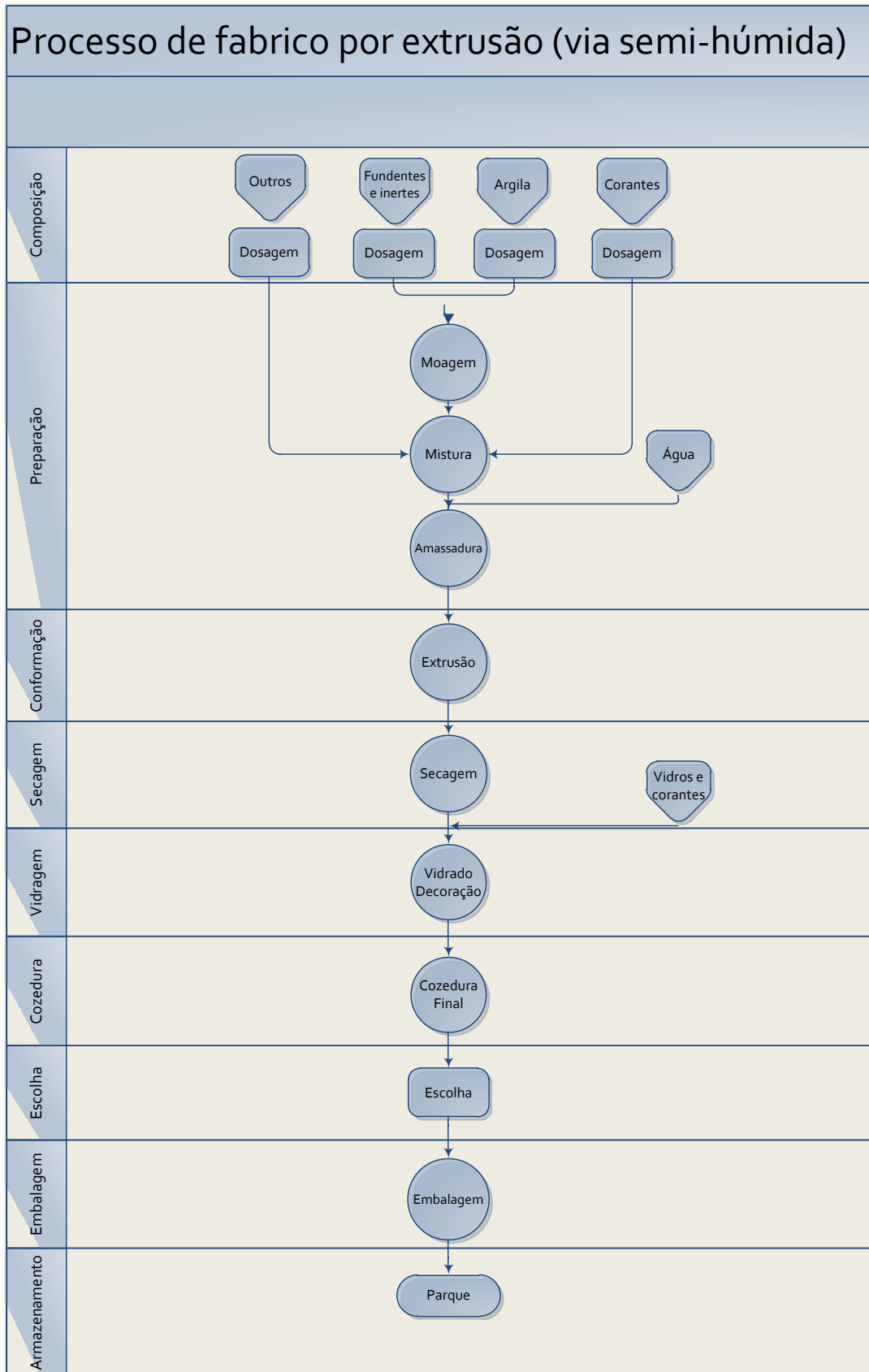


Figura 2.9 Fluxograma do processo de fabrico por extrusão, adaptado de [15].

- Controle de produção

O controle de produção de ladrilhos cerâmicos é caracterizado, como qualquer processo de controle de qualidade de uma unidade industrial, ou seja, por várias fases sequenciais que acompanham a evolução do produto, desde a recepção das matérias-primas até ao ensaio do produto final já pronto a ser comercializado. Conforme é referido em [15], na recepção das matérias-primas e ao longo do processo de fabrico dos ladrilhos cerâmicos, são efetuados os seguintes ensaios de controlo de qualidade:

1) Recepção de cada lote de matérias-primas:

- a) Argilas e caulinos – aspeto visual, granulometria, ensaio de retração após secagem e cozedura, ensaios de cor, absorção de água e resistência mecânica após cozedura, entre outros;
- b) Ensaio de resíduo, fusibilidade e cor após cozedura dos feldspatos;
- c) Ensaio de resíduo das areias e ensaios de dilatométrica e de cor do vidro.

2) Fases do processo de fabrico dos ladrilhos cerâmicos:

- a) Pasta - ensaios semanais de granulometria e de aspeto visual, de retração após secagem e cozedura, de absorção de água e resistência mecânica após cozedura, entre outros;
- b) Barbotina² - ensaios diários de densidade, viscosidade e resíduo;
- c) Pó atomizado³ - ensaios horários de granulometria e humidade;
- d) Ensaio horários ou diários às características dimensionais e de resistência mecânica da pasta prensada e ensaios horários de humidade à pasta seca;
- e) Ensaio horários de densidade e viscosidade ao vidro e ao engobe⁴ e de gramagem ao vidrado (ou esmalte);
- f) Ensaio contínuos (automáticos) às dimensões da pasta cozida.

² Massa cerâmica líquida formada em suspensão, para obtenção de peças em moldes de gesso ou resinas porosas.

³ A barbotina, obtida no processo de moagem é exposta a uma elevada temperatura com o objetivo de eliminar a água que serviu para homogeneizar as matérias-primas. Este processo acontece no interior de um grande silo onde, de cima para baixo, é injetado ar quente a elevadas temperaturas e no sentido contrário, obtém-se um *spray* de massa cerâmica. O encontro dessas duas misturas (ar quente com a massa cerâmica) faz com que a água contida na massa evapore, provocando a queda da argila em micropartículas (pó atomizado) com dimensão diferenciada.

⁴ Cobertura à base de argila com um acabamento mate que pode ser permeável ou impermeável.

3) Produto final:

O produto é controlado de forma a garantir que cumpre as especificações aplicáveis e evitar a colocação no mercado de produto não conforme.

No quadro 2.3, são resumidos os ensaios normalmente realizados aos ladrilhos cerâmicos na fase final de produção, bem como a sua periodicidade, sendo resumida no quadro 2.4 a normalização europeia referente a cada um destes ensaios.

Quadro 2.3 Ensaio finais de controlo de produção de ladrilhos cerâmicos, adaptado de [15].

Tipo de ladrilhos	Ensaio	Periodicidade
Pavimentos/Revestimentos	Resistência mecânica	Diário
	Absorção de água	
	Dimensões, espessura e empeno	
	Resistência aos químicos e manchas	Mensal
	Gelo/Degelo	Anual
Revestimentos	Fendilhagem	Semanal
Pavimentos	Abrasão	
	Impacto	Mensal

Quadro 2.4 Normas de ensaio de ladrilhos cerâmicos da série da NP EN ISO 10545.

Norma de ensaio	Propriedade associada
NP EN ISO 10545-2 [16]	Qualidade da superfície
NP EN ISO 10545-2 [16]	Estabilidade dimensional
NP EN ISO 10545-3 [12]	Absorção de água, E (%)
EN ISO 10545-4 [17]	Resistência à flexão e módulo de rotura
NP EN ISO 10545-5 [18]	Resistência ao impacto pelo coeficiente de restituição
EN ISO 10545-6 [19]	Resistência à abrasão profunda (UGL)
NP EN ISO 10545-7 [20]	Resistência à abrasão superficial (GL)
NP EN ISO 10545-8 [21]	Dilatação térmica linear
NP EN ISO 10545-9 [22]	Resistência ao choque térmico
NP EN ISO 10545-10 [23]	Dilatação por humidade
NP EN ISO 10545-11 [24]	Resistência ao fendilhamento de ladrilhos vidrados
NP EN ISO 10545-12 [25]	Resistência ao gelo
NP EN ISO 10545-13 [26]	Resistência química
NP EN ISO 10545-14 [27]	Resistência à formação de manchas
NP EN ISO 10545-15 [28]	Libertação de chumbo e cádmio
EN ISO 10545-16 [29]	Pequenas diferenças de cor
DIN 51130 [30]/DIN 51097 [31]	Resistência ao escorregamento
NP EN 101:1995 (Ed. 1) [32]	Dureza superficial

2.1.2.4 Caracterização da indústria nacional e internacional

Segundo dados fornecidos pela APICER⁵ e tendo como referência os dados de 2009, a produção portuguesa de cerâmicos, pavimentos e revestimentos de paredes, baseia-se em 37 empresas ativas que empregam cerca de 4300 trabalhadores, das quais mais de 70% se localizam nos distritos de Aveiro e Coimbra, devido à maior concentração de matérias-primas de qualidade nessas zonas. No mesmo ano, as vendas totais deste subsector (pavimentos e revestimentos) representaram 397,3 milhões de euros e uma produção total de cerca de 60 milhões de m². De acordo com a mesma fonte ao longo dos últimos anos, a construção residencial, que constitui o principal destino dos pavimentos e revestimentos cerâmicos, tem-se caracterizado por uma recessão significativa, que está na origem da redução do número de empresas em laboração e da diminuição progressiva do volume global de negócios.

Segundo os dados do INE⁶, [14] e com base nos índices de produção na construção corrigidos dos efeitos de calendário e da sazonalidade, a taxa de variação média para o total da construção registou em 2009 uma variação de -6,4% em relação ao ano de 2008. No caso da construção de edifícios a contração foi ainda mais significativa: -10,7%. O segmento da engenharia civil foi o que teve um comportamento menos desfavorável, ao recuar 2,5%. No ano de 2010 esta tendência tem-se mantido. No período entre janeiro e agosto de 2010 o total da construção variou -7,8% e a construção residencial -11,7% face ao período homólogo anterior (figura 2.10).

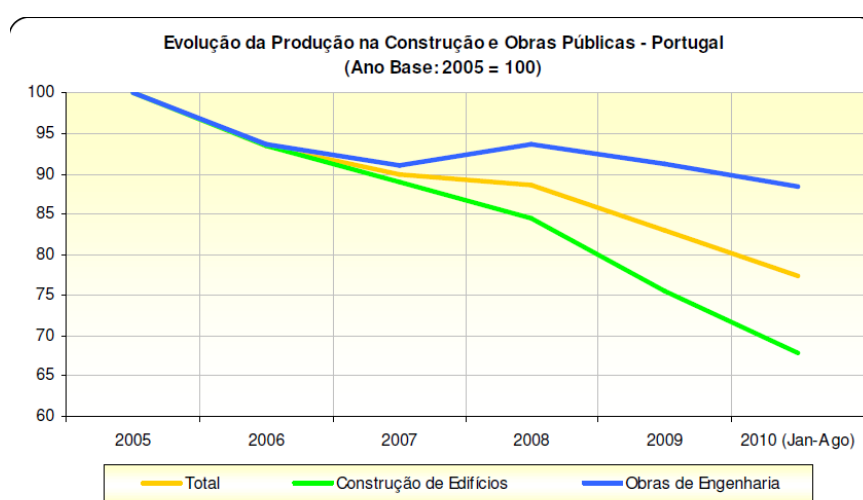


Figura 2.10 Evolução da produção na construção civil e obras públicas em Portugal [14].

⁵ Associação Portuguesa da Indústria Cerâmica

⁶ Instituto Nacional de Estatística

De acordo com as conclusões da mais recente conferência do Euroconstruct⁷, como podemos constatar no quadro 2.5, realizada em junho de 2010, o ano de 2009 foi o pior ano para o mercado de construção na zona do Euroconstruct nos últimos dez anos, verificando-se que a produção no setor da construção caiu 8,9%. No conjunto da zona do Euroconstruct o ano de 2010 contará ainda com crescimento negativo, embora com uma relativa melhoria face a 2009, esperando-se que a recuperação deste mercado possa ocorrer a partir de 2012.

Quadro 2.5 Dados da construção - taxa de crescimento real (%) [14].

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Portugal	-5,3	-0,4	-4,8	-9,9	-10,2	-3,1	0,8
Euroconstruct 19	3,8	2,4	-3,1	-8,8	-4,0	1,2	2,4

Em termos de comércio internacional, as exportações portuguesas de revestimentos cerâmicos atingiram em 2009 os 225,3 milhões de euros, o que representa uma variação de -11,7% em relação ao ano anterior. É relevante referir que as exportações representaram no ano de 2009, 57% da produção nacional.

Também as importações têm vindo a diminuir, em concordância com a redução da atividade da construção residencial no nosso país (quadro 2.6).

Quadro 2.6 Evolução das importações e exportações nos últimos anos em Portugal [14].

(unidade: euros)

	2005	2006	2007	2008	2009
Exportações	198.115.094	224.720.094	247.944.667	255.120.895	225.313.385
Importações	87.959.471	84.327.327	83.432.680	70.477.232	43.030.961

O comércio intracomunitário (transações com os nossos parceiros da União Europeia) representou, no ano de 2009, 75,2% do valor das nossas exportações totais. No contexto

⁷ O Euroconstruct é um grupo europeu para a investigação tecnológica e análise económica do setor da construção. Fundado em 1975, reúne dezanove institutos de análise económica e técnica de toda a Europa. O Euroconstruct integra os seguintes 19 países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Holanda, Irlanda, Itália, Noruega, Portugal, Reino Unido, Suécia, Suíça, Hungria, Polónia, República Checa e República Eslovaca.

da União Europeia, os nossos principais mercados de destino foram a França, Espanha, Alemanha e Reino Unido.

Ao nível do comércio extracomunitário, merecem destaque as nossas exportações para Angola que, em termos absolutos, constitui já o nosso segundo mercado internacional, a seguir à França.

Na figura 2.11 apresenta-se os mercados de destino das exportações portuguesas de pavimentos e revestimentos no ano de 2009.

Exportações portuguesas (em % do valor total)

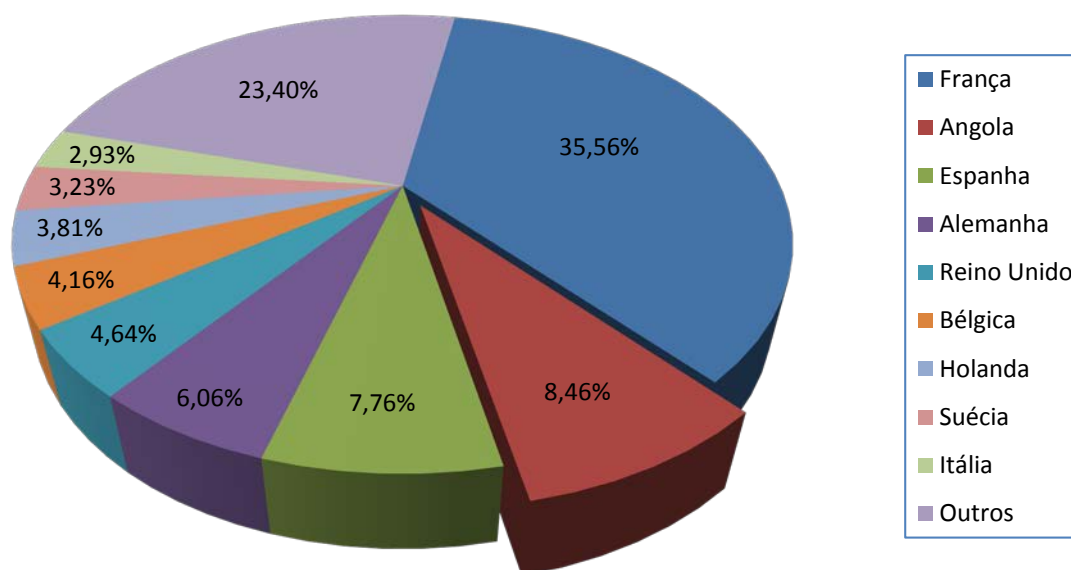


Figura 2.11 Mercados de destino das exportações portuguesas de pavimentos e revestimentos de paredes – 2009, adaptado de [14].

As importações de pavimentos e revestimentos em 2009 atingiram os 43 milhões de euros, o que traduz uma quebra de 38,9% em relação ao ano de 2008. Como se pode verificar na figura 2.12 o principal mercado de origem foi a Espanha (74,2%), seguida pela Itália (19%) e China (4%).

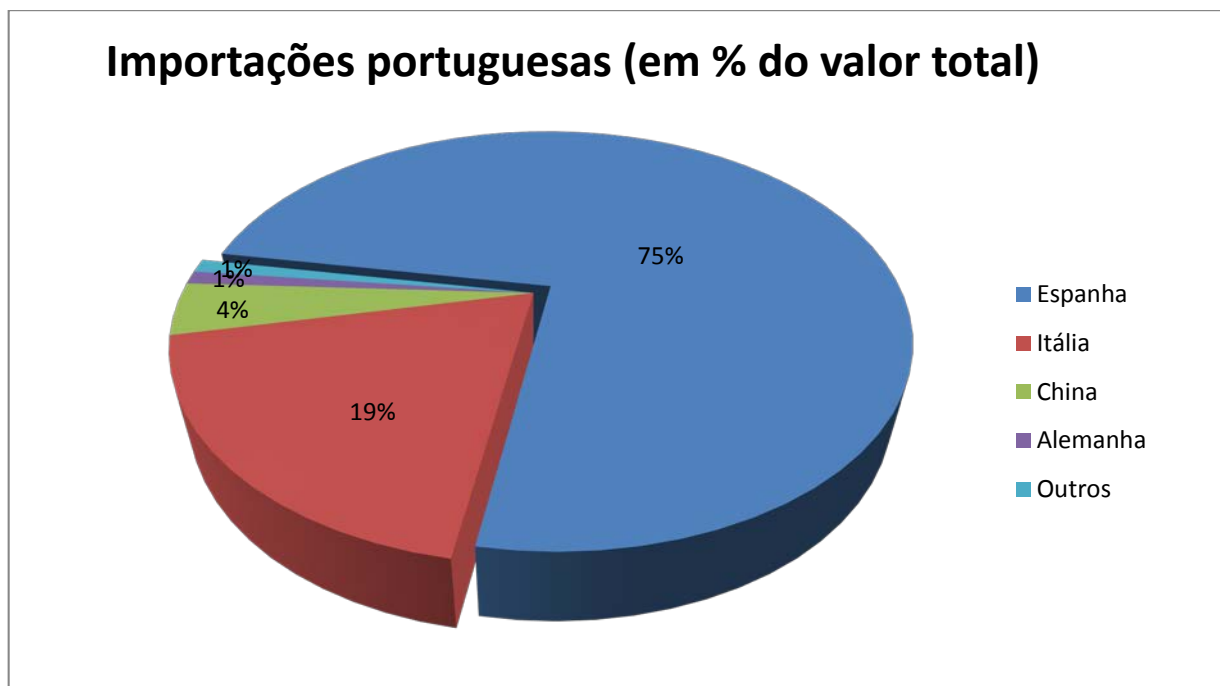


Figura 2.12 Mercados de origem das importações portuguesas de pavimentos e revestimentos – 2009, adaptado de [14].

Em 2009 a produção mundial de pavimentos e revestimentos cerâmicos atingiu os 8515 milhões de m², o que representa uma variação de -0,1% face ao ano anterior. O principal produtor mundial foi a China, responsável por 42,3% da produção mundial (3.600 milhões de m²), seguindo-se o Brasil com 8,4% da produção mundial (715 milhões de m²), a Índia com 5,8% (490 milhões de m²) e a Itália com 4,3% da produção mundial (368 milhões de m²).

A China – maior produtor e exportador mundial – exportou 584 milhões de m² em 2009. Os principais destinos das suas exportações foram: Arábia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Coreia do Sul, Singapura, USA, Nigéria, Malásia, Filipinas, Tailândia, Hong-Kong, Kuwait, Austrália, Índia, África do Sul, Vietname, Brasil e Gana [14].

De seguida apresenta-se na figura 2.13, o gráfico da distribuição da produção mundial de pavimentos e revestimentos de paredes no ano de 2009.

Produção mundial (em % do total)

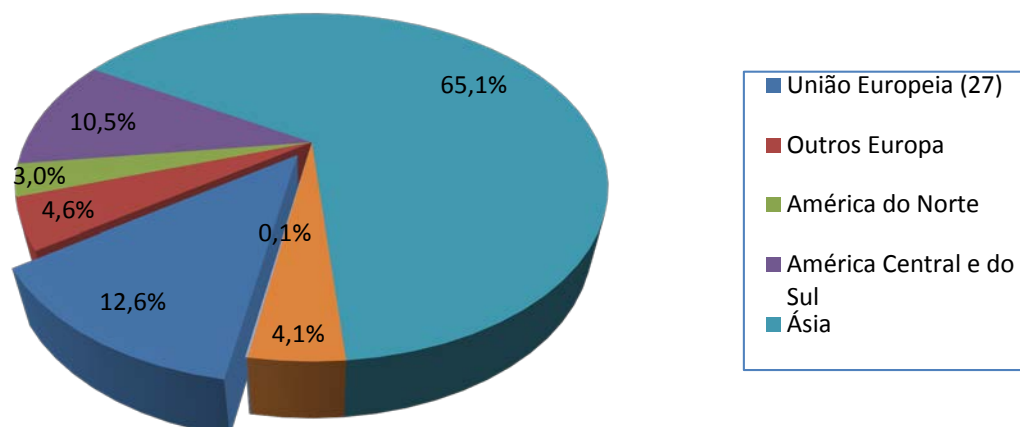


Figura 2.13 Distribuição da produção mundial de pavimentos e revestimentos de paredes – 2009, adaptado de [14].

Em relação à produção mundial, 1076 milhões de m² foram obtidos em países da União Europeia, o que representa 12,6% da produção mundial e traduz uma variação de – 24,8% em relação ao ano de 2008.

No contexto da União Europeia, Portugal foi o quarto maior produtor, a seguir à Itália, Espanha e Polónia.

2.1.2.5 Ladrilhos cerâmicos comercializados em Portugal

No âmbito do presente estudo foi analisada documentação de 18 empresas portuguesas produtoras de ladrilhos cerâmicos. As empresas referidas representam 62% da produção nacional de revestimentos e pavimentos cerâmicos e comercializam 21 tipologias de ladrilhos cerâmicos (em termos dos grupos definidos pela norma europeia EN 14411:2008 [8]), com vários tamanhos de ladrilho e acabamentos superficiais. Verificou-se que 4 empresas produzem apenas ladrilhos pelo processo de extrusão, 11 empresas produzem apenas pelo processo de prensagem, e apenas uma empresa utiliza os dois processos de fabrico. Apresenta-se em gráfico na figura 2.14 o resultado da análise efetuada, para cada um dos grupos já definidos no quadro 2.1.

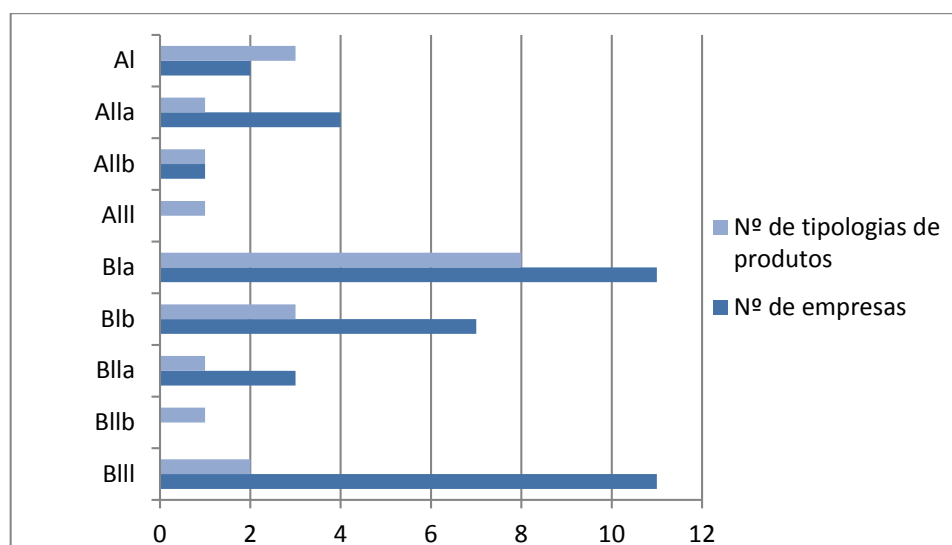


Figura 2.14 Distribuição das 21 tipologias de ladrilhos analisados pelos vários subgrupos da norma e quantificação do número de empresas que os comercializam.

Dados recentes [14], descrevem uma tendência crescente da produção de ladrilhos cerâmicos de baixa porosidade, em que as características de resistência mecânica e de desgaste são melhoradas, com um cuidado especial nas soluções estéticas oferecidas, principalmente destinados à habitação. Este tipo de ladrilhos apresenta uma maior abrangência de aplicação, adequando-se a todos os tipos de solicitações quer em pavimentos quer em revestimentos. Esta tendência pode ser comprovada na amostra representada na fig. 2.14, onde se verifica que 8 dos 21 produtos indicados (34%), pertencem ao grupo dos ladrilhos de menor porosidade e maior abrangência em termos de aplicação: subgrupos Bla e Blb, correspondentes aos ladrilhos porcelânicos e aos ladrilhos de grés porcelânico respetivamente. Entre esses ladrilhos enquadram-se os chamados ladrilhos retificados que, após saírem da linha normal de produção, são sujeitos a cortes retilíneos em todas as arestas, de modo a ficarem com dimensões modulares e idênticas, que podem ir até 0,6 x 1,20 m. Este tipo de peças pode ser aplicado em interiores sem qualquer tipo de junta de assentamento, permitindo a constituição de painéis contínuos de grande dimensão em pavimentos ou em paredes e que proporcionam uma qualidade estética superior relativamente a painéis com juntas.

Além da informação sistematizada no quadro 2.4, são fornecidos pelas empresas dados relativos à conformidade dos ladrilhos comercializados com as normas de ensaio europeias da série EN ISO 10545, em termos de características dimensionais e propriedades físicas e químicas. Apresenta-se no quadro 2.7 o balanço relativo ao número de produtos, dos 21 analisados, que referem a respetiva conformidade. Da observação deste quadro, é possível

verificar que a absorção de água, resistência à flexão e módulo de rotura e resistência química, constituem características fundamentais para as empresas, representando 18 em 18 dos fabricantes, o que demonstra a respetiva importância em termos de classificação normalizada e funcional dos ladrilhos. A qualidade da superfície, estabilidade dimensional, resistência ao choque térmico e resistência ao gelo surgem também identificados em mais 15 dos 18 fabricantes, o que demonstra a importância destas características para o projetista em termos de durabilidade dos RCA.

Quadro 2.7 Conformidade dos ladrilhos incluídos na amostra com as normas de ensaio da série NP EN ISO 10545.

Norma de ensaio	Propriedade	Nº de produtos que indicam conformidade
NP EN ISO 10545-2 [16]	Qualidade da superfície	16/18
NP EN ISO 10545-2 [16]	Estabilidade dimensional	16/18
NP EN ISO 10545-3 [12]	Absorção de água, E (%)	18/18
EN ISO 10545-4 [17]	Resistência à flexão e módulo de rotura	18/18
NP EN ISO 10545-5 [18]	Resistência ao impacto pelo coeficiente de restituição	10/18
EN ISO 10545-6 [19]	Resistência à abrasão profunda (UGL)	13/18
NP EN ISO 10545-7 [20]	Resistência à abrasão superficial (GL)	12/18
NP EN ISO 10545-8 [21]	Dilatação térmica linear	11/18
NP EN ISO 10545-9 [22]	Resistência ao choque térmico	15/18
NP EN ISO 10545-10 [23]	Dilatação por humidade	2/18
NP EN ISO 10545-11 [24]	Resistência ao fendilhamento de ladrilhos vitrados	13/18
NP EN ISO 10545-12 [25]	Resistência ao gelo	17/18
NP EN ISO 10545-13 [26]	Resistência química	18/18
NP EN ISO 10545-14 [27]	Resistência à formação de manchas	17/18
NP EN ISO 10545-15 [28]	Libertação de chumbo e cádmio	6/18
EN ISO 10545-16 [29]	Pequenas diferenças de cor	0/18
DIN 51130 [30]/DIN 51097 [31]	Resistência ao escorregamento	14/18
NP EN 101:1995 [32]	Dureza superficial	10/18

2.1.2.6 Fatores a considerar na escolha dos ladrilhos cerâmicos

Consoante a utilização existem características específicas que deverão ser determinadas nos ladrilhos a aplicar. Devemos, portanto, em função das seguintes aplicações (paramentos verticais ou pavimentos), conhecer as características específicas dos ladrilhos: Os pavimentos, por exemplo, são locais de aplicação de maior grau de exigência, devido às elevadas solicitações a que estão sujeitos, devendo por isso utilizar-se ladrilhos com baixa absorção de água (a que corresponde uma maior resistência mecânica e abrasão) para o seu revestimento.

Apresenta-se no quadro 2.8 um resumo das características dos ladrilhos que são condicionantes em função do tipo de utilização.

Quadro 2.8 Características específicas dos ladrilhos a ter em consideração para cada tipo de aplicação, adaptado de [15].

Tipo de aplicação	Caraterísticas condicionantes
Exterior	Resistência à ação gelo-degelo; Resistência ao impacto; Expansão por humidade; Coeficiente de absorção da radiação solar; Dilatação térmica linear.
Pavimentos	Resistência mecânica; Resistência à abrasão; Resistência ao impacto; Resistência ao escorregamento; Resistência às manchas.
Ladrilhos vidrados	Resistência à fendilhagem.
Ladrilhos de cor uniforme	Pequenas diferenças de cor.
Bancas de cozinhas ou de locais em contacto com alimentos	Libertação de chumbo e cádmio.
Piscinas	Resistência aos aditivos da água de piscina.
Instalações da indústria química	Resistência a altas concentrações de ácidos e alcalis.

A facilidade de limpeza e a reduzida absorção de impurezas constituem também duas características exigíveis aos ladrilhos em várias das aplicações apresentadas no quadro 2.8, como as aplicações em fachadas, em zonas de preparação de alimentos e na indústria química.

Ainda de acordo com a cerâmica Portobello [33], os ladrilhos podem ter diferentes aplicações consoante a sua classificação segundo a norma ABNT NBR 15463:2007 [34] (quadro 2.9):

Quadro 2.9 Tipos de aplicação consoante a respetiva norma [34].

Grupo B	Absorção	Tipos	Aplicações
Bla	≤0,5%	Porcelanato	Paredes e pisos interiores, pisos exteriores e fachadas**
Blb	0,5% a 3,0%	Grés	Paredes e pisos interiores, pisos exteriores e fachadas**
Blla	3,0% a 6,0%	Semigrés	Paredes e pisos interiores, pisos exteriores *
Bllb	6,0% a 10,0%	Semiporosos	Paredes e pisos interiores*
Blll	10% a 20%	Porosos	Paredes interiores*

*Ambientes com temperaturas acima de 0° C.

**Ambientes sujeitos a todas as temperaturas.

No que se refere às dimensões dos ladrilhos cerâmicos, segundo os cadernos de prescrição técnicos do CSTB⁸, há limites para os ladrilhos fixados por colagem:

- 2000 cm² em pavimentos exteriores e 3600 cm² em pavimentos interiores;
- 2000 cm² em paredes revestidas com ladrilhos de absorção de água não superior a 0,5%;
- 3600 cm² em paredes revestidas com ladrilhos de absorção de água superior a 0,5%;
- 300 cm² em paredes revestidas com ladrilhos de terracota, limite que passa a ser de 120 cm² quando se trata do revestimento de pavimentos;
- 231 cm² em paredes revestidas com plaquetas de terracota.

⁸ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

A norma britânica BS 5385 [35] na parte 2, especifica para fachadas, a utilização de ladrilhos prensados com absorção inferior a 3 %. Esta norma é a única entre as referenciadas que estabelece claramente um limite de absorção de água para os ladrilhos cerâmicos destinados às fachadas.

2.1.3 Suporte do revestimento cerâmico aderente

Na execução de um revestimento cerâmico aderente deve ter-se em conta as propriedades do suporte no qual o mesmo vai ser aplicado.

Os suportes podem ser classificados em função da sua natureza, sensibilidade à humidade, tipo e movimentos esperados e ainda em função dos desvios de planeza, o que constituem diversas variáveis a considerar na escolha, desde a execução das camadas intermédias até à aplicação dos materiais cerâmicos de revestimento.

Os suportes onde é aceitável a aplicação de um revestimento cerâmico colado, no caso de paredes interiores, são apenas os das classes S₁, S₂ e S₃ e são os apresentados no quadro 2.10.

Quadro 2.10 Classificação dos suportes de revestimento cerâmico em paredes, em função dos materiais constituintes, adaptado de [5].

Natureza dos suportes	Classe	Documentos normativos de referência
Paredes de betão ou painéis pré-fabricados em betão: <ul style="list-style-type: none"> • Acabamento corrente; • Acabamento cuidado. 	<p>S₁</p> <p>S₂</p>	<p>NF P 18-210 [36]</p> <p>NF P 10-210 [37]</p>
Rebocos à base de cimento sobre paredes de betão ou paredes de alvenaria: <ul style="list-style-type: none"> • Argamassa de cimento; • Argamassa bastarda; • Impermeabilização. 	<p>S₃</p>	<p>NF P 15-201 [38]</p>

A compatibilidade mecânica entre o revestimento e o suporte é fundamental, por isso, para a aplicação de revestimentos cerâmicos apenas se consideram os suportes de betão ou alvenaria com reboco de elevada rigidez que pode ser apenas dos seguintes tipos [15]:

- Emboço sobre chapisco, aplicados manualmente, ou reboco projetado em duas camadas, com uma dosagem em ligante não inferior a 350 kg por m³ de areia seca, sendo a dosagem em cimento de, pelo menos, 250 kg/m³;
- Monomassas (rebocos de impermeabilização pré-doseados) com módulo de elasticidade pertencente à classe E4 (módulo de elasticidade, aos 28 dias, compreendido entre 7500 e 14000 Mpa) ou superior e resistência à tração pertencente, pelo menos, à classe R4 (resistência à tração por flexão, aos 28 dias, compreendida entre 2,0 e 3,5 Mpa).

A compatibilidade mecânica está ainda relacionada com o módulo de elasticidade e a resistência à tração do suporte e do revestimento. Se o suporte tiver uma baixa resistência mecânica, são elevados os riscos de fissuração sob o efeito das tensões geradas pelas deformações de natureza higrotérmica do revestimento [15].

Os suportes também se classificam em função da sensibilidade à humidade, distinguindo-se três classes de sensibilidade (S) [5]:

- Classe S_A- correspondente aos suportes que apresentam uma grande sensibilidade à água do ponto de vista da sua durabilidade intrínseca, por exemplo: painéis com colagem sensível à humidade, rebocos em gesso natural cuja coesão em função dos ciclos de humidade/secagem pode variar de maneira continuamente decrescente;

- Classe S_B – correspondente a suportes que não apresentam gesso natural com uma sensibilidade moderada à água do ponto de vista da sua durabilidade intrínseca, por exemplo: certos rebocos à base de gesso natural modificados cuja coesão, em função dos ciclos de humidificação/secagem, apresenta-se estabilizados a um nível aceitável; certos painéis de partículas com colagem melhorada (ureia, melanina, fenólica) tratados contra fungos, e mais a proteção da penetração normal da água pela cola ou por uma preparação adequada.

- Classe S_C – correspondente aos suportes que não apresentam sensibilidade à água do ponto de vista da sua durabilidade intrínseca; por exemplo: betão ou rebocos de argamassas de cimento.

Os suportes adequados à colagem de ladrilhos, dos tipos S₁, S₂ e S₃, não apresentam sensibilidade à água, inserindo-se, portanto, na classe de sensibilidade S_C [5].

A escolha do processo de aplicação do revestimento deve considerar o comportamento provável do suporte para garantir a adequação dos materiais.

A determinação do método de aplicação depende, por isso, das seguintes características do suporte:

- Resistência mecânica (por exemplo, resistência à rutura ou a cargas de trabalho);
- Regularidade superficial (nivelamento e irregularidades da superfície);
- Propriedades químicas e físicas (resistência à água; compatibilidade do suporte e camadas dos substratos a aplicar) [15].

Distinguem-se ainda os seguintes três graus de exposição das paredes interiores à água [5]:

- Grau EA – correspondente aos paramentos secos ou pouco húmidos, por exemplo: paredes de locais de circulação. O agente água não é mais do que um interveniente, no que respeita às ações de manutenção e limpeza;
- Grau EB – correspondente às paredes moderadamente húmidas. É o caso das paredes de certos locais sujeitas às solicitações de água consideradas como limitadas, por exemplo: junto ao lava-louça da cozinha, junto aos lavabos ou junto à banheira). O agente água intervém sob a forma de água líquida projetada de maneira mais ou menos momentânea;
- Grau EC – correspondente às paredes muito húmidas, por exemplo: cabinas de chuveiro em locais de utilização coletiva e cozinhas de utilização coletiva). O agente água intervém sob a forma de água líquida ou vapor de água ativo de forma prolongada.

De acordo com [39] as paredes ainda podem ser classificadas em função do tipo e movimentos esperados (quadro 2.11).

Quadro 2.11 Classificação das paredes em função do tipo e movimentos esperados [15].

Classe	Definição	Exemplos de suportes/superfícies de fixação
1	Pequenos movimentos esperados	Reboco à base de cimento sobre blocos maciços
2	Movimentos esperados médios	Revestimento à base de gesso sobre blocos aligeirados
3	Elevados movimentos esperados	Betão novo

A compatibilidade geométrica entre um sistema de revestimento com ladrilhos cerâmicos e o respetivo suporte assume também grande importância. Esta traduz-se na necessidade do suporte apresentar planeza e regularidade superficial adequadas à espessura e técnica de aplicação do revestimento. Os suportes classificam-se assim, em função dos desvios de planeza, de acordo com o quadro 2.12.

Quadro 2.12 Classificação do suporte em função do desvio de planeza [39].

Tipo de suporte	Desvio de planeza
I	<6mm
II	≥6mm e <10mm
III	≥10mm

2.1.4 Material de assentamento de ladrilhos cerâmicos

Os ladrilhos cerâmicos podem ser assentes diretamente sobre o suporte ou sobre a camada de regularização deste. Para tal, existem várias soluções, como as que se apresentam em seguida, e que estão representadas na figura 2.15 [1].

1. Argamassa tradicional - este material é aplicado em camada espessa de 5 a 20 mm e serve também de camada de regularização; esta solução apresenta como desvantagens o facto de possuir uma menor tensão de adesão ao ladrilho (colagem apenas por ação

física), tempo de aplicação maior e de se adequar apenas a suportes e materiais cerâmicos de elevada porosidade; quando se utiliza este material em exteriores, deve-se incorporar na sua constituição um aditivo hidrófugo, de forma a aumentar a sua resistência à penetração de água da chuva;

2. Cimentos-cola (ligantes hidráulicos), colas em dispersão aquosa (ligantes orgânicos) e colas de resinas de reação (resinas sintéticas) - estes materiais industrializados aplicados em camada fina de 2 a 5 mm e devem ser devidamente homologados pelo LNEC; podem ser aplicados diretamente sobre o suporte ou sobre a camada de regularização deste (que é normalmente composta pelo chapisco e o emboço, em paredes., e por uma camada única, em pavimentos) (figura 2.15).

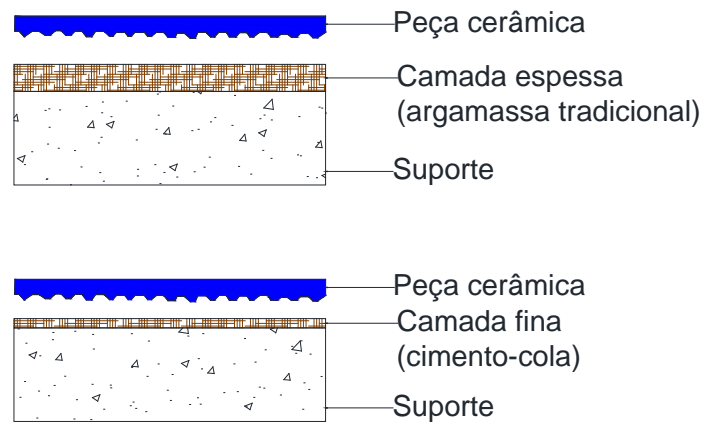


Figura 2.15 Esquemas representativos da aplicação de RCA de pavimentos/paredes em camada espessa e em camada fina [15].

A propriedade fundamental que diferencia estes materiais industriais das argamassas tradicionais é a capacidade de retenção de água, dado que é esta propriedade que permite que o material seja aplicado em camada fina sem perder, para o suporte ou para o ar, a quantidade de água necessária à hidratação do cimento Portland [2].

Além de simplificarem a técnica de colocação dos ladrilhos cerâmicos, o uso adequado dos cimentos-cola ainda proporciona as seguintes vantagens [40]:

- Maior produtividade no assentamento;
- Manutenção das características dos materiais;
- Maior uniformização do serviço;

- Facilidade de controlo;
- Menor consumo de material;
- Maior possibilidade de adequação às necessidades do projeto;
- Grande potencial de aderência.

Estes produtos de assentamento, designados por cimentos-cola ou adesivos, estão regulamentados na União Europeia e por sua vez em Portugal pela norma NP EN 12004:2008 (Ed. 2) [6] – Colas para ladrilhos – Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação. Nessa mesma norma, estes produtos são classificados em três grupos principais (C - Cimentos-cola, D - adesivos em **D**ispersão, R - adesivos de **R**esina de **R**eação) de acordo com a respetiva composição.

Apresenta-se no quadro 2.13 a caracterização de cada um dos grupos referidos em termos da sua composição.

Quadro 2.13 Composição dos vários tipos de adesivos para ladrilhos cerâmicos, adaptado de [15].

Designação	Composição
C – Cimentos-cola standard	Cimento branco ou cinza, areias siliciosas ou calcária e aditivos orgânicos e inorgânicos
C – Cimentos-cola de derivados celulósicos	Cimento branco, areias siliciosas com granulometria controlada e derivados celulósicos
C – Cimentos-cola de dois componentes	Cimento branco ou cinza, areias siliciosas ou calcárias, adjuvantes e resinas em dispersão.
C – Cimentos-cola de ligantes mistos	Cimento branco ou cinza, areias siliciosas e calcárias com aditivos orgânicos e inorgânicos
C – Cimentos-cola aluminosos	Cimento aluminoso, areias, resina sintética e outros adjuvantes específicos.
D – Adesivos de Dispersão	Pasta adesiva – resinas sintéticas em dispersão, aditivos orgânicos e cargas siliciosas.
R – Adesivos de Resina de Reação	Mistura de resinas epóxicas, cargas minerais e aditivos orgânicos.

Na norma NP EN 12004:2008 (Ed. 2) [6], cada um dos grupos está ainda dividido em classes, de acordo com as suas características específicas de desempenho fundamentais e opcionais, conforme se apresenta no quadro 2.14:

Quadro 2.14 Classes dos adesivos para ladrilhos segundo a norma NP EN 12004:2008 (Ed 2) [6].

Caraterísticas	Classe
Fundamentais	1 – adesivo normal
	2 – adesivo melhorado (em termos de aderência e resistência ao corte)
Opcionais	E – adesivo com tempo de abertura alargado
	F – adesivo de presa rápida
	T – adesivo com resistência ao deslizamento vertical
	S1 – cola deformável
	S2 – cola altamente deformável

De acordo com a norma as classes **1** e **2** podem ser combinadas com as classes **E**, **F** e **T**, tomando os adesivos as seguintes designações: C1, C1E, C1F, **C1T**, **C1TE**, **C1FT**, **C1TFE**, C2, C2E, C2F, C2FS1, **C2T**, **C2TS1**, **C2TE**, **C2TES1**, **C2TES2**, C2FS1, **C2FT**, **C2FTS1**, **C2FTE**, D1, D1E, **D1T**, **D1TE**, D2, **D2T**, **D2TE**, R1 **R1T**, R2 e **R2T**.

Nota: A designação “T” é relativa a revestimentos de paredes.

Existem outras classificações normalizadas deste tipo de materiais de assentamento de ladrilhos, como as do CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment - França), da UEAtc (Union Européen pour l'Agrément Technique dans la Construction), do BSI (British Standards Institution – Reino Unido), da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas – Brasil), da normalização DIN (Deutsches Institut, für Normung - Alemanha) e do ANSI (American National Standards Specifications - E.U.A.).

No quadro 2.15 apresenta-se um resumo da classificação dos cimentos-cola de acordo com o panorama normativo correspondente ao país ou comunidade económica de origem do produto.

Quadro 2.15 Enquadramento normativo dos cimentos-cola.

Norma	Tipo	Classe	Descrição, e características e aplicabilidade	
União Europeia (Portugal)	NP EN 12004 [6]	Argamassa à base de cimento (C)	1	Cimento-cola normal
			1F	Cimento-cola de presa rápida
			1T	Cimento-cola resistente ao deslizamento
			1FT	Cimento-cola de presa rápida e resistente ao deslizamento
			2	Cimento-cola com propriedades específicas melhoradas
			2E	Cimento-cola com propriedades específicas melhoradas e com tempo aberto alargado
			2F	Cimento-cola de presa rápida com propriedades específicas melhoradas
			2T	Cimento-cola com propriedades específicas melhoradas resistente ao deslizamento
			2TE	Cimento-cola com propriedades específicas melhoradas resistente ao deslizamento e com tempo aberto alargado
			2FT	Cimento-cola de presa rápida com propriedades específicas melhoradas e deslizamento reduzido
França	CSTB [41]	Semelhante à da norma NP EN 12004. Acrescenta mais uma classe fundamental, a classe 2S, e mais uma característica opcional, a fluidez – G		
Europa	UEAtc	C – baixa sensibilidade à ação da água	Endurecimento Hidráulico	Uso interno e externo em paredes e pisos
			Modificado com polímeros	Uso interno e externo, características melhoradas
			Especial para pisos	Melhorada para uso em camada espessa em pisos
			Presa rápida	Desenvolvimento rápido de resistência
Reino Unido	BS 5980 [42]	1) Comum 2) Modificada com polímeros em dispersão	AA	Desenvolvimento rápido de resistência à água
			A	Desenvolvimento lento de resistência à água
			B	Não requer resistência à água
Brasil	ABNT [43]	Comum	Tipo I	Uso interno em paredes e pisos
			Tipo II	Uso externo em paredes, pisos e áreas sob ação de cargas – adicionadas resinas.
			Tipo III	Uso em saunas, piscinas, estufas e ambientes similares – elevada resistência de aderência.
			Tipo III-E	Similar ao tipo III, possui aditivo que permite estender o tempo em aberto.
Alemanha	[44]	Endurecimento hidráulico	Não especifica	Uso geral
Estados Unidos	[45]	Comum	Normal	Retenção de água
			Presa rápida	Desenvolvimento rápido de resistência
			Anti deslizante	Deslizamento 0
	[46]	Modificado com polímero	Normal	Maior resistência de aderência ao corte
			Anti deslizante	Deslizamento 0

Como é possível verificar no quadro 2.15 existem algumas diferenças em relação à norma NP EN 12004:2008 (Ed 2) [6].

Por exemplo, o documento técnico do CSTB [41], apresenta uma classificação semelhante à da norma NP EN 12004 mas acrescenta mais uma classe fundamental, a classe 2S, e mais uma característica opcional, a fluidez “G”. O mesmo documento ainda recomenda as classes de cimentos-cola adequadas para fixação de ladrilhos cerâmicos em fachadas, em função do revestimento a colar (natureza e área) e da altura da fachada (quadro 2.16).

Quadro 2.16 Classes de cimentos-cola recomendadas para aplicações em fachadas [15].

Revestimento a colar		Altura da Fachada (H)	
Natureza	Área (cm ²)	H≤6 m	6 m <H≤28 m
Mosaico em pasta de vidro ou porcelânico	s≤50	C2	C2S
Plaquetas morais em terracota	s≤231		
Azulejos de terracota	s≤300 (15x15)		
Ladrilhos extrudidos ou prensados, exceto plenamente vitrificados**	s≤2000 (40x40) 2000<s≤3600		
Ladrilhos plenamente vitrificados**	s≤3600 (40x40)	C2S	C2S

**consideram-se plenamente vitrificados os ladrilhos com absorção de água E≤0,5%.

A UEAtc [47], classifica os cimentos-cola de acordo com a sensibilidade à ação da água, sendo estabelecidos diferentes tipos de argamassas e aplicações para cada grau de sensibilidade.

No caso da norma BS 5980:1980 [42], a classificação dos adesivos em três classes é efetuada com base na respetiva resistência à ação da água.

Na norma NBR 14.081 [43], a diferenciação entre os quatro tipos de adesivos é feita com base no tempo em aberto e na sua capacidade de aderência.

2.1.4.1 Materiais não-tradicionais de assentamento de ladrilhos cerâmicos de paredes comercializados em Portugal

Tal como apresentado para o caso dos ladrilhos cerâmicos em §2.1.2.5, também foi efetuada a análise dos catálogos de 15 empresas portuguesas que produzem ou comercializam argamassas pré-doseadas (de fábrica) para o assentamento de ladrilhos cerâmicos, as quais de acordo com a [48], representaram em 2011 vendas de cerca de 194.100 toneladas no valor de €32.997.000 (figura 2.16).

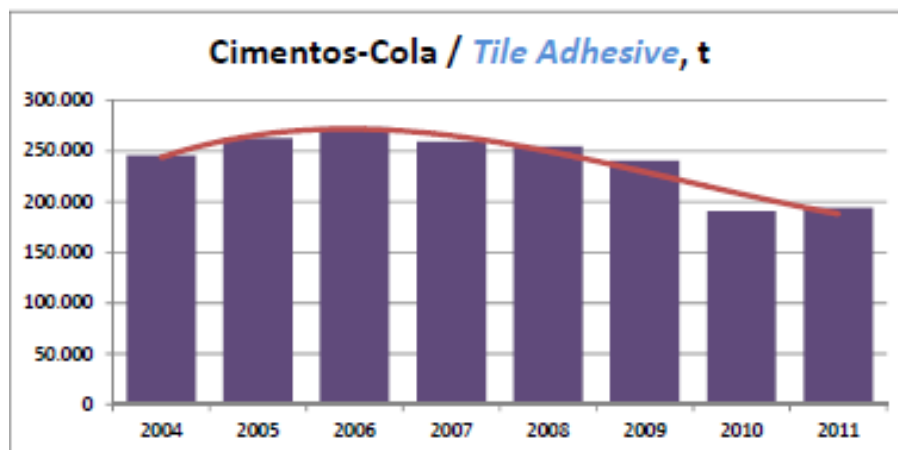


Figura 2.16 Número de toneladas de cimentos-cola vendidos em Portugal [48].

Como podemos verificar, pela figura 2.16, existe um decréscimo de vendas que se vem sentindo desde 2006, o que pode ser explicado pela crise internacional e pelas dificuldades que os países europeus estão atravessar no momento.

A listagem destas empresas é apresentada no Anexo C, sendo de notar que doze são fábricas portuguesas (sendo 4 fábricas em Portugal de marcas estrangeiras) e três marcas estrangeiras com distribuição (mas sem fábrica) em Portugal.

As empresas indicadas comercializam 27 tipologias de adesivos de assentamento, divididos por todos os grupos da norma europeia NP EN 12004:2008 (Ed. 2) [6]. Da análise efetuada, concluiu-se que as empresas começaram, no ano de 2005, a dar uma maior

importância à classificação incluída nesta norma e obrigatória desde maio de 2004 (conforme descrito no §2.1.4.3). Verificou-se que apenas 3 empresas comercializam produtos nos três grupos principais (**C**, **D** e **R**) e outras 7 comercializam produtos de apenas um dos grupos (C). A tipologia dos 27 adesivos, bem como o número de empresas que as comercializam, é apresentada na fig. 2.17. Assim, cerca de 74% dos adesivos pertencem ao grupo dos cimentos-cola (C), sendo os subgrupos dos cimentos-cola de presa normal e dos cimentos-cola com propriedades específicas melhoradas resistente ao deslizamento e com tempo aberto alargado os mais representados pelas empresas, com 15 e 10, respetivamente. Este facto pode ser justificado pela grande quota de mercado ocupada por estes dois produtos. Os cimentos-cola normal são utilizados na maioria das aplicações em pavimentos e revestimentos interiores e os cimentos-cola de ligantes mistos em grande parte dos RCA de fachadas.

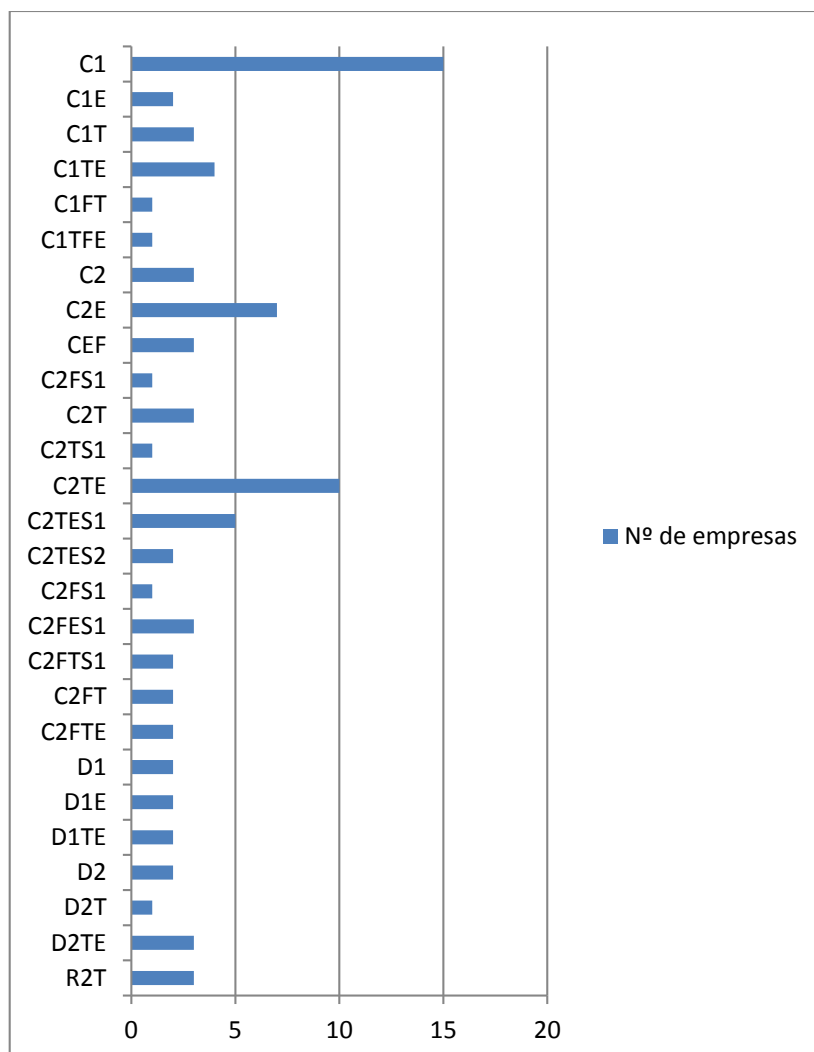


Figura 2.17 Distribuição das 27 tipologias de adesivos de assentamento analisados pelas várias classes normalizadas e quantificação do número de empresas que os comercializam.

2.1.4.2 Controlo de Produção

Conjuntamente com a verificação do grupo ao qual pertence cada um dos produtos analisados, foi analisada a informação técnica fornecida pelas empresas relativa à conformidade dos adesivos com as normas de ensaio em vigor, ao nível das propriedades físicas.

Das propriedades físicas que permitem avaliar as características dos produtos de colagem durante a aplicação, pela sua importância, destacam-se as seguintes [49]:

- Tempo de armazenamento – Período de tempo durante o qual uma argamassa, armazenada em condições definidas, conserva as suas propriedades de aplicação. (NP EN 12004:2008 (Ed. 2)) [6];
- Tempo de ajustabilidade – Intervalo de tempo máximo durante o qual se pode corrigir a aplicação de uma argamassa, sem perdas significativas das suas propriedades mecânicas. (Por exemplo correção da posição de azulejos e peças cerâmicas depois de aplicados). (EN 1015-9:1999/A1:2006 (Ed. 1) [50] e NP EN 12004:2008 (Ed. 2)) [6];
- Tempo de repouso – Intervalo de tempo entre a preparação da argamassa e o momento em que esta deve ser aplicada (NP EN 12004:2008 (Ed. 2)) [6];
- Tempo de vida – Período de tempo após a amassadura, durante o qual a argamassa é utilizável (EN 1015-9:1999/A1:2006 (Ed. 1)) [50];
- Tempo aberto – Intervalo de tempo máximo para o acabamento, desde o momento da aplicação de uma argamassa (EN 1346:2007 (Ed.2) [51] e EN 12189:1999 (Ed. 1)) [52];
- Tempo de presa – Intervalo de tempo a partir do qual a argamassa começa a endurecer. A partir deste momento a argamassa torna-se pouco sensível à água (EN 1015-4:1998 (Ed. 1)) [53];
- Tempo de endurecimento – Intervalo de tempo necessário para que uma argamassa desenvolva a sua resistência. Na prática corresponde ao tempo necessário à sua utilização em serviço.

Os cimentos-cola apresentam um conjunto variado de características estáveis que podem ser avaliadas de acordo com normas e especificações técnicas adequadas.

Apresenta-se no quadro 2.17 o balanço relativo ao número de produtos, dos 15 analisados, que referem o respetivo valor característico da grandeza medida no ensaio.

Quadro 2.17 Conformidade dos adesivos na amostra com a normalização em vigor [6].

Norma de ensaio	Propriedade	Nº de empresas que indicam o valor
EN 1346:2007 (Ed. 2) [51]; EN 1015-2 [54] e EN 1348 [55]	Aderência inicial à tração	13/15
EN 1346:2007 (Ed. 2) [51]	Aderência após ação do calor	13/15
EN 1346:2007 (Ed. 2) [51]	Aderência após ação da água	13/15
EN 1346:2007 (Ed. 2) [51]	Aderência após ciclos de gelo/degelo	13/15
EN 1308:2007 (Ed. 2) [56]	Determinação do deslizamento	13/15
EN 1346:2007 (Ed. 2) [51]; EN 12189 [52]	Tempo aberto	13/15

Conforme se pode verificar no quadro 2.17, cerca de 87% dos adesivos são caracterizados nos respetivos catálogos através das propriedades exigidas pela norma. Este valor é bastante positivo, no entanto não é suficiente e deveria ser mais elevado, uma vez que, as empresas são obrigadas desde maio 2004 a certificarem os seus produtos para poderem ser comercializados dentro da CE. O não fornecimento de informação rigorosa acerca do produto que comercializam, aumenta a dificuldade do projetista em prescrever a solução de fixação mais adequada à utilização, exposição e características do RCA que pretende utilizar.

Na caracterização dos cimentos-cola existem outros ensaios que possibilitam o controlo de qualidade de produção, após a sua aplicação, como sejam [6]:

- Determinação da resistência ao corte de cimentos-cola em dispersão (D) (EN 1324:2007 (Ed. 2)) [57], de reação (R) (EN 12003:2008 (Ed. 2)) [58] ou de uma argamassa cimentícia (C) (EN 1322:1996/A1:1998 (Ed. 1) [59] e EN 12615:1999 (Ed. 1)) [60];
- Determinação da resistência à flexão e da resistência à compressão (EN 1015-11:1999/A 1:2006 (Ed. 1) [61] e EN 13888:2009 (Ed. 2)) [62].

2.1.4.3 Requisitos e exigências normativas

Por forma a certificar a conformidade dos cimentos-cola produzidos e comercializados na União Europeia, está em vigor (desde maio de 2004) a obrigatoriedade da marcação CE deste tipo de produtos. A marcação CE é um sistema de comprovação da conformidade dos produtos da construção com Requisitos Essenciais (RE), indicados na diretiva dos produtos de construção (DPC).

Para que um adesivo possa possuir marcação CE, é necessário que o respetivo fabricante efetue os ensaios exigidos pela diretiva (ensaios de aderência inicial, após imersão em água, após aquecimento após ciclos gelo-degelo, de acordo com a normalização em vigor e efetuados num laboratório certificado). O fabricante ficará assim possuidor de uma declaração de conformidade, a qual deve ser replicada pelas embalagens do produto, e que inclui, entre outras informações, o campo de aplicação, as características de conformidade e a definição do produto segundo a NP EN 12004:2008 (Ed. 2) [6].

A Diretiva dos Produtos de Construção (DPC), de 21 de dezembro de 1988, (Diretiva 89/106/CEE), foi criada com o objetivo de eliminar as barreiras técnicas à livre circulação dos produtos de construção que circulam no Espaço Económico Europeu (EEE) e que se destinam a ser utilizados em obras de construção e de engenharia civil.

A Diretiva foi transposta para a ordem jurídica portuguesa através de dois diplomas: o Decreto-Lei nº 113/93, de 10 de abril, e a Portaria nº 566/93, de 2 de junho, do Ministério da Indústria e Energia.

Com o objetivo de harmonizar as disposições relativas à aposição e à utilização da marcação CE, alguns dos artigos da DPC, bem como de mais onze Diretivas da Nova Abordagem, foram modificados pela Diretiva do Conselho 93/68/CEE, de 22 de julho de

1993. Esta diretiva foi transposta em Portugal pelo Decreto-Lei nº 139/95, de 14 de junho, que por sua vez foi posteriormente alterado pelo Decreto-Lei n.º 374/98, de 24 de novembro.

Em janeiro de 2007, o Decreto-Lei nº 113/93 foi novamente alterado pelo Decreto-Lei nº 4/2007, de 8 de janeiro, o qual, pelo seu Anexo V, procedeu à republicação do Decreto-Lei nº 113/93 incorporando as diversas alterações, bem como a Portaria nº 566/93.

A DPC estabelece que, para serem colocados no mercado, os produtos de construção - definidos, de acordo com o artigo 1.º da DPC, como todos os produtos destinados a ser permanentemente incorporados numa obra de construção, incluindo as obras de construção civil e de engenharia civil -, devem estar aptos ao uso a que se destinam, devendo por isso apresentar características tais que as obras onde venham a ser incorporados satisfaçam às seguintes exigências essenciais:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança em caso de incêndio;
- Higiene, saúde e proteção do ambiente;
- Segurança na utilização;
- Proteção contra o ruído;
- Economia de energia e isolamento térmico.

2.1.5 Juntas em revestimentos cerâmicos de paredes

A fisionomia de um revestimento constituído por ladrilhos cerâmicos está condicionada pela introdução de juntas entre as peças, não devendo a sua largura ser negligenciada na conceção de um paramento revestido com este material. O material a aplicar nas juntas deve ser impermeável, resiliente e compressível e apresentar resistência à água, aos agentes de limpeza, aos ataques químicos e ao desenvolvimento de microrganismos. No entanto, quando um revestimento cerâmico é aplicado, grande parte da área revestida torna-se totalmente impermeável ao vapor e à água líquida, pelo próprio facto de que os ladrilhos o são. O único local que pode ser permeável ao vapor é a junta entre os ladrilhos [63].

A difusão de vapor é uma importante função das juntas e que algumas normas e códigos de obras requerem que um mínimo de 10% da superfície revestida seja permeável ao vapor

de água, seja ele oriundo de infiltração ou da condensação da humidade do ar. Além disso, o autor [64] cita que, caso a humidade confinada pela baixa permeabilidade do revestimento sofra condensação intersticial, pode ter início uma deterioração interna da vedação.

2.1.5.1 Tipologia das juntas de revestimentos cerâmicos aderentes de paredes

Existem dois tipos de juntas, as juntas de construção, cuja finalidade é limitar o risco de levantamento e ruturas provocadas por movimentos estruturais (contração/expansão e flexão), e as juntas de assentamento (d.), que são dimensionadas pelo fabricante e utilizadas para compensar as expansões sofridas pelos ladrilhos, em particular as de carácter higrotérmico [15].

As juntas de construção podem ser estruturais (a.), periféricas (b.) ou intermédias (c.).

a. Juntas estruturais

São juntas já existentes na estrutura de betão e que têm obrigatoriamente que ser refletidas no revestimento, sendo feitas em obra ou pré-fabricadas reforçadas com perfis metálicos ou plásticos, ou de mástiques, para o seu preenchimento e tem a finalidade de absorver os movimentos estruturais previsíveis. Estas juntas devem ter uma largura igual ou superior às existentes no suporte e uma profundidade adequada para garantir o prolongamento das mesmas, podendo estar também localizadas nas zonas e transição entre diferentes materiais de suporte [15].

Na figura 2.18 apresenta-se um esquema representativo de uma junta estrutural simples utilizada num revestimento de parede.

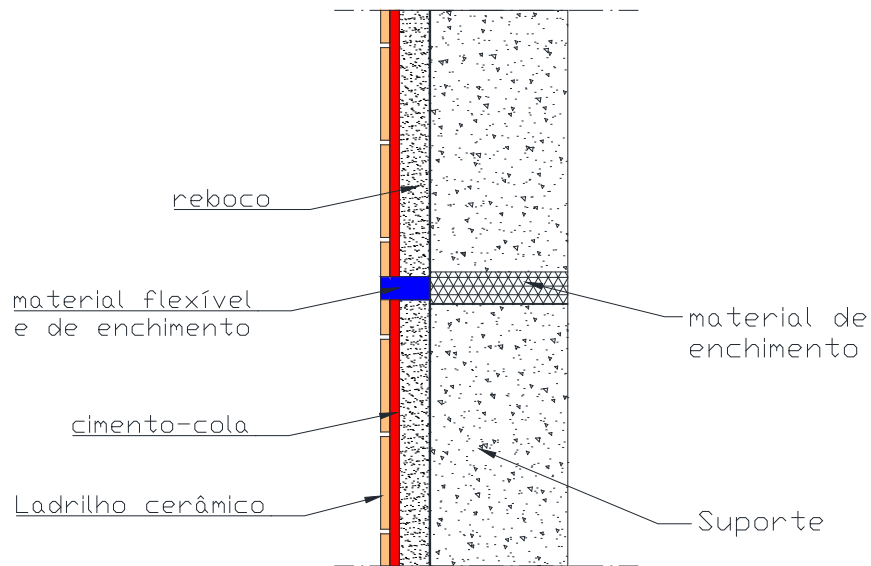


Figura 2.18 Esquema representativo de uma junta estrutural simples num revestimento de parede, adaptado de [15].

b. Juntas periféricas

Este tipo de juntas (figura 2.19), executa-se nos limites de superfícies revestidas (remates de vãos em revestimentos de paredes, por exemplo). Devem apresentar uma largura mínima de 5 mm e uma profundidade adequada para penetrar a totalidade da espessura do reboco do suporte. São feitas em obra ou pré-fabricadas, podendo em algumas situações (como juntas de esquina) utilizar-se apenas perfis metálicos ou plásticos para o seu tratamento [15].

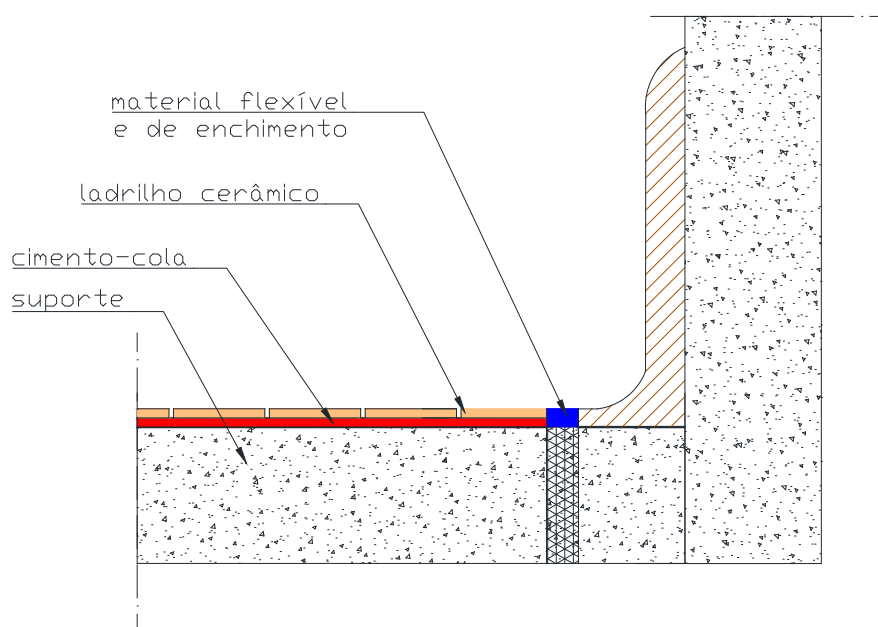


Figura 2.19 Esquema representativo de uma junta periférica num pavimento, adaptado de [15].

c. Juntas intermédias

As juntas intermédias (figura 2.20), têm como principal função evitar a fissuração e o descolamento dos ladrilhos devidos a tensões originadas por deformações de natureza higrotérmica do suporte, do material de assentamento e dos ladrilhos, devendo ter uma largura mínima de 5 mm (normalmente 10 a 12 mm) e uma profundidade que permita a penetração na totalidade da espessura da camada de regularização e assentamento. O seu preenchimento é efetuado inicialmente com um material de enchimento (fundo da junta compressível), devendo ser em seguida reforçada com um perfil pré-fabricado metálico ou plástico. A zona superficial da junta deve ser preenchida com o mesmo material utilizado no preenchimento das juntas de movimento do revestimento ou com mástique, dependendo da sua largura [65].

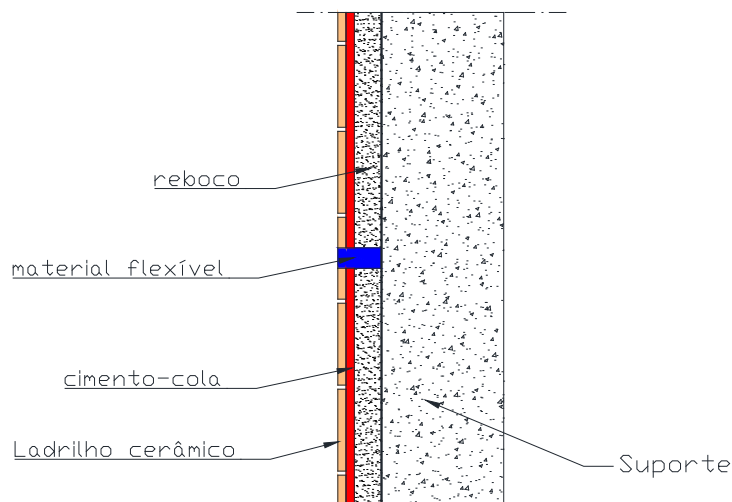


Figura 2.20 Esquema representativo de uma junta intermédia num revestimento de parede, adaptado de [15]

A definição deste tipo de juntas permite dividir o revestimento, quando extenso, em áreas menores e aproximadamente quadradas. Estas áreas deverão ser especificadas e dependem da espessura e flexibilidade da camada de assentamento e da agressividade do ambiente de exposição.

d. Juntas de assentamento

As juntas de assentamento são espaços entre as placas cerâmicas que compõem o revestimento, preenchidos com material flexível. Estas juntas têm como funções, facilitar o alinhamento das peças, de absorver as tensões geradas pelas dilatações termo

higroscópicas sofridas pelos ladrilhos cerâmicos, harmonizar esteticamente o tamanho das peças, o tamanho do plano e do parâmetro e a largura das juntas e também de facilitar, caso seja necessário, a remoção das peças [66].

Realizando-se um levantamento da terminologia utilizada nas normas e documentos técnicos para projeto e execução de revestimentos cerâmicos colados, encontrou-se a terminologia resumida no quadro 2.18.

Quadro 2.18 Terminologia utilizada para juntas de movimentação em revestimentos.

Norma	Terminologia
AS 3958-2 [67]	Juntas de movimentação: descontinuidades na superfície revestida, preenchidas com materiais permanentemente deformáveis com funções de separação da superfície de elementos fixos; subdivisão de grandes áreas em áreas menores; interrupção da superfície onde existirem descontinuidades no substrato, tais como juntas estruturais.
NBR 13755 [68]	Junta estrutural: espaço regular cuja função é aliviar tensões provocadas pela movimentação da estrutura de betão. Junta de movimentação: espaço regular cuja função é subdividir o revestimento para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento. Junta de dessolidarização: espaço regular cuja função é separar o revestimento para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento.
DIN 18515-1 [69]	Junta de movimentação: uma junta prevista na estrutura, revestimento ou entre elementos construtivos para acomodar movimentos ou absorver tensões. Junta de transição: separar revestimentos e componentes do edifício que têm diferentes coeficientes térmicos
CEN/TR 13548 [39]	Juntas de movimentação: juntas em revestimentos modulados ou substratos, projetadas para acomodar movimentos. São classificadas em juntas estruturais, periféricas e intermédias Juntas estruturais: juntas de movimentação no revestimento cerâmico que corresponde a uma junta estrutural da base. Juntas periféricas: juntas de movimentação para isolar o revestimento cerâmico dos elementos construtivos adjacentes. Juntas intermédias: junta que divide uma grande área de revestimento cerâmico em áreas menores.
De acordo com [2]	Juntas de movimentação: são projetadas para <u>absorver tensões</u> geradas por movimentações do revestimento e/ou de sua base suporte e são subdivididas em: Juntas estruturais ou juntas de dilatação – cuja função é <u>absorver as movimentações</u> do edifício como um todo. Juntas de controlo – cuja função é absorver tensões provocadas por movimentações do próprio revestimento e/ou da sua base suporte. As juntas de controlo são subdivididas em: Junta de trabalho: são utilizadas apenas na camada de revestimento cerâmico, em posições passíveis de aparecimento de fissuras, dividindo os painéis de revestimento (dissipação de tensões geradas por deformações intrínsecas ao revestimento) Junta de transição: servem para separar as interfaces entre o revestimento e outros componentes de vedação. Juntas de contorno: juntas utilizadas para união ou separação de diferentes materiais na camada mais externa dos revestimentos.

Ainda a partir de [70], [35] e [64] foram resumidas as funções das juntas de assentamento em revestimentos de fachadas:

- Dissipar tensões geradas por movimentações da sua base de suporte, sobretudo do comportamento resultante da interação estrutura-vedação;
- Dissipar tensões geradas por deformações intrínsecas aos revestimentos, permitindo a dissipação de tensões pela subdivisão de extensas áreas de revestimentos em pequenas áreas, para minimizar as tensões induzidas pela variação térmica ou higroscópica;
- União ou separação de revestimentos e componentes do edifício que têm diferentes coeficientes térmicos;
- Permitir mudanças de planos de revestimentos;
- Impedir que a superfície revestida sofra com as descontinuidades do substrato, tais como as juntas estruturais.

Apresenta-se no quadro 2.19 as larguras de juntas de movimento recomendadas para RCA, em função do tipo de ladrilho e aplicação.

Quadro 2.19 Larguras aconselhadas para as juntas de movimento de RCA de pavimento e de parede (s = superfície do ladrilho) [47].

Tipo de aplicação		Tipo de ladrilho	Largura mínima da junta (mm)
	Exteriores	Extrudido	6
Pavimentos		Prensado	5
	Interiores	Extrudido	6
		Prensado (s ≤ 500 cm ²)	2
		Prensado (s > 500 cm ²)	3
	Exteriores	Extrudido	6
Paredes		Prensado	4
	Interiores	Extrudido	6
		Prensado (s ≤ 500 cm ²)	2
		Prensado (s > 500 cm ²)	3

Conforme se pode verificar nas recomendações apresentadas, os ladrilhos extrudidos, devido ao maior potencial de expansão com a humidade, necessitam de juntas de largura superior aos ladrilhos prensados. No geral, em termos de aplicação, a largura das juntas aumenta com a exigência da exposição aos ataques físicos e químicos dos RCA.

Para o utilizador final, o aspeto de maior importância no revestimento cerâmico é a sua estética, ou por outras palavras, a opinião do observador sobre a aparência do ambiente revestido [63].

2.1.5.2 Classificação dos materiais não-tradicionais de preenchimento das juntas em RCA de paredes.

As juntas de RCA podem ser classificadas em dois grupos principais de materiais definidos na norma europeia EN 13888:2009 (Ed. 2) [62] – Grout for tiles – Requirements, evaluation of conformity, classification and designation: CG ("cement grout"), argamassas à base de cimento, ou RG ("resin grout"), argamassas à base de resinas de reação. Apresenta-se no quadro 2.20 e 2.21 a caracterização sumária dos materiais pertencentes aos grupos citados.

Quadro 2.20 Caracterização dos vários tipos de material de preenchimento de juntas em RCA [15].

	Composição	Gama de larguras (mm)	Aplicações aconselhadas	Caraterísticas principais
CG – argamassa à base de cimento	Calda de cimento tradicional, sem inertes	≤ 4	Paredes interiores	Elevada retração
	Argamassa tradicional (2 volumes de cimento para 1 de areia)	3 a 15	Pavimentos interiores e exteriores	Custo reduzido com retração controlada
	Argamassa de cimento com elevado teor de resinas	3 a 20	Revestimentos e pavimentos exteriores; juntas flexíveis	Resistência adequada aos agentes atmosféricos exteriores
RG – argamassa à base de resina de reação	Argamassa epóxida, fornecida em 2 componentes (líquidos), sendo 1 deles resina (ligante) e o outro o endurecedor	3 a 15	Piscinas, cozinhas industriais ou indústria média/pesada; exteriores, mesmo em condições ambientais agressivas	Utilização satisfatória quando a frequência das limpezas é elevada e quando se exige alta resistência química e mecânica; aplicação e limpeza de exigência técnica elevada
Argamassas à base de silicatos, completamente inorgânicas	Argamassas compostas por silicatos (ligante) e aditivos especificamente selecionados (fornecida em pó)	3 a 15	Revestimentos ou pavimentos (interiores e exteriores) mesmo em locais onde a agressividade química é elevada	Aplicação semelhante às argamassas de base cimentícia; elevadas prestações mecânicas, alta resistência à abrasão e adequada resistência química

Quadro 2.21 Caracterização dos vários tipos de material de preenchimento de juntas de acordo com a norma EN 13888:2009 (Ed. 2) [62].

Tipo	Classe	Descrição
CG	1	Argamassa cimentícia normal
	2W	Argamassa cimentícia melhorada com redução de absorção de água
	2A	Argamassa cimentícia melhorada com elevada resistência à abrasão
	2WA	Argamassa cimentícia melhorada com elevada resistência à abrasão e redução de absorção de água
RG		Argamassa à base de resina de reação

2.1.5.3 Materiais de preenchimento de juntas comercializados em Portugal

De forma semelhante ao apresentado para os ladrilhos cerâmicos e as argamassas de assentamento (ver §2.1.2.5 e §2.1.4.1), também foi efetuada a análise dos catálogos (em papel, suporte informático e disponíveis na Internet) de 11 empresas portuguesas que produzem ou comercializam argamassas pré-doseadas (de fábrica) para a betumação de juntas de RCA, as quais representaram em 2011 vendas de cerca de 6800 toneladas, correspondendo a um volume de vendas de 4,032,600 euros. Estas empresas também comercializam argamassas de assentamento de RCA (existindo mesmo algumas argamassas que são adequadas aos dois tipos de utilização).

As empresas indicadas comercializam 4 tipologias de argamassas de preenchimento de juntas. Neste tipo de material, as empresas já começam a dar a devida importância à classificação normalizada, verificando-se que a totalidade das empresas identifica o grupo a que pertencem os produtos que comercializam, de acordo com a norma europeia EN 13888:2009 [62], resultando a distribuição das 4 tipologias pelos vários grupos que se apresenta na fig. 2.21.

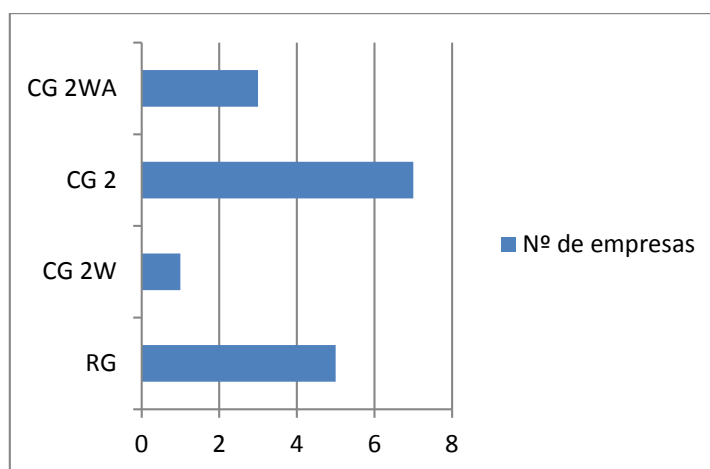


Figura 2.21 Distribuição das 4 tipologias de materiais para o preenchimento de juntas pelas várias classes normalizadas e quantificação do número de empresas que as comercializam.

Conclui-se assim que 69% das argamassas de betumação analisadas são de base cimentícia, sendo as restantes constituídas por argamassas à base de resinas de reação. Esta oferta está de acordo com o consumo real verificado na construção portuguesa, dado que a maior parte dos RCA é executada em interiores de espaços habitacionais, sendo por isso utilizadas para o seu assentamento argamassas à base de cimento, com agregados. As argamassas à base de resinas de reação ou de silicatos têm um âmbito de aplicação mais limitado, sendo utilizadas em zonas mais solicitadas ou mais expostas a agentes agressivos.

2.1.5.4 Controlo de produção

Juntamente com a verificação do grupo ao qual pertence cada um dos produtos analisados, foi analisada a informação fornecida pelas empresas relativa à conformidade dos materiais de preenchimento de juntas com as normas de ensaio em vigor, em termos de propriedades físicas. Apresenta-se, no quadro. 2.22, o balanço relativo à percentagem de produtos, que referem em catálogo o valor característico da grandeza medida no ensaio normalizado ou, nos casos em que este não existe, os valores estimados de cada uma das características, entre as quais estão:

- Resistência à abrasão (EN 12808-2:2008 (Ed 2)) [71];
- Resistência à flexão aos 28 dias (EN 12808-3:2008 (Ed 2)) [72];

- Resistência à flexão após ciclos de gelo-degelo (EN 12808-3:2008 (Ed 2)) [72];
- Resistência à compressão aos 28 dias (EN 12808-3:2008 (Ed 2)) [72];
- Resistência à compressão após ciclos de gelo-degelo (EN 12808-3:2008 (Ed 2)) [72];
- Retração (EN 12808-4:2009 (Ed 2)) [73];
- Absorção de água após 30 minutos (EN 12808-5:2008 (Ed 2)) [74];
- Absorção de água após 4 horas (EN 12808-5:2008 (Ed 2)) [74].

Quadro 2.22 Conformidade do material de preenchimento de juntas na amostra com a normalização em vigor [62].

Norma de ensaio	Propriedade	Nº de empresas que indicam o valor
EN 12808-2:2008 (Ed 2) [71]	Resistência à abrasão	8/11
EN 12808-3:2008 (Ed 2) [72]	Resistência à flexão aos 28 dias	8/11
EN 12808-3:2008 (Ed 2) [72]	Resistência à flexão após ciclos de gelo-degelo	8/11
EN 12808-3:2008 (Ed 2) [72]	Resistência à compressão aos 28 dias	8/11
EN 12808-3:2008 (Ed 2) [72]	Resistência à compressão após ciclos de gelo-degelo	8/11
EN 12808-4:2009 (Ed 2) [73]	Retração	8/11
EN 12808-5:2008 (Ed 2) [74]	Absorção de água após 30 minutos	8/11
EN 12808-5:2008 (Ed 2) [74]	Absorção de água após 4 horas	8/11

Da observação do quadro 2.22, pode-se verificar que os fabricantes de produtos de preenchimento de juntas caracterizam-nos de forma satisfatória nos catálogos que apresentam, facilitando assim o sucesso da prescrição efetuada pelo projetista. No entanto, é de realçar que, em mais de 90% dos produtos analisados, é indicado de forma explícita o campo de aplicação dos mesmos (pavimentos e/ou revestimentos, interiores e/ou exteriores, bem como o nível de agressividade do ambiente) e as características das juntas em que podem ser utilizados (larguras máximas e/ou mínimas e tipo de juntas: assentamento, esquadramento e/ou estruturais).

No anexo B mostra-se com mais pormenor quais as empresas que indicam os valores e a respetiva norma.

No quadro 2.22, foram resumidas as propriedades dos materiais de preenchimento das juntas para as quais os fabricantes apresentam valores característicos nos respetivos catálogos. No entanto, existem outros ensaios que possibilitam o controlo de qualidade de produção deste material, após a sua aplicação, como sejam [65]:

- Determinação da permeabilidade ao vapor de água (NP EN 1015-19:2008 (Ed 2)) [75];
- Determinação da aderência aos ladrilhos e ao suporte (EN 1348:2007 (Ed. 2) [55] e EN 1015-12:2000 (Ed. 1) [76], por tração normal, e EN 1324:2007 (Ed. 2) [57], por corte);
- Determinação do tempo de trabalhabilidade (EN 1015-9:1999/A 1:2006 (Ed. 1)) [50].

2.1.5.5 Comparação entre materiais tradicionais e não-tradicionais de preenchimento de juntas de RCA de paredes

As argamassas tradicionais e as argamassas não-tradicionais possuem constituintes comuns, os quais desempenham funções muito específicas, sendo por isso necessário definir com exatidão as características e a quantidade de cada um a incorporar numa argamassa de preenchimento das juntas. Apresenta-se de forma resumida no quadro 2.23 as funções de cada um desses constituintes.

Quadro 2.23 Função de cada um dos constituintes do material de preenchimento de juntas [77].

Componente	Funções principais
Cimento	Resistência mecânica
Agregados	Contribuem para a resistência mecânica; evitam a formação de fissuras; melhoram a trabalhabilidade
Resinas	Aumentam a flexibilidade e diminuem o módulo de deformação; melhoram a trabalhabilidade; diminuem a retenção e a absorção de água; aumentam a resistência à abrasão e à tração
Aditivos à base de celulose	Melhoram a retenção de água necessária à hidratação do cimento; aumento da trabalhabilidade

As juntas de RCA podem ser preenchidas, para além dos materiais não-tradicionais caracterizados no §2.1.5.2, por uma argamassa tradicional para juntas até 10 mm. Quando se utiliza este material em exteriores, deve-se incorporar um aditivo hidrófugo, de forma a aumentar a sua resistência à penetração de água.

As argamassas tradicionais apresentam como características principais, quando comparadas com os materiais industrializados, o baixo controlo de produção, problemas de retração e elevada rigidez, sendo o desempenho fortemente influenciado pelas condições de cura. Esta opção deve ser evitada em favor das argamassas industrializadas, dado que estas últimas apresentam como vantagens o controlo de produção e a qualidade de matéria-prima, o que garante a homogeneidade destas juntas, tanto em termos estéticos como em relação às propriedades mecânicas [63].

2.1.6 Principais exigências funcionais dos revestimentos cerâmicos aderentes

Para além dos requisitos essenciais enumerados no capítulo 2.1.4.3, outras exigências devem ser respeitadas na conceção de revestimentos cerâmicos de paredes.

O estabelecimento destas exigências decorre do facto dos edifícios, tanto de habitações, comércio, como de escritórios, serem indispensáveis à vida e à atividade do homem e por isso devem possuir características que correspondam/satisfizem as expectativas e necessidades humanas. Deste modo, os diversos elementos e componentes dos edifícios, cada um com as suas funções específicas, devem contribuir para a satisfação global das necessidades dos utentes.

No quadro 2.24 apresenta-se um resumo de tudo o que foi dito até agora sobre as exigências funcionais para revestimentos cerâmicos de paredes.

Quadro 2.24 Resumo das principais exigências funcionais dos revestimentos cerâmicos.

Exigências	Tipos de exigências		Descriminação das exigências	
Segurança	Estabilidade	Estabilidade perante solicitações normais de uso	Peso Próprio Solicitações climáticas Choques normais	
		Estabilidade perante solicitações de carácter accidental	Choques accidentais	
	Segurança contra riscos de incêndio	Reação ao fogo		
	Segurança no uso	Segurança no contacto	Rugosidade dos paramentos Temperatura dos paramentos	
Compatibilidade com o suporte	Compatibilidade geométrica			
	Compatibilidade mecânica			
	Compatibilidade química			
Estanqueidade	Estanqueidade à água	Estanqueidade à água da chuva	Permeabilidade ao vapor de água	
			Permeabilidade à água	
			Absorção de água	
Termo higrométricas	Isolamento térmico			
Conforto visual	Planeza	Planeza geral		
		Planeza localizada		
	Verticalidade			
	Retidão das arestas			
	Regularidade e perfeição da superfície	Defeitos de superfície		
		Largura das fissuras		
	Homogeneidade	Enodoamento pela poeira	Homogeneidade da temperatura superficial interior	
Cor e brilho		Diferenças de cor Diferenças da refletância difusa		
Adaptação à utilização normal	Resistência a ações de choque e de atrito	Resistência aos choques		
		Resistência à riscagem	Classes de resistência à riscagem	
	Resistência à ação da água	Resistência à água da chuva		
		Resistência às projeções accidentais de água		
		Resistência à lavagem por via húmida		
		Resistência aos vapores húmidos		
	Aderência ao suporte	Resistência ao arrancamento por tração		
		Resistência à peladura		
Resistência ao enodoamento pela poeira	Resistência à formação de nódoas			
	Lavabilidade			
Exigências de resistência à suspensão de cargas				
Durabilidade	Resistência aos agentes climáticos	Resistência ao calor		
		Resistência ao frio		
		Resistência à água		
		Resistência à luz		
		Resistência aos choques térmicos		
	Resistência aos produtos químicos do ar	Resistência ao ozono		
		Resistência ao dióxido de azoto		
		Resistência ao dióxido de enxofre		
			Resistência a soluções amoniacais	
	Exigências de resistência à erosão provocada pelas partículas sólidas em suspensão no ar			
Exigências de resistência à fixação e ao desenvolvimento de bolores				

2.2 Aplicação de revestimentos cerâmicos aderentes

A execução de um RCA, quer seja aplicado em camada fina ou em camada espessa, é constituída, por ordem cronológica, por cinco fases principais:

1. Preparação do suporte;
2. Aplicação do material de assentamento;
3. Assentamento dos ladrilhos;
4. Preenchimento das juntas;
5. Limpeza final.

Descrevem-se em seguida os procedimentos e os cuidados essenciais que devem ser considerados em cada fase do assentamento de RCA em camada fina, o qual constitui a técnica de assentamento mais utilizada na atualidade no nosso país, e em camada espessa. Refira-se que os tempos de espera entre as várias fases de execução de um RCA têm de ser respeitados, de forma a permitir que ocorram as partes mais significativas das deformações iniciais e das variações dimensionais irreversíveis dos materiais que o constituem. Estes períodos de espera dependem das características e funções desempenhadas pelos materiais, das condições de cura dos materiais cimentícios, do tipo, dimensão e nível de exposição do elemento a revestir e do respetivo estado de planeza e limpeza. Quando um RCA é aplicado sobre um suporte rebocado, esta atividade deve ser precedida pela secagem do suporte, de modo a permitir a cura do mesmo [15, 65].

2.2.1 Preparação do suporte

Nesta fase, deve ser efetuada a verificação das dimensões do suporte e da respetiva esquadria, de forma a ser definida pelo arquiteto a largura e localização de todas as juntas e a ser reduzido ao mínimo o número de cortes. Deverão ser colocadas cruzetas, que marcam com exatidão a localização e largura das juntas, e marcados os alinhamentos verticais e horizontais das primeiras fiadas com linhas de *nylon*.

LUCAS e ABREU [65] resumiram a influência de cada característica do suporte na qualidade da colagem dos ladrilhos. Assim, a falta de planeza pode levar à execução de uma camada de regularização do suporte ou ao assentamento através de uma argamassa tradicional,

pelo método da camada espessa. A rugosidade, apesar de aumentar a aderência dos adesivos, pode também obrigar à utilização deste método. Para a aplicação de RCA, as irregularidades no suporte, avaliadas com uma régua de 2 m de comprimento, não deverão ser superiores a 5 mm, enquanto que os desvios da verticalidade (avaliados com um fio de prumo de 3 m) não deverão ser superiores a 10 mm por andar, no caso dos RCA aplicados em fachadas. Um suporte muito poroso torna necessária a realização de uma operação prévia de tratamento com um primário ou por humedecimento, enquanto que um suporte de baixa absorção de água retarda o humedecimento e apenas permite a aderência química do material de assentamento, pelo que este último tem de ser escolhido tendo em conta esta condicionante. O estado de limpeza do suporte também influencia a qualidade da colagem, dado que uma superfície pulverulenta ou oleosa condiciona a aderência do material de assentamento, devendo, quando necessário, ser efetuada uma limpeza com jato de água do suporte.

2.2.2 Aplicação do material de assentamento

A fase de aplicação deve ser iniciada com a preparação e mistura mecânica (figura 2.22) do material de assentamento (conforme indicações do fabricante no caso dos cimentos-cola), utilizando-se para tal água potável de preferência isenta de cloretos.



Figura 2.22 Mistura mecânica do material de assentamento [78].

2.2.2.1 Aplicação com argamassas tradicionais

A aplicação de ladrilhos cerâmicos pelo método da camada espessa (argamassa tradicional) pode ser feita através de diversas técnicas, já em desuso, tais como [15]:

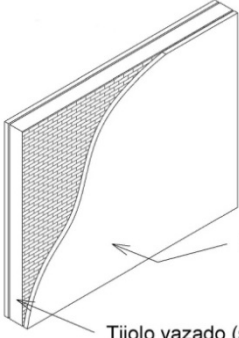
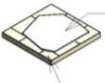
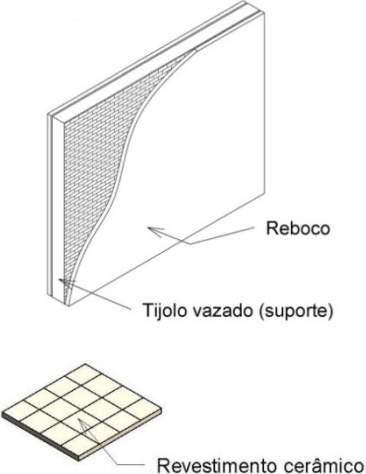
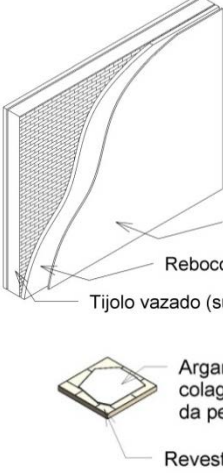
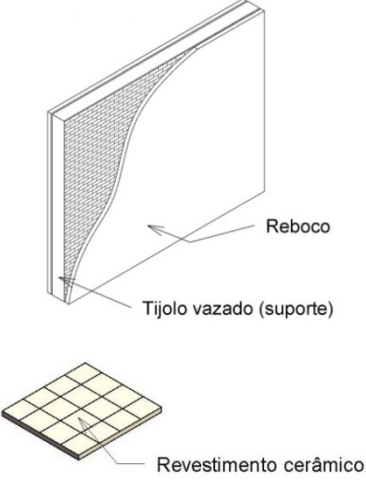
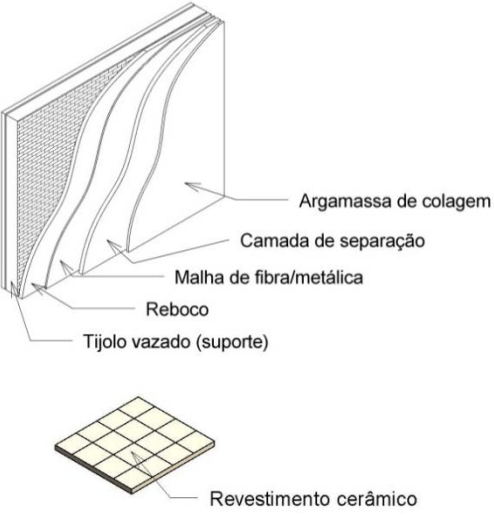
- V1 – Este método consiste na aplicação da argamassa de colagem diretamente no tardo dos ladrilhos;
- V2 – Neste método a argamassa de colagem é aplicada numa camada única de argamassa tradicional de 10 a 15 mm de espessura (com traço em volumes aparentes entre 1:3 e 1:5 em cimento: areia média húmida), a qual é acabada à régua e deixada endurecer de forma a suportar o peso dos ladrilhos; quando tal se verificar, aplica-se uma camada de argamassa no tardo do ladrilho (estando a espessura dependente da rugosidade desta superfície) e, pressionando momentaneamente, colocam-se os ladrilhos na posição devida;
- V3 – Neste método a argamassa de colagem é aplicada sobre uma camada de separação previamente instalada sobre o suporte existente, permitindo alguns ajustes.



Figura 2.23 Espalhamento e sarrafagem da argamassa para nivelamento do pavimento [79].

Apresenta-se no quadro 2.25 um esquema das diferentes técnicas de assentamento de ladrilhos cerâmicos com argamassa tradicional em paredes.

Quadro 2.25 Técnicas de assentamento de ladrilhos cerâmicos com argamassas tradicionais em paredes, (adaptado de [15]).

	Preparação	Execução
Método V1	 <p>Reboco</p> <p>Tijolo vazado (suporte)</p>	 <p>Argamassa de colagem no tardo da peça</p> <p>Revestimento cerâmico</p>
Método V2	 <p>Reboco</p> <p>Tijolo vazado (suporte)</p> <p>Revestimento cerâmico</p>	 <p>Argamassa de colagem</p> <p>Reboco</p> <p>Tijolo vazado (suporte)</p> <p>Argamassa de colagem no tardo da peça</p> <p>Revestimento cerâmico</p>
Método V3	 <p>Reboco</p> <p>Tijolo vazado (suporte)</p> <p>Revestimento cerâmico</p>	 <p>Argamassa de colagem</p> <p>Camada de separação</p> <p>Malha de fibra/metálica</p> <p>Reboco</p> <p>Tijolo vazado (suporte)</p> <p>Revestimento cerâmico</p>

2.2.2.2 Aplicação com argamassas industriais (cimentos-cola)

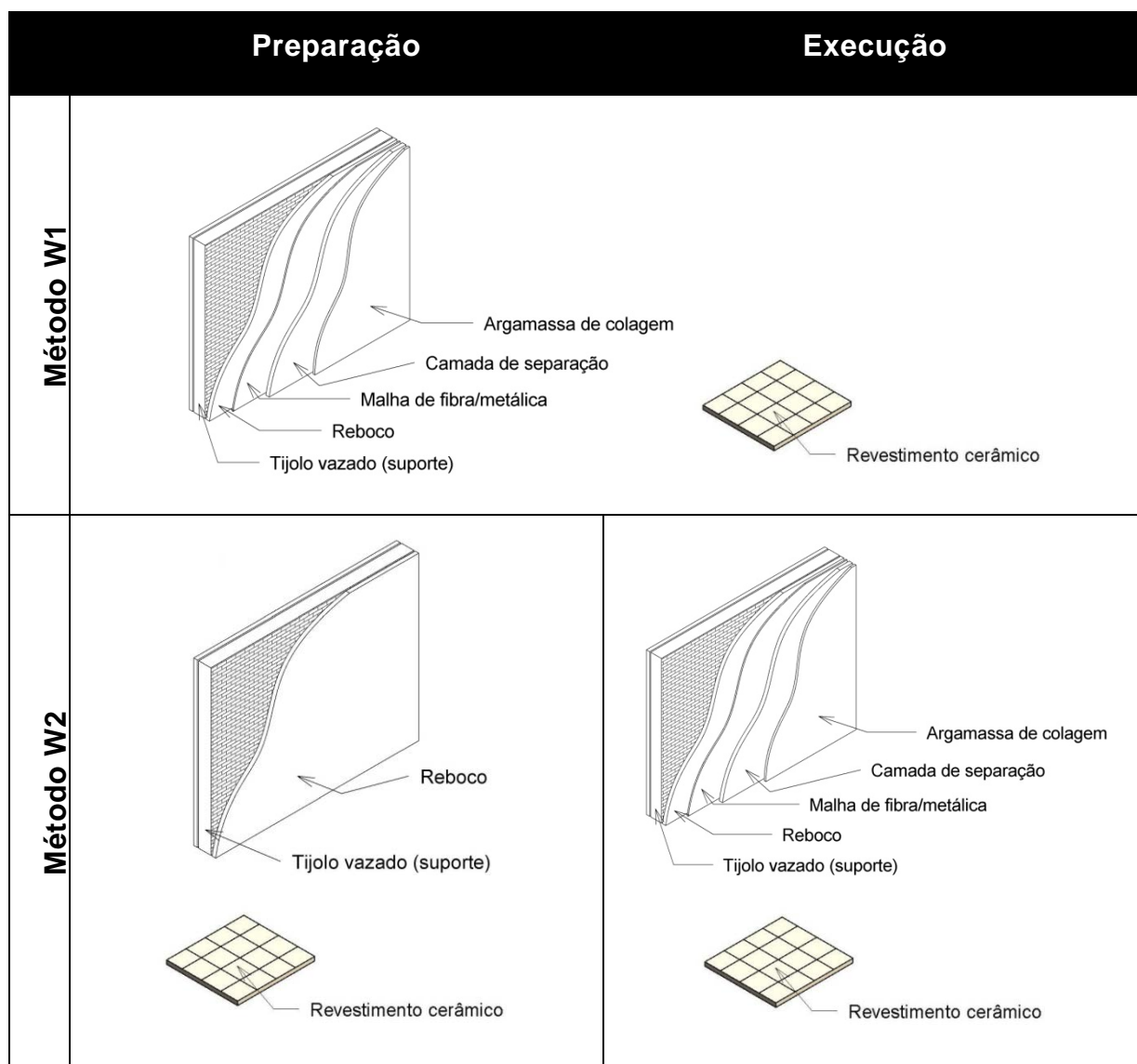
No caso do método da camada fina, após o nivelamento do pavimento ou da parede, o adesivo deverá ser espalhado (com a espessura adequada à utilização) e comprimido contra o suporte num ângulo de 45° com o lado liso da talocha, de maneira a formar uma camada uniforme (figura 2.24). Utiliza-se em seguida o lado denteado da talocha para formar cordões de adesivo que facilitam o nivelamento e a fixação dos ladrilhos [78].



Figura 2.24 Espalhamento do adesivo no suporte com o lado liso e denteado da talocha [78].

Apresenta-se no quadro 2.26 um esquema das diferentes técnicas de assentamento de ladrilhos cerâmicos com cimentos-cola em paredes.

Quadro 2.26 Técnicas de assentamento de ladrilhos cerâmicos com argamassas tradicionais em paredes, adaptado de [15].



Para ladrilhos de dimensão (20 x 20) cm ou superior, são indicadas no quadro 2.27 as alturas mínimas dos dentes da talocha que permitem garantir o máximo contacto entre o material de assentamento e o ladrilho. No caso da colagem dupla, o espalhamento do adesivo é também efetuado no tardo do ladrilho.

Quadro 2.27 Alturas mínimas dos dentes da talocha a utilizar no assentamento de ladrilhos de grande formato [80].

Dimensão dos ladrilhos	Altura mínima dos dentes da talocha
(20 x 20) cm	8 mm
(25 x 25) cm	10 mm (e assentamento com colagem dupla)
(30 x 30) cm	12 mm (e assentamento com colagem dupla)
(40 x 40) cm ou superior	> 12 mm (e assentamento com colagem dupla)

O assentamento de ladrilhos em camada fina, com adesivos, permite uma maior racionalização desta fase construtiva, da qual resulta um aumento de produtividade e a poupança de materiais [70]. Esta técnica permite separar a obra em tosco da obra limpa, dado que evita a execução em conjunto da regularização e da fixação do acabamento final, e diminui os efeitos da retração da camada de regularização do suporte.

Apresenta-se no quadro 2.28 a caracterização de cada um dos grupos referidos em termos de designação, aplicações usuais, vantagens e cuidados imprescindíveis na sua aplicação.

Quadro 2.28 Aplicação, vantagens e cuidados na aplicação dos vários tipos de adesivos para ladrilhos cerâmicos, adaptado de [15].

Designação	Aplicações aconselhadas	Vantagens	Cuidados na aplicação
C – Cimentos-cola standard	Ladrilhos de porosidade média ou elevada em interiores, em suportes à base de cimento	Custo reduzido, rapidez de aplicação, colagem de peças porosas no interior das habitações	Aplicação em suportes limpos
C – Cimentos-cola de derivados celulósicos	Pavimentos interiores e exteriores (ladrilhos porosos), revestimentos interiores e piscinas	Elevada resistência à água	Aplicação em suportes estabilizados; espessura menor do que 10 mm
C – Cimentos-cola de dois componentes	Pavimentos ou revestimentos de parede de betão ou de cerâmica antiga e revestimentos de parede rebocados	Elevado poder de colagem, mesmo em ladrilhos de grande formato	Aplicação em suportes estabilizados e totalmente limpos; espessura menor do que 10 mm
C – Cimentos-cola de ligantes mistos	Revestimentos de fachada, pavimentos de tráfego intenso; ladrilhos de qualquer formato e porosidade	Alta flexibilidade; colagem sobre madeira	Aplicação em suportes estabilizados e de baixa porosidade
C – Cimentos-cola aluminosos	Ladrilhos até (60 x 60) cm, pouco porosos, em todo o tipo de suportes (exceto pavimentos em madeira)	Colagem sobre pavimentos cerâmicos; adequado para exteriores; incluindo ambientes frios	Aplicação em suportes estabilizados e de baixa porosidade e limpos; espessura menor do que 10 mm
D – Colas de dispersão aquosa	Todo o tipo de pavimentos e revestimentos, com exceção de suportes metálico	Reparação de pavimentos e revestimentos, elevada elasticidade; pasta pronta a aplicar	Aplicação em suportes estabilizados; não resistente à água nem ao gelo
R – Colas de resina de reação	Pavimentos e revestimentos de indústrias químicas, laboratórios, piscinas	Aplicação em ambientes quimicamente agressivos; aplicação sobre metal; endurecimento por reação química	Apresenta um custo bastante elevado, devendo a sua utilização ser devidamente justificada

2.2.3 Assentamento dos ladrilhos

Esta fase já foi descrita no §2.1.4 para o caso do método de camada espessa. No método de camada fina, a colocação dos ladrilhos deverá fazer-se através de uma pressão necessária para garantir que se consegue o completo esmagamento dos cordões do adesivo e formar uma camada uniforme, garantindo o contacto pleno com o tardo do ladrilho e a planeza da superfície a revestir, podendo ser auxiliada pela utilização de um maço de borracha (figura 2.25) [78].



Figura 2.25 Utilização de um maço de borracha para garantir o abatimento dos cordões de cimento-cola [78].

Esta colocação terá de respeitar sempre os tempos característicos do adesivo: tempo de vida útil, tempo aberto e tempo de repouso. Quando o adesivo utilizado no método da camada fina atinge o fim do tempo aberto, o que pode acontecer num tempo diferente do que é indicado pelo fabricante devido às ações ambientais

Nos casos em que os ladrilhos são muito porosos ou a humidade relativa ambiente é muita baixa, será sempre preferível utilizar primários que melhorem a qualidade da colagem do que humedecer os ladrilhos, dado que este último método é prejudicial à colagem com os materiais que se utilizam atualmente em RCA [65].

2.2.4 Preenchimento das juntas entre ladrilhos

Os ladrilhos devem ser aplicados com juntas retas e regulares, cuja largura depende do tipo e formato destes e das ações específicas da utilização. As juntas de movimento costumam realizar-se com a ajuda de cruzetas, acessórios em forma de cruz, que permitem garantir a largura constante das mesmas. As cruzetas são normalmente plásticas (fig. 2.26) e devem ser retiradas do revestimento antes de se proceder ao preenchimento das juntas com um material de betumação adequado [81].



Figura 2.26 Exemplo de cruzetas de PVC aplicadas em pavimento.

No entanto a utilização de cruzetas (ou espaçadores) leva a um assentamento de baixa qualidade, dado que o ladrilho é apenas "colocado" no lugar que lhe está reservado, sendo difícil abater os cordões do adesivo utilizando esta técnica, mesmo que se batam em seguida os ladrilhos com um maço com cabeça de borracha [63].

O preenchimento das juntas deve realizar-se pelo menos 24 horas após o assentamento dos ladrilhos, para garantir a secagem do material de assentamento. O material de preenchimento das juntas deve ser aplicado com uma espátula de borracha (fig. 2.27) de forma cuidada para que todas as juntas sejam uniformemente preenchidas.



Figura 2.27 Preenchimento das juntas com espátula de borracha [78].

2.2.5 Limpeza final

Os resíduos dos produtos utilizados no assentamento deverão ser limpos com uma esponja, através de um movimento na diagonal dos ladrilhos, conforme apresentado na fig. 2.28. Esta operação só deverá ocorrer após ter decorrido o tempo necessário à cura do material de preenchimento das juntas, o qual é indicado pelo fabricante.



Figura 2.28 Limpeza dos ladrilhos com esponja [78].

No caso de pavimentos a utilização do revestimento só poderá ocorrer depois de decorrido o período de cura do material de assentamento, definido pelo fabricante.

2.3 Patologias dos RCA

2.3.1 Caracterização das patologias

De acordo com [82], a patologia dá-se quando uma parte do edifício, em algum momento de sua vida útil, deixa de apresentar desempenho previsto. As patologias são evidenciadas por alguns sinais que, embora muitas vezes apareçam em alguns componentes, podem ter origem em outros componentes do revestimento. Quando há destacamento dum ladrilho cerâmico, isto não significa necessariamente que o problema foi causado pelo próprio ladrilho, o problema pode ter sido causado, por exemplo, por falta de experiência do aplicador, que não respeitou o tempo em aberto, sugerido pelo fabricante, do material de assentamento.

As falhas de execução de um revestimento cerâmico em fachadas no seu conjunto podem estar comprometidas e as consequências patológicas observadas tendem a aumentar, interferindo diretamente na durabilidade, impermeabilidade, nos riscos de quedas acidentais de ladrilhos cerâmicos e nos custos de manutenção [83].

2.3.2 Identificação de algumas patologias

De seguida são referidas, de um modo breve, algumas anomalias dos RCA.

2.3.2.1 Descolamentos

Os descolamentos (figura 2.29) são caracterizados pela perda de aderência dos ladrilhos cerâmicos do substrato, ou da argamassa de assentamento, quando as tensões surgidas no revestimento cerâmico ultrapassam a capacidade de aderência das ligações entre o ladrilho e a argamassa de assentamento. Devido à probabilidade de acidentes envolvendo os transeuntes e os custos para a sua restauração, esta patologia é considerada das mais prejudiciais.

De acordo com [84], as situações mais comuns de descolamento costumam ocorrer por volta de cinco anos após a conclusão da obra. A ocorrência cíclica das solicitações, somadas às perdas naturais de aderência dos materiais de fixação, em situações de

subdimensionamento dos sistemas, caracteriza as falhas que costumam resultar em problemas de quedas.



Figura 2.29 Descolamento num edifício de habitação [2].

2.3.2.2 Eflorescências

Este fenómeno (figura 2.30) caracteriza-se pelo aparecimento de formações salinas sobre algumas superfícies, podendo ter carácter pulverulento ou ter forma de crostas duras e insolúveis em água. Na grande maioria dos casos, o fenómeno é visível e de aspeto desagradável, mas em alguns casos específicos pode ocorrer no interior dos corpos, imediatamente abaixo da superfície. A eflorescência pode ser considerada um dano, seja por modificar visualmente o local onde se deposita ou por poder provocar degradações profundas [85].



Figura 2.30 Eflorescências na fachada de um edifício [2].

A eflorescência resulta da dissolução dos sais presentes na argamassa, ou nos componentes cerâmicos ou provenientes de contaminações externas e seu posterior transporte pela água através dos materiais porosos. Se, durante esse transporte, a concentração dos sais na solução aumentar (por perda de água ou aumento da quantidade de sais), eles poderão entrar num processo de cristalização e dar origem ao fenómeno. Ocorrendo superficialmente, é designada eflorescência, a mais amplamente encontrada e visível; se ocorrer internamente ao material, é chamada cripto eflorescência, muitas vezes de difícil identificação.

Para que a eflorescência se manifeste, são necessários e suficientes os seguintes fatores que se apresentam no quadro 2.29.

Quadro 2.29 Fatores necessários e suficientes que provocam o fenómeno de eflorescência [84].

Fatores	Tipos	Descriminação dos fatores
Água	Água da chuva	Tem grande probabilidade de penetrar através das juntas, em particular se forem mal executadas
	Água de condensação	Resulta das trocas de vapor de água entre o interior e o exterior através de meios porosos
	Água proveniente da fase de construção	A água de amassadura, o uso de proteções deficientes contra a chuva ou qualquer outro acontecimento que possibilite a concentração de humidade, podem ocasionar problemas em obras recentes. Paredes saturadas de água podem requerer semanas ou meses para que a secagem ocorra
Sais		Movimentam-se dissolvidos na água e dão origem efetivamente ao fenómeno
Gradiente hidráulico		Possibilita a movimentação da água e o transporte dos sais do interior para a superfície dos corpos afetados

2.3.2.3 Fendilhação

Estas patologias aparecem por causa da perda de integridade da superfície do revestimento cerâmico, que pode ficar limitada a um defeito estético (fissuras), ou pode evoluir para um destacamento (fendas).

As fendas são ruturas no próprio ladrilho cerâmico, provocadas por esforços mecânicos (ex.: tração axial, compressão axial ou excêntrica, flexão e torção), que causam a separação dos ladrilhos em partes, com aberturas superiores a 1 mm.

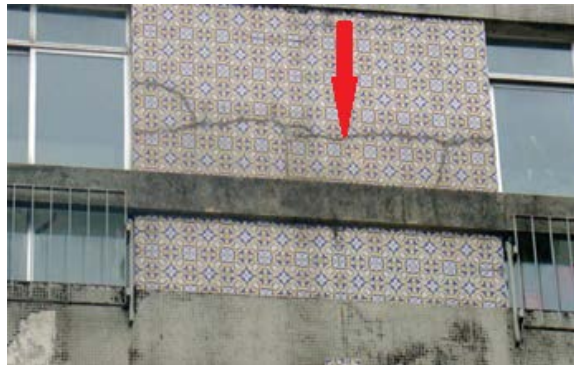


Figura 2.31 Fenda na fachada de um edifício de habitação [2].

As fissuras são aberturas inferiores a 1 mm e que não causam a rutura total do ladrilho cerâmico.

De acordo com [86], as variações de temperatura também podem provocar o aparecimento de fissuras nos revestimentos, devidas às movimentações diferenciais que ocorrem entre esses e as bases.

As fissuras e fendas também podem estar relacionadas com um recobrimento insuficiente das estruturas de betão. A oxidação do aço gera o aumento de volume e as tensões são transmitidas ao revestimento final.

As fissuras podem aparecer, também, entre as juntas e o ladrilho cerâmico. Os principais fatores que desencadeiam esta ocorrência são: cura deficiente devido às condições ambientais agressivas, retração excessiva da argamassa, aplicação de juntas com restos de argamassa e/ou sujidades e poeira, utilização de material de juntas para junta fina em junta larga e vice-versa, excesso de água de amassamento e movimentação excessiva do substrato.

2.3.3 Origem da patologia

Segundo [84], a origem da patologia do sistema de revestimento cerâmico está relacionada na maioria das vezes com as especificações de projeto (congenitas), assentamento (construtivas) e manutenção (adquiridas).

Não obstante, a falta de um projeto arquitetónico, o qual responde pela qualidade do processo dos materiais e execução (assentamento) e dos métodos de preservação (uso/manutenção) ao longo da vida útil do edifício, podem também se responsabilizar pelo

aparecimento de manifestações patológicas como casos ligados ao destacamento de ladrilhos cerâmicos, e conseqüentemente, pode vir a causar grandes prejuízos financeiros.

A patologia relacionada com o uso e a manutenção pode ocorrer devido ao desgaste do esmalte, enodoamento (ataque químico e mancha d'água), que acontecem em consequência da inexistência ou falha nas especificações, imperfeição dos aplicadores, ou ainda, do uso de produtos de limpeza inadequados para a classe correspondente do ladrilho.

Ainda de acordo com [87], a patologia pode ser classificada em seis grupos de causas principais: erros de projeto; erros de execução; ações de origem mecânica exterior; ações ambientais; falhas de manutenção e alterações das condições inicialmente previstas.

Apresenta-se nos quadros 2.30 e 2.31, um resumo das principais causas/origens da patologia dos RCA.

Quadro 2.30 Resumo das principais causas da patologia dos RCA [87].

Grupo	Causas
Erros de projeto	Escolha de materiais incompatível, omissa ou não adequada à utilização
	Estereotomia não conforme com as características do suporte
	Prescrição de colagem simples em vez de dupla
	Dimensionamento incorreto das juntas do RCA
	Inexistência de juntas periféricas, de esquartelamento ou construtivas
	Existência de zonas do RCA inacessíveis para limpeza
	Deficiente cuidado na pormenorização das zonas singulares dos RCA
	Inexistência ou insuficiência de penderes em pavimentos exteriores
	Inexistência ou anomalias dos elementos periféricos do RCA
	Deformações excessivas do suporte
	Humidade ascensional do terreno
Erros de execução	Utilização de materiais não prescritos e/ou incompatíveis entre si
	Aplicação em condições ambientais extremas
	Desrespeito pelos tempos de espera entre as várias fases de execução
	Aplicação em suportes sujos, polvorentos ou não regulares
	Desrespeito pelo tempo aberto do adesivo
	Espessura inadequada do material de assentamento
	Contato incompleto ladrilho-material de assentamento
	Assentamento de ladrilhos nas juntas de dilatação do suporte
	Colagem simples em vez de dupla
	Utilização de material de assentamento ou de preenchimento de juntas de retração elevada
	Preenchimento de juntas sujas
	Execução de juntas com largura ou profundidade inadequada/não execução
	Preenchimento incompleto das juntas de assentamento
	Desrespeito pela estereotomia do RCA
Encastramento de acessórios metálicos não protegidos nas juntas	

Quadro 2.31 (Continuação) Resumo das principais causas das patologias dos RCA [87].

Ações de origem mecânica exterior ao RCA	Choques contra o RCA
	Vandalismo/ <i>Graffiti</i>
	Concentração de tensões no suporte
	Circulação de pessoas ou veículos em pavimentos
	Deformação do suporte
Ações ambientais	Vento
	Radiação solar
	Exposição solar reduzida
	Choque térmico
	Lixiviação dos materiais do RCA que contêm cimento
	Humidificação do RCA
	Ação biológica
	Poluição atmosférica
	Criptofluorescências
Envelhecimento natural	
Falhas de manutenção	Ventilação insuficiente em interiores
	Falta de limpeza do RCA ou de zonas adjacentes
	Limpeza incorreta do RCA
	Anomalias em canalizações
Alteração das condições inicialmente previstas	Cargas excessivas em RCA de pavimentos
	Aplicação de cargas verticais excessivas em RCA de paredes
	Desrespeito pelo tempo de espera até à utilização do RCA de piso

3 Determinação experimental da absorção de água dos revestimentos cerâmicos.

3.1 Introdução

O estudo experimental foi realizado no Laboratório de Materiais de Construção do Departamento de Engenharia Civil, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Toda a parte experimental foi realizada por mim, tendo recebido previamente formação, pelos técnicos do laboratório, acerca do funcionamento de alguns aparelhos, principalmente da estufa.

Foram realizados 13 ensaios com um mínimo de 5 amostras por ensaio, que por motivos de logística não foi possível ensaiar mais amostras. As amostras consideradas pertencem todas ao grupo Bla da norma NP EN 14411:2008 [8], ou seja, a sua absorção é igual ou inferior a 0,5%.

Os ensaios foram realizados de acordo com a norma NP EN ISO 10545-3:2008 (Ed. 1) [12] - Determinação da absorção de água, da porosidade aberta, da densidade relativa aparente e da massa volúmica global (ISO 10545-3:1995, incluindo a Corrigenda Técnica 1:1997).

3.2 NP EN ISO 10545-3 – Determinação da absorção de água

3.2.1 Objetivo e campo de aplicação

O objetivo deste trabalho experimental foi determinar a percentagem de absorção de água dos ladrilhos cerâmicos.

Existem duas formas de realizar a impregnação com água dos poros abertos das amostras: por ebulição ou por imersão em vácuo. Por ebulição serão impregnados os poros abertos mais acessíveis; o método do vácuo impregnará a quase totalidade dos poros abertos.

O método por ebulição deve ser aplicado na classificação e caracterização dos ladrilhos. O método com vácuo deve ser aplicado na determinação da porosidade aparente, densidade relativa aparente e absorção de água.

Para o cálculo da absorção de água foi utilizado o método por ebulição, uma vez, que o laboratório não possui uma câmara de vácuo e sistema de vácuo. Deste modo, não foi possível determinar a porosidade aparente e densidade relativa aparente.

3.2.2 Princípio

O princípio consiste na impregnação de ladrilhos secos seguida de pesagem hidrostática e posteriormente no cálculo das características citadas anteriormente a partir das relações existentes entre as massas dos provetes secos e saturados em água.

3.2.3 Aparelhos e utensílios

1. Estufa.

A estufa é um equipamento elétrico utilizado para dessecação ou secagem de substâncias sólidas e evaporações lentas de líquidos.

A estufa do laboratório de materiais de construção do ISEL (figura 3.1) tem a capacidade de funcionar a 110 ± 5 °C, condição essencial para a realização dos ensaios.



Figura 3.1 Estufa do laboratório de materiais do ISEL.

2. Aparelho de aquecimento

O aparelho de aquecimento (figuras 3.2 e 3.3), deve ser fabricado com um material inerte adequado, no qual é posta a água em ebulição.



Figura 3.3 Exterior do Aparelho de aquecimento.

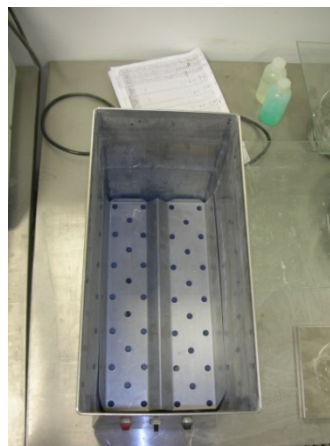


Figura 3.2 Interior do aparelho de aquecimento.

3. Balança

A balança digital é um dos instrumentos de medida mais usados no laboratório e dela dependem basicamente todos os resultados analíticos.

As balanças digitais modernas, que podem cobrir faixas de precisão de leitura da ordem de 0,1 μg a 0,1 mg, já estão bastante aperfeiçoadas a ponto de dispensarem o uso de salas especiais para a pesagem. A balança utilizada na experiência (figura 3.4) possui uma precisão de 0,01 % da massa do provete, tal como a norma assim o exige.



Figura 3.4 Balança com precisão de 0,01% da massa do provete.

4. Água destilada ou desionizada

A água destilada consiste numa água quimicamente pura, isto é, purificada por destilação de modo a eliminar os sais nela dissolvidos e outros compostos.

A água destilada em equilíbrio com o dióxido de carbono do ar apresenta uma condutividade de cerca de $0,8 \times 10^{-6}$ Siemens cm^{-1} a 18 °C. Esta água, por vezes, é designada por água condutiva. A limitação na condutividade é devida à auto ionização.

A água desionizada é uma água muito semelhante à destilada, mas muito mais barata. Pode conter vestígios de sódio. Obtém-se através da passagem por colunas de permuta iónica [88]. Ambas podem ser utilizadas no cálculo da absorção de água.

5. Exsicador

Este aparelho também pode ser chamado de dessecador (figura 3.6) e é normalmente utilizado para guardar materiais ou substâncias em ambiente com baixo teor de humidade,

O dispositivo que se mostra na figura 3.5, consiste num pequeno motor elétrico que serve para retirar todo o ar existente no exsicador, chegando mesmo a estar completamente em vácuo.



Figura 3.6 Exsicador ou dessecador.



Figura 3.5 Motor elétrico para retirar o ar do exsicador.

6. Pele de camurça.

A pele de camurça (figura 3.7) é utilizada para a secagem dos ladrilhos através do bater levemente das superfícies de relevo com a mesma.

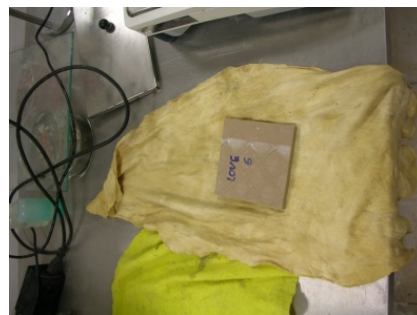


Figura 3.7 Pele de camurça.

3.2.4 Procedimento

3.2.4.1 Precisão da medição

O procedimento consiste em secar os provetes na estufa (figura 3.1), regulada para 110 ± 5 °C, até à massa constante, isto é, até deixar que a diferença de massa entre duas pesagens sucessivas a intervalos de 24 h, seja inferior a 0,1 %. De seguida, deixar arrefecer os ladrilhos até à temperatura ambiente no exsicador (figura 3.5).

Pesar cada ladrilho e registar os resultados com a precisão indicada no quadro 3.1.

Quadro 3.1 Massa dos ladrilhos e precisão de medição, adaptado de [12].

Massa do ladrilho (g)	Precisão da medição (g)
50 a 100	0,02
> 100 a 500	0,05
> 500 a 1000	0,25
> 1000 a 3000	0,50
> 3000	1,00

3.2.4.2 Método por ebulição

Este método consiste em colocar os ladrilhos em posição vertical, sem contactarem uns com os outros, dentro do aparelho de aquecimento (figura 3.2 e 3.3), atestado com água destilada ou desionizada, de modo a que o nível de água acima e abaixo dos ladrilhos seja de 5 cm. Manter o nível de água 5 cm acima dos ladrilhos durante todo o tempo do ensaio. De seguida, foi aquecida a água até à temperatura de ebulição e manteve-se a essa temperatura durante duas horas. Desligou-se o aparelho de aquecimento e deixou-se arrefecer os ladrilhos até à temperatura ambiente, mantendo-os totalmente imersos durante $4h \pm 15$ min. Podíamos utilizar água à temperatura ambiente ou serpentinas frigoríficas para arrefecer os provetes até à temperatura ambiente. No nosso caso utilizamos água à temperatura ambiente. Molhamos a pele de camurça (figura 3.7), esprememo-la à mão e colocámo-la sobre uma superfície plana. Secamos ligeiramente cada face de cada um dos ladrilhos consecutivamente, batendo levemente as superfícies em relevo com a camurça. Imediatamente após esta operação, pesamos cada provete e registamos os resultados com a mesma precisão utilizada para as massas secas (quadro 3.1).

3.3 Cálculos e resultados experimentais da determinação da absorção de água

3.3.1 Cálculo da absorção de água

Para cada ladrilho, o coeficiente de absorção de água (E_b) expresso em percentagem da massa seca, foi calculado por meio da seguinte expressão:

$$E_b = \frac{m_{2b} - m_1}{m_1} \times 100$$

Em que:

m_1 – massa do ladrilho seco.

m_{2b} – massa do ladrilho impregnado pelo método de ebulição.

Passo a demonstrar dois exemplos relativos ao cálculo do coeficiente da absorção da água:

Exemplo 1 (quadro 3.2):

- Empresa Love
- Amostra 4

1º Passo – Verificar se os provetes atingiram a massa constante através da sua secagem na estufa, ou seja, se a diferença de massas entre duas pesagens sucessivas com intervalos de 24h é inferior a 0,1% (critério de paragem):

1ª Pesagem $m_A = 432,43$ g

2ª Pesagem $m_B = 432,40$ g

$$\frac{m_a - m_b}{m_a} \times 100 = \frac{432,43 - 432,40}{432,43} \times 100 = 0,007\% < 0,1\%$$

Logo, foi satisfeito o critério de paragem e o valor a considerar neste caso para m_1 é 432,40 g.

O valor de m_{2b} , neste exemplo é de 432,87 g e foi calculado através do método de ebulição.

2º Passo – Calcular a absorção (E_b) através da sua expressão:

$$E_b = \frac{m_{2b} - m_1}{m_1} \times 100 = \frac{432,87 - 432,40}{432,40} \times 100 = \mathbf{0,11}$$

Exemplo 2 (quadro 3.2):

- Empresa Revigrés
- Amostra 1

1º Passo – Verificar se os provetes atingiram a massa constante através da sua secagem na estufa, ou seja, se a diferença de massas entre duas pesagens sucessivas com intervalos de 24h é inferior a 0,1% (critério de paragem):

1ª Pesagem $m_A = 424,79$ g

2ª Pesagem $m_B = 424,78$ g

$$\frac{m_a - m_b}{m_a} \times 100 = \frac{424,79 - 424,78}{424,79} \times 100 = 0,002\% < 0,1\%$$

Logo foi satisfeito o critério de paragem, o valor a considerar para m_1 é 424,78 g.

O valor de m_{2b} , neste exemplo é de 424,85 g e foi calculado através do método de ebulição.

2º Passo – Calcular a absorção (E_b) através da sua expressão:

$$E_b = \frac{m_{2b} - m_1}{m_1} \times 100 = \frac{424,85 - 424,78}{424,78} \times 100 = \mathbf{0,02}$$

3.3.2 Resultados

Como se pode verificar nos quadros 3.2 a 3.7, além da 1ª diferença de pesos, foi calculada uma 2ª diferença de pesos. Tal não seria necessário, uma vez que, os ladrilhos já tinham atingindo a massa contante. Optei por realizar uma terceira pesagem para me certificar que os ladrilhos não possuíam ainda qualquer humidade a perder. O peso que verifiquei na 3ª pesagem, que foi igual ao valor da 2ª pesagem, utilizei no cálculo da absorção de água.

Quadro 3.2 Resultados experimentais do cálculo da absorção de água (Love).

Massas a seco (m)							Massa pelo Met. de Ebulição (m2b)	Absorção de água (Eb)	Média
	1ª Pesagem	2ª Pesagem	1ª % Diferença de pesos	3ª Pesagem	2ª % Diferença de pesos	Pesagem única			
	Peso (g)	Peso (g)	<0,001	Peso (g)	<0,001	Peso (g)			
Love	Amostra 1	561,25	561,14	0,00020	561,14	0,00000	561,27	0,02	0,05
	Amostra 2	395,38	395,37	0,00003	395,37	0,00000	395,63	0,07	
	Amostra 3	449,10	449,05	0,00011	449,05	0,00000	449,37	0,07	
	Amostra 4	432,43	432,40	0,00007	432,40	0,00000	432,87	0,11	
	Amostra 5	428,81	428,76	0,00012	428,76	0,00000	429,18	0,10	
	Amostra 6	278,65	278,59	0,00022	278,59	0,00000	278,68	0,03	
	Amostra 7	287,70	287,63	0,00024	287,63	0,00000	287,76	0,05	
	Amostra 8	256,07	255,89	0,00070	255,89	0,00000	255,91	0,01	
	Amostra 9	259,75	259,59	0,00062	259,59	0,00000	259,72	0,05	
	Amostra 10	260,41	260,28	0,00050	260,28	0,00000	260,38	0,04	
	Amostra 11	256,91	256,72	0,00074	256,72	0,00000	256,74	0,01	

Pela consulta das características técnicas nos catálogos da marca, constatámos que os valores de E_b anunciados pela marca para este grupo são de $E_b \leq 0,2 \%$. Verificando no quadro 3.3 os valores das amostras variam entre 0,01 % e 0,11 %.

Podemos concluir que os ladrilhos respeitam os requisitos definidos nas características técnicas e os impostos pela norma ($E_b \leq 0,5 \%$).

Quadro 3.3 Resultados experimentais do cálculo da absorção de água (Margres).

Massas a seco (m)							Massa pelo Met. de Ebulição (m _{2b})	Absorção de água (E _b)	Média
	1ª	2ª	1ª % Diferença de pesos	3ª	2ª % Diferença de pesos	Pesagem única			
	Pesagem	Pesagem	<0,001	Pesagem	<0,001	Peso (g)			
Margres	Amostra 1	609,84	609,79	0,00008	609,79	0,00000	609,95	0,03	0,02
	Amostra 2	601,63	601,61	0,00003	601,61	0,00000	601,67	0,01	
	Amostra 3	607,37	607,32	0,00008	607,32	0,00000	607,55	0,04	
	Amostra 4	584,79	584,75	0,00007	584,75	0,00000	584,92	0,03	
	Amostra 5	547,58	547,55	0,00005	547,55	0,00000	547,60	0,01	
	Amostra 6	466,54	466,50	0,00009	466,50	0,00000	466,58	0,02	

Pela consulta das características técnicas nos catálogos da marca, constatámos que os valores E_b anunciados são de ± 0,03 %. Verificando no quadro 3.3 os valores das amostras variam entre 0,01 % e 0,04 %.

Podemos concluir que os ladrilhos respeitam os requisitos definidos nas características técnicas e os impostos pela norma (E_b. ≤ 0,5 %).

Quadro 3.4 Resultados experimentais do cálculo da absorção de água (Domino).

Massas a seco (m)							Massa pelo Met. de Ebulição (m _{2b})	Absorção de água (E _b)	Média
	1ª	2ª	1ª % Diferença de pesos	3ª	2ª % Diferença de pesos	Pesagem única			
	Pesagem	Pesagem	<0,001	Pesagem	<0,001	Peso (g)			
Domino	Amostra 1	130,60	130,58	0,00015	130,58	0,00000	130,61	0,02	0,05
	Amostra 2	129,31	129,29	0,00015	129,29	0,00000	129,32	0,02	
	Amostra 3	128,47	128,46	0,00008	128,46	0,00000	128,48	0,02	
	Amostra 4	128,64	128,63	0,00008	128,63	0,00000	128,66	0,02	
	Amostra 5	157,92	157,92	0,00000	157,92	0,00000	158,16	0,15	

Pela consulta das características técnicas nos catálogos da marca, constatámos que os valores de E_b anunciados pela marca para este grupo são de $E_b \leq 0,5 \%$. Verificando no quadro 3.4 os valores das amostras variam entre 0,02 % e 0,15 %.

Podemos concluir que os ladrilhos respeitam os requisitos definidos nas características técnicas e os impostos pela norma ($E_b. \leq 0,5 \%$).

Quadro 3.5 Resultados experimentais do cálculo da absorção de água (Recer).

Massas a seco (m)							Massa pelo Met. de Ebulição (m2b)	Absorção de água (Eb)	Média
	1ª Pesagem	2ª Pesagem	1ª % Diferença de pesos	3ª Pesagem	2ª % Diferença de pesos	Pesagem única			
	Peso (g)	Peso (g)	<0,001	Peso (g)	<0,001	Peso (g)			
Recer	Amostra 1	348,24	348,18	0,00017	348,18	0,00000	348,64	0,13	0,05
	Amostra 2	331,11	331,09	0,00006	331,09	0,00000	331,19	0,03	
	Amostra 3	309,85	309,81	0,00013	309,81	0,00000	309,92	0,04	
	Amostra 4	318,39	318,34	0,00016	318,34	0,00000	318,47	0,04	
	Amostra 5	332,26	332,21	0,00015	332,21	0,00000	332,25	0,01	
	Amostra 6	397,88	397,82	0,00015	397,82	0,00000	398,37	0,14	0,13
	Amostra 7	446,13	446,07	0,00013	446,07	0,00000	446,70	0,14	
	Amostra 8	409,89	409,83	0,00015	409,83	0,00000	410,35	0,13	
	Amostra 9	400,87	400,81	0,00015	400,81	0,00000	401,45	0,16	
	Amostra 10	520,68	520,61	0,00013	520,61	0,00000	520,95	0,07	
	Amostra 11	334,89	334,85	0,00012	334,85	0,00000	335,35	0,15	

Pela consulta das características técnicas nos catálogos da marca, constatámos que os valores de E_b anunciados pela marca para este grupo são de $E_b \pm 0,1 \%$. Verificando no quadro 3.5 os valores das amostras variam entre 0,01 % e 0,16 %.

Podemos concluir que os ladrilhos respeitam os requisitos definidos nas características técnicas e os impostos pela norma ($E_b. \leq 0,5 \%$).

Quadro 3.6 Resultados experimentais do cálculo da absorção de água Cinca).

Massas a seco (m)							Massa pelo Met. de Ebulição (m2b)	Absorção de água (Eb)	Média
	1ª Pesagem	2ª Pesagem	1ª % Diferença de pesos	3ª Pesagem	2ª % Diferença de pesos	Pesagem única			
	Peso (g)	Peso (g)	<0,001	Peso (g)	<0,001	Peso (g)			
Cinca	Amostra 1	388,75	388,72	0,00008	388,72	0,00000	389,48	0,20	0,12
	Amostra 2	300,10	300,06	0,00013	300,06	0,00000	300,48	0,14	
	Amostra 3	310,10	310,05	0,00016	310,05	0,00000	310,34	0,09	
	Amostra 4	308,98	308,93	0,00016	308,93	0,00000	309,22	0,09	
	Amostra 5	316,74	316,67	0,00022	316,67	0,00000	316,85	0,06	
	Amostra 6	455,81	455,77	0,00009	455,77	0,00000	455,94	0,04	0,08
	Amostra 7	458,98	458,90	0,00017	458,90	0,00000	459,38	0,10	
	Amostra 8	446,13	446,10	0,00007	446,10	0,00000	446,39	0,07	
	Amostra 9	448,83	448,77	0,00013	448,77	0,00000	449,05	0,06	
	Amostra 10	449,66	449,59	0,00016	449,59	0,00000	450,20	0,14	
	Amostra 11	73,75	73,71	0,00054	72,45	0,01709	73,81	0,14	0,13
	Amostra 12	73,63	73,58	0,00068	72,32	0,01712	73,67	0,12	
	Amostra 13	73,62	73,57	0,00068	72,31	0,01713	73,65	0,11	
	Amostra 14	73,22	73,18	0,00055	71,92	0,01722	73,28	0,14	
	Amostra 15	74,08	74,03	0,00067	72,77	0,01702	74,13	0,14	
	Amostra 16	443,24	443,24	0,00000	443,24	0,00000	443,44	0,05	0,09
	Amostra 17	311,93	311,92	0,00003	311,92	0,00000	312,29	0,12	
	Amostra 18	304,14	304,13	0,00003	304,13	0,00000	304,39	0,09	
	Amostra 19	306,56	306,56	0,00000	306,56	0,00000	306,80	0,08	
	Amostra 20	310,60	310,59	0,00003	310,59	0,00000	310,91	0,10	
	Amostra 21	151,08	151,06	0,00013	151,06	0,00000	151,12	0,04	0,04
	Amostra 22	148,90	148,89	0,00007	148,89	0,00000	148,96	0,05	
	Amostra 23	152,55	152,54	0,00007	152,54	0,00000	152,60	0,04	
	Amostra 24	147,39	147,37	0,00014	147,37	0,00000	147,45	0,05	
	Amostra 25	153,70	153,69	0,00007	153,69	0,00000	153,74	0,03	

Pela consulta das características técnicas nos catálogos da marca, constatámos que os valores de E_b anunciados pela marca para este grupo são de $E_b \pm 0,1 \%$. Verificando no quadro 3.6 os valores das amostras variam entre 0,01 % e 0,16 %.

Podemos concluir que os ladrilhos respeitam os requisitos definidos nas características técnicas e os impostos pela norma ($E_b \leq 0,5 \%$).

Quadro 3.7 Resultados experimentais do cálculo da absorção de água (Revigres).

Massas a seco (m)							Massa pelo Met. de Ebulição (m2b)	Absorção de água (Eb)	Média
	1ª	2ª	1ª % Diferença de pesos	3ª	2ª % Diferença de pesos	Pesagem única			
		Pesagem	Pesagem	<0,001	Pesagem	<0,001	Peso (g)		
		Peso (g)		Peso (g)		Peso (g)			
Revigres	Amostra 1	424,79	424,78	0,00002	424,78	0,00000	424,85	0,02	1,28
	Amostra 2	439,79	439,62	0,00039	439,62	0,00000	450,17	2,40	
	Amostra 3	380,25	380,23	0,00005	380,23	0,00000	383,54	0,87	
	Amostra 2	404,56	404,47	0,00022	404,47	0,00000	415,19	2,65	
	Amostra 3	371,06	371,04	0,00005	371,04	0,00000	374,12	0,83	
	Amostra 4	356,18	356,14	0,00011	356,14	0,00000	356,18	0,01	
	Amostra 5	376,69	376,67	0,00005	376,67	0,00000	376,83	0,04	

Pela consulta das características técnicas nos catálogos da marca, constatámos que os valores de E_b anunciados pela marca para este grupo são de $E_b \leq 0,5 \%$. Verificando no quadro 3.7 os valores das amostras variam entre 0,01 % e 2,65 %.

Existem duas amostras (1 e 2), que ultrapassam os valores estipulados nas características técnicas anunciadas pela marca. Foi efetuada uma contraprova das amostras 2 e 3 e continuou-se a verificar valores superiores de absorção de água (2,65% e 0,83 %). São valores estranhos, uma vez que, a marca apenas fabrica ladrilhos do grupo Bla e do grupo BIII, ou seja, valores de $E_b \leq 0,5 \%$ e $E_b > 10 \%$ respetivamente.

Podemos concluir que os ladrilhos respeitam em parte os requisitos definidos nas características técnicas e os impostos pela norma ($E_b \leq 0,5 \%$).

4 Conclusões e trabalhos futuros

4.1 Conclusões

Os ladrilhos cerâmicos continuam a destacar-se como revestimento devido não só à facilidade de manutenção, durabilidade, baixo custo e elevado controlo de qualidade de produção, como também, às vantagens que apresentam ao nível da sustentabilidade ambiental. No entanto, e para que a imagem deste tipo de revestimentos possa ser melhorada, principalmente em aplicações exteriores, torna-se necessário divulgar de forma contínua a tecnologia de aplicação de RCA por todos os intervenientes no processo construtivo, desde os projetistas até aos aplicadores.

A análise efetuada neste trabalho aos materiais utilizados em RCA atualmente comercializados no mercado português permitiu concluir que, embora Portugal não seja o maior produtor europeu de ladrilhos cerâmicos, a maioria dos fabricantes deste material já se encontra devidamente sensibilizada para apresentar de forma simples e completa as características técnicas dos materiais que comercializa. No entanto, verificou-se que, no caso das empresas que produzem adesivos para a colagem de ladrilhos, a entrada em vigor da obrigatoriedade da marcação CE em maio de 2004 levou a que o número de empresas (das 15 analisadas) que definem claramente o grupo da norma ao qual pertence o produto que comercializam crescesse de 8 em 2005 para 13 em 2012. Foi também possível confirmar a tendência crescente no mercado dos ladrilhos cerâmicos de comercializar produtos com menor absorção de água e maior abrangência em termos de aplicação (pavimentos e revestimentos).

Relativamente aos objetivos iniciais propostos para este trabalho, consideramos que os mesmos foram atingidos, na medida em que, ao longo deste estudo fez-se um levantamento exaustivo do tipo e características dos materiais cerâmicos utilizados nos revestimentos de paredes que existem no nosso mercado e foram constituídas relações entre estes e os vários tipos de aplicação.

Por fim, relativamente à parte experimental podemos concluir que a mesma foi um êxito. Como era de esperar, devido ao elevado controlo de qualidade em fábrica, comprovámos que os ladrilhos cerâmicos em estudo, cumprem com os valores máximos do coeficiente de absorção de água impostos pela respetiva norma em que estão inseridos.

4.2 Trabalhos futuros

Apesar dos diversos estudos relacionados com a patologia da construção (aqui abordadas de um modo genérico) e com a sua durabilidade, considera-se que existe algo por explorar, como a elaboração de estudos macro económicos sobre a influência do projeto e da execução na durabilidade dos revestimentos cerâmicos, assim como a identificação das variáveis que contribuem para a dispersão dos resultados.

Relativamente à parte experimental, existem algumas vertentes que podem ser exploradas, com a ajuda do LNEC, nomeadamente na realização de outros ensaios igualmente importantes para caracterização dos ladrilhos cerâmicos, tais como: resistência à flexão e módulo de rotura, resistência à abrasão profunda, resistência à abrasão superficial e resistência ao choque térmico.

Bibliografia

1. LUCAS, J. A. Carvalho - **Anomalias em revestimentos cerâmicos colados**. Informação Técnica de Materiais de Construção - ITMC 28. Lisboa: LNEC, 2001.
2. SABBATINI, F. H. ; MEDEIROS, J. S. - **Tecnologia e projecto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. São Paulo, 1999. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
3. REBELO, Carlos da Rocha - **Projeto e execução de revestimentos cerâmicos - interno**. Minas Gerais: UFMG, 2010. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil de Engenharia.
4. LUCAS, J. A. Carvalho; - **Classificação e descrição geral de revestimentos para paredes de alvenaria ou de betão**, Lisboa: LNEC, 1990. ITE-24.
5. SÁ, Ana Vaz; - **Durabilidade dos cimentos-cola em revestimentos cerâmicos aderentes a fachadas**. Porto: FEUP, 2005. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Construção de Edifícios.
6. Norma Portuguesa. NP EN 12004:2008 (Ed. 2) - **Colas para ladrilhos** – Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação. Lisboa: IPQ, 2008.
7. PAIVA, J. Vasconcelos; VEIGA, M.^a Rosário - **Curso de especialização sobre revestimentos de paredes - Capítulo I – Aspectos Gerais**. Lisboa: LNEC, 1996.
8. Norma Portuguesa. NP EN 14411:2008 (Ed. 2) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos** – Definições, classificação, características e marcação. Lisboa: IPQ, 2008.
9. Cerâmica. In Infopédia [Em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2012. [Consult. 2012-04-18]. Disponível na www: <URL: [http://www.infopedia.pt/\\$ceramica](http://www.infopedia.pt/$ceramica)>.
10. Cerâmica. In Associação Brasileira de Cerâmica [Em linha]. São Paulo: ABC, 2012. [Consult. 2012-04-18]. Disponível na www: <URL: <http://www.abceram.org.br/site/>>.
11. Exposição - **Vaso campaniforme, a europa do 3º milénio a.C.** Lisboa, 15 de Maio a 13 de Setembro 2009.
12. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-3:2008 (Ed. 1) - **Determinação da absorção de água, da porosidade aberta, da densidade relativa aparente e da massa volúmica global (ISO 10545-3:1995, incluindo a Corrigenda Técnica 1:1997)**. Lisboa: IPQ, 2001.
13. LUCAS, J. A. Carvalho - **Azulejos ou ladrilhos cerâmicos - descrição geral, exigências normativas, classificação funcional**. ITMC-33. Lisboa: LNEC, 2003.

14. APICER. In **Associação Portuguesa da Indústria Cerâmica** [Em linha]. Coimbra, 2012. [Consult. 2012-07-18]. Disponível na www: <URL: <http://www.apicer.pt/apicer/>>.
15. FREITAS, Vasco Peixoto; SOUSA, Augusto Vaz; Silva, J. A. Raimundo - **Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos**. Coimbra, Março de 2003; APICER.
16. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-2:2008 (Ed. 2) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 2** - Determinação das dimensões e da qualidade de superfície (ISO 10545-2:1995, incluindo a Corrigenda Técnica 1:1997). Lisboa: IPQ, 2008.
17. Norma Europeia. EN ISO 10545-4:2012 (Ed. 2) - **Ceramic tiles. Part 4** - Determination of modulus of rupture and breaking strength (ISO 10545-4:2004). Lisboa: IPQ, 2012.
18. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-5:2004 (Ed. 1) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 5** - Determinação da resistência ao impacto por medição do coeficiente de restituição (ISO 10545-5:1996, incluindo a Corrigenda Técnica 1:1996). Lisboa: IPQ, 2004.
19. Norma Europeia. EN ISO 10545-6:2012 (Ed. 2) - **Ceramic tiles. Part 6** - Determination of resistance to deep abrasion for unglazed tiles (ISO 10545-6:2010). Lisboa: IPQ, 2012.
20. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-7:2000 (Ed. 1) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 7** - Determinação da resistência à abrasão superficial para ladrilhos vidrados (ISO 10545-7:1996). Lisboa: IPQ, 2000.
21. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-8:2004 (Ed. 1) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 8** - Determinação da dilatação linear de origem térmica (ISO 10545-8:1994). Lisboa: IPQ, 2004.
22. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-9:2004 (Ed. 1) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 9** - Determinação da resistência ao choque térmico (ISO 10545-9:1994). Lisboa: IPQ, 2004.
23. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-10:2004 (Ed. 1) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 10** - Determinação da dilatação com a humidade (ISO 10545-10:1995). Lisboa: IPQ, 2004.
24. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-11:2004 (Ed. 1) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 11** - Determinação da resistência ao fendilhamento para ladrilhos vidrados (ISO 10545-11:1994). Lisboa: IPQ, 2004.
25. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-12:2004 (Ed. 1) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 12** - Determinação da resistência ao gelo (ISO 10545-12:1995, incluindo a Corrigenda Técnica 1:1997). Lisboa: IPQ, 2004.

26. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-13:2004 (Ed. 1) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 13** - Determinação da resistência química (ISO 10545-13:1995). Lisboa: IPQ, 2004.
27. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-14:2004 (Ed. 1) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 14** - Determinação da resistência às manchas (ISO 10545-14:1995, incluindo a Corrigenda Técnica 1:1997). Lisboa: IPQ, 2004.
28. Norma Portuguesa. NP EN ISO 10545-15:2004 (Ed. 1) - **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 15** - Determinação do teor de chumbo e de cádmio libertados por ladrilhos vidrados (ISO 10545-15:1995). Lisboa: IPQ, 2004.
29. Norma Europeia. EN ISO 10545-16:2012 (Ed. 2) - **Ceramic tiles. Part 16** - Determination of small colour differences (ISO 10545-16:2010). Lisboa: IPQ, 2012.
30. Norma Alemã. DIN 51130:2004 - **Testing of floor coverings - Determination of the anti-slip properties** - Workrooms and fields of activities with slip danger, walking method - Ramp test. Berlim: DIN, 2004.
31. Norma Alemã. DIN 51097:2004 - **Testing of floor coverings** - Determination of slip resistance - Barefoot areas exposed to wet. Berlim: DIN, 2004.
32. Norma Portuguesa. NP EN 101:1995 (Ed. 1) - **Ladrilhos e azulejos cerâmicos** - Determinação da dureza superficial segundo a escala de Mohs. Lisboa: IPQ, 1995.
33. Portobello - **Cerâmica Portobello**. Brasil, 2012.
34. Norma Brasileira. NBR 15463 - Placas cerâmicas para revestimento - Porcelanato. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. p. 6.
35. Norma Inglesa. BS 5385 part 2 - **Wall and floor tiling**: code of practice for the design and installation of external ceramic wall tiling and mosaics in normal conditions. London: British Standards Institution, 1991.
36. Norma Francesa. DTU 23.1 – **Ouvrages en Béton – Murs en béton banché** - Cahier des clauses techniques. França: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Maio 1993.
37. Norma Francesa. DTU 22.1 - **Grands panneaux nervurés – Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire** - Cahier des charges. França: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Maio 1993.
38. Norma Francesa. DTU 26.1 - **Enduits, liants hydrauliques – Travaux d'enduits de mortiers** - Cahier des clauses techniques. França: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Abril 2008.

39. Norma Europeia. CEN/TR 13548 - **General rules for design and instalation of ceramic tiling**. Technical Report. Technical Commitee CEN/TC 67.S.I. Brussels: CEN, 2004.
40. ROSCOE, Márcia Taveira - **Patologias em revestimento cerâmico de fachada**. Belo Horizonte: UFMG, 2008. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil.
41. Norma Francesa - **Classification des colles à carrelage – Définitions et Spécifications**, Cahier 3264. França: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 2000.
42. Norma Inglesa. BS 5980 - **Specification for Adhesives for use whit ceramic tiles and mosaics**. London: British Standards Institution, 1980.
43. Norma Brasileira. NBR 14.081 - **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica**: especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
44. Norma Alemã. DIN 18.156 (Teil 2) - **Stoffe fur keramische bekleidungen im dunnbettverfahren – hydraulish erhartend dunnbettmortel**. Berlim: Deutsches Institute fur Normung, 1978.
45. Norma Americana. AS 118-1:1999 - **American National standard specifications for dry set Portland cement mortar**. New York: ANSI, 1999.
46. Norma Americana. AS 118-4:1999 - **American National standard specifications for latex-Portland cement mortar**. New York: ANSI, 1999.
47. Norma Francesa - **Guide technique UEAtc pour l’agrément des colles pour revêtements céramiques**, Cahier 2435. França: Scientifique et Technique du Bâtiment, 1990.
48. APFAC. In **Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas de Construção e ETICS** [Em linha]. Lisboa, 2012. [Consult. 2012-08-18]. Disponível na www: <URL: <http://www.apfac.pt/>>.
49. European Mortar Industry Organization (EMOdic) - **Technical dictionary – 3rd Edition**. EMO, December 2001.
50. Norma Europeia. EN 1015-9:1999/A 1:2006 (Ed. 1) - **Methods of test for mortar for masonry. Part 9 - Determination of workable life and correction time of fresh mortar**. Lisboa: IPQ, 2006.
51. Norma Europeia. EN 1346:2007 (Ed. 2) - **Adhesives for tiles - Determination of open time**. Lisboa: IPQ, 2007.

52. Norma Europeia. EN 12189:1999 (Ed. 1) - **Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods** - Determination of open time: Lisboa: IPQ, 1999.
53. Norma Europeia. EN 1015-4:1998 (Ed. 1) - **Methods of test for mortar for masonry. Part 4** - Determination of consistence of fresh mortar (by plunger penetration). Lisboa: IPQ, 1998.
54. Norma Europeia. EN 1015-2:1998/A 1:2006 (Ed. 1) - **Methods of test for mortar for masonry. Part 2** - Bulk sampling of mortars and preparation of test mortars. Lisboa: IPQ, 2006.
55. Norma Europeia. EN 1348:2007 (Ed. 2) - **Adhesives for tiles** - Determination of tensile adhesion strength for cementitious adhesives. Lisboa: IPQ, 2007.
56. Norma Europeia. EN 1308:2007 (Ed. 2) - **Adhesives for tiles** - Determination of slip. Lisboa: IPQ, 2007.
57. Norma Europeia. EN 1324:2007 (Ed. 2) - **Adhesives for tiles** - Determination of shear adhesion strength of dispersion adhesives. Lisboa: IPQ, 2007.
58. Norma Europeia. EN 12003:2008 (Ed. 2) - **Adhesive for tiles** - Determination of shear adhesion strength of reaction resin adhesives. Lisboa: IPQ, 2008.
59. Norma Europeia. EN 1322:1996/A 1:1998 (Ed. 1) - **Adhesives for tiles** - Definitions and terminology. Lisboa: IPQ, 1998.
60. Norma Europeia. EN 12615:1999 (Ed. 1) - **Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods** - Determination of slant shear strength. Lisboa: IPQ, 1999.
61. Norma Europeia. EN 1015-11:1999/A 1:2006 (Ed. 1) - **Methods of test for mortar for masonry. Part 11** - Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar. Lisboa: IPQ, 2006.
62. Norma Europeia. EN 13888:2009 (Ed. 2) - **Grout for tiles** – Requirements, evaluation of conformity, classification and designation. Brussels: CEN, 2009.
63. JUNGINGER, Max - **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003. Dissertação apresentada à Escola Politécnica para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia.
64. GOLDBERG, R. P. - **Direct adhered ceramic tile, stone and thin brick facades. Technical Design Manual**. USA: Laticrete International, 1998.
65. LUCAS, J. A. Carvalho; ABREU, Miguel Mendes - **Revestimentos Cerâmicos Colados – Descolamento, ITPRC 4**. Lisboa: LNEC, 2003.

66. NETO, Fransico Maia - **Perícias em patologias de revestimentos cerâmicos em fachadas**. X Congresso brasileiro de engenharia em avaliações e perícias. Belo Horizonte, 1999.
67. Norma Australiana. AS 3598.2 - Ceramic tiles. Part 2 - **Guide to the selection of a ceramic tiling system** - Fixing of Ceramic Tiles. Australia: Australian Standards, 1992.
68. Norma Brasileira. NBR 13755 - **Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante**: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
69. Norma Alemã. DIN 18515-1 - **Design and instalation of tile or stone cladding**. Berlim: Deutsche Institute fur Nurmung, 1998.
70. SABBATINI, F. H. ; BARROS, M. M. S. B.; DIAS, A. M. N. D .; FLAIN, E. P. - **Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**. São Paulo, 1990.
71. Norma Europeia. EN 12808-2:2008 (Ed. 2) - **Grouts for tiles. Part 2** - Determination of chemical resistance of reaction resin mortars. Lisboa: IPQ, 2008.
72. Norma Europeia. EN 12808-3:2008 (Ed. 2) - **Grouts for tiles. Part 3** - Determination of flexural and compressive strength. Lisboa: IPQ, 2008.
73. Norma Europeia. EN 12808-4:2008 (Ed. 2) - **Grouts for tiles. Part 4** - Determination of shrinkage. Lisboa: IPQ, 2008.
74. Norma Europeia. EN 12808-5:2008 (Ed. 2) - **Grouts for tiles. Part 5** - Determination of water absorption. Lisboa: IPQ, 2008.
75. Norma Europeia. EN 1015-19:2008 (Ed. 2) - **Métodos de ensaio de argamassas para alvenaria. Parte 19** - Determinação da permeabilidade ao vapor de água de argamassas de reboco endurecidas. Lisboa: IPQ, 2008.
76. Norma Europeia. EN 1015-12:2000 (Ed. 1) - **Methods of test for mortar for masonry. Part 12** - Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates. Lisboa: IPQ, 2000.
77. JUNGINGER, Max; RESENDE, Maurício Marques - **Análise das caraterísticas das argamassas de rejuntamento**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.
78. Weber - **O guia Weber**. Portugal, 2012.
79. Mapei - **Productos para materiais resilentes**. Lisboa, 2009.
80. CASS, C. - **Achieving 100% adheesive coverage, an industry wide approach**. Actas de Congresso "Qualicer 2004". Espanha, 2004.

81. CORREIA, C. M. C. - **Investigação de problemas de colagem de revestimentos cerâmicos e de pedra natural em fachadas**. Aveiro: Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, 2003. Dissertação de Mestrado em Minerais e Rochas Industriais.
82. CAMPANTE, E. - **Metodologia para diagnóstico e prevenção de problemas patológicos de revestimentos cerâmicos de fachada**. São Paulo: USP, 2001. Tese de Doutorado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
83. PADILHA J. R. ; Marcos; AYRES Giovanni; LIRA; Raphaele; JORGE, Daniel; MEIRA, Gibson - **Levantamento quantitativo das patologias em revestimentos cerâmicos em fachadas de edificações verticais na cidade de João Pessoa**. PB, 2007.
84. MEDEIROS, Jonas Silvestre - **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. São Paulo: USP, 1999. Tese de Doutorado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
85. UEMOTO, K. L. **Patologia: danos causados por eflorescência**. Tecnologia de Edificações. São Paulo: IPT, 1988. Coletânea de trabalhos da Divisão de Edificações do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.
86. THOMAZ, E. - **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: IPT, 1989.
87. SILVESTRE, José Dinis - **Sistema de apoio à inspeção e diagnóstico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes**. Lisboa: IST, Setembro de 2005. Dissertação de Mestrado em Construção.
88. Água destilada. In Infopédia [Em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2012. [Consult. 2012-09-18]. Disponível na www: <URL: [http://www.infopedia.pt/\\$agua-destilada](http://www.infopedia.pt/$agua-destilada)>.

ANEXO A

CARATERIZAÇÃO DOS PRODUTOS

Caraterização dos ladrilhos cerâmicos

Empresa	Tipologias de Produtos																				
	Grupo A (Extrudidos)						Grupo B (Prensados)														
	Grupo AI			Grupo AIIa	Grupo AIIb	Grupo AIII	Grupo BIa						Grupo BIb			Grupo BIIa	Grupo BIIb	Grupo BIII			
	AI UGL	AI GL		AIIa UGL			BIa UGL			BIa GL			BIIb UGL	BIIb GL		BIIa GL		BIII GL			
	Natural	Vidrado	Antiderrapante	Natural			Natural	Natural Rectificado	Natural Estruturado	Vidrado	Vidrado Rectificado	Semi-polido	Semi-polido Rectificado	Polido Rectificado		Vidrado	Vidrado Rectificado	Vidrado		Vidrado	Vidrado Rectificado
	E≤3%	E≤3%	E≤3%	3%<E≤6%	6%<E≤10%	E>10%	E≤0,5%	E≤0,5%	E≤0,5%	E≤0,5%	E≤0,5%	E≤0,5%	E≤0,5%	E≤0,5%		0,5%<E≤6%	0,5%<E≤6%	0,5%<E≤6%	3%<E≤6%	6%<E≤10%	E>10%
Aleluia						1			1	1						1	1			1	1
Ceralfa	1	1	1	1																	
Certeca									1							1					1
Cinca	1	1		1		1			1						1	1					1
Dominó									1									1			1
Goldcer									1												1
Gresart									1									1			1
Grestejo				1	1																
Labicer						1			1												
Love						1			1							1					1
Margres						1			1												
Pavigres						1										1					1
Primus Victoria																1					1
Recer						1	1	1	1	1	1	1	1	1				1			1
Revigres						1			1												1
São Paulo															1	1					
Soladrilho				1																	
Topcer						1															

Caraterização dos cimentos-cola

Empresa	Tipologias de Produtos																										
	Grupo C (Cimentos-Cola)																			Grupo D (Adesivos em Dispersão)					Grupo R (Adesivos de Resina de Reacção)		
	C1	C1E	C1T	C1TE	C1FT	C1TFE	C2	C2E	C2F	C2FS1	C2T	C2TS1	C2TE	C2TES1	C2TES2	C2FS1	C2FES1	C2FTS1	C2FT	C2FTE	D1	D1E	D1TE	D2	D2T	D2TE	R2T
Webber	1					1				1		1	1									1					
Diera	1						1					1				1	1					1					
Colaliz	1						1	1													1						
Fassabortolo	1											1														1	
Pegoland	1		1	1			1	1				1	1			1			1		1			1			
Kerakoll	1			1				1				1								1			1			1	1
Mapei	1			1				1	1	1	1		1	1		1				1			1		1	1	1
SecilMartingança	1	1										1	1														
Lena Argamassas	1	1						1	1			1		1													
Fixcer	1		1								1	1		1	1		1	1									
Topeca	1			1								1								1				1			1
Calcidrata	1							1																			
Baixens	1		1		1							1															
F4 - Argamssas e colas	1						1																				
Primefix	1						1																				

Caraterização do material das juntas

Empresa	Tipologias de Produtos			
	Grupo CG			Grupo RG
	CG 2WA	CG2	CG 2W	RG
Webber		1		1
Diera		1		
Colaliz		1		
Fassabortolo		1		1
Pegoland	1			1
Mapei		1		
Lena Argamassas		1		
Fixcer	1			1
Topeca			1	1
Baixens		1		
Primefix	1			

ANEXO B

NORMALIZAÇÃO DOS PRODUTOS

Normalização dos ladrilhos cerâmicos

Empresa	Norma de ensaio																	
	Qualidade da superfície	Estabilidade dimensional	Absorção de água, E (%)	Resistência à flexão e módulo de rotura	Resistência ao impacto pelo coeficiente de restituição	Resistência à abrasão profunda (UGL)	Resistência à abrasão superficial (GL)	Dilatação térmica linear	Resistência ao choque térmico	Dilatação por humidade	Resistência ao fendilhamento de ladrilhos vidrados	Resistência ao gelo	Resistência química	Resistência à formação de manchas	Libertação de chumbo e cádmio	Pequenas diferenças de cor	Resistência ao escorregamento	Dureza superficial
	NP EN ISO 10545-2:2008	NP EN ISO 10545-2:2008	NP EN ISO 10545-3:2001	NP EN ISO 10545-4:2001	NP EN ISO 10545-5:2004	NP EN ISO 10545-6:2004	NP EN ISO 10545-7:2000	NP EN ISO 10545-8:2004	NP EN ISO 10545-9:2004	NP EN ISO 10545-10:2004	NP EN ISO 10545-11:2004	NP EN ISO 10545-12:2004	NP EN ISO 10545-13:2004/Cahier CSTB 3659	NP EN ISO 10545-14:2004	NP EN ISO 10545-15:2003	NP EN ISO 10545-16:2004	DIN 51130/DIN 51097	NP EN 101:1995
Aleluia	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
Ceralfa	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
Certeca	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
Cinca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
Dominó	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Goldcer	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Gresart	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Grestejo	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
Labicer	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1
Love	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
Margres	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
Pavigres	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
Primus Victoria	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0
Recer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Revigres	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
São Paulo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
Solardrilho	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
Topcer	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1
Total	16	16	18	18	10	13	12	11	15	2	13	17	18	17	6	0	14	10

Nota: 1 ≡ sim

Normalização dos cimentos-cola

Empresa	Norma de ensaio					
	Aderência inicial (à tração)	Aderência após accão do calor	Aderência após accão da água	Aderência após ciclos de gelo/degelo	Determinação do deslizamento	Tempo aberto
	EN 1346:2007 (Ed. 2)EN 1015-2; EN 1346:2007 (Ed. 2) e 1348	EN 1346:2007 (Ed. 2)	EN 1346:2007 (Ed. 2)	EN 1346:2007 (Ed. 2)	EN 1308:2007 (Ed. 2)	EN 1346:2007 (Ed. 2); EN12189
Webber	1	1	1	1	1	1
Diera	1	1	1	1	1	1
Colaliz	0	0	0	0	0	0
Fassabortolo	1	1	1	1	1	1
Pegoland	1	1	1	1	1	1
Kerakoll	1	1	1	1	1	1
Mapei	1	1	1	1	1	1
SecilMartingança	1	1	1	1	1	1
Lena Argamassas	1	1	1	1	1	1
Fixcer	1	1	1	1	1	1
Topeca	1	1	1	1	1	1
Calcidrata	0	0	0	0	0	0
Baixens	1	1	1	1	1	1
F4 - Argamssas e colas	1	1	1	1	1	1
Primefix	1	1	1	1	1	1
Total	13	13	13	13	13	13

Nota: 1 ≡ sim

Normalização do material das juntas

Empresa	Norma de ensaio							
	Resistência à abrasão	Resistência à flexão aos 28 dias	Resistência à flexão após ciclos de gelo-degelo	Resistência à compressão aos 28 dias	Resistência à compressão após ciclos de gelo-degelo	Retracção	Absorção de água após 30 minutos	Absorção de água após 4 horas
	EN 12808-2:2008 (Ed 2)	EN 12808-3:2008 (Ed 2)	EN 12808-3:2008 (Ed 2)	EN 12808-3:2008 (Ed 2)	EN 12808-3:2008 (Ed 2)	EN 12808-4:2009 (Ed 2)	EN 12808-5:2008 (Ed 2)	EN 12808-5:2008 (Ed 2)
Webber	1	1	1	1	1	1	1	1
Diera								
Colaliz								
Fassabortolo	1	1	1	1	1	1	1	1
Pegoland	1	1	1	1	1	1	1	1
Mapei	1	1	1	1	1	1	1	1
Lena Argamassas	1	1	1	1	1	1	1	1
Fixcer	1	1	1	1	1	1	1	1
Topeca	1	1	1	1	1	1	1	1
Baixens								
Primefix	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	8	8	8	8	8	8	8	8

Nota: 1 ≡ sim

ANEXO C

ORIGEM DOS PRODUTOS

Origem dos ladrilhos cerâmicos

Empresa	Fábrica portuguesa	Fábrica em Portugal de marca estrangeira	Distribuição em Portugal (sem fábrica)
Aleluia	Sim		
Ceralfa	Sim		
Certeca	Sim		
Cinca	Sim		
Dominó	Sim		
Goldcer	Sim		
Gresart	Sim		
Grestejo	Sim		
Labicer	Sim		
Love	Sim		
Margres	Sim		
Pavigres	Sim		
Primus Victoria	Sim		
Recer	Sim		
Revigres	Sim		
São Paulo	Sim		
Soladrilho	Sim		
Topcer	Sim		

Origem dos cimentos-cola

Empresa	Fábrica portuguesa	Fábrica em Portugal de marca estrangeira	Distribuição em Portugal (sem fábrica)
Weber		Sim (francesa)	
Diera	Sim		
Colaliz	Sim		
Fassabortolo		Sim (italiana)	
Pegoland		Sim (espanhola)	
Kerakoll			Sim
Mapei		Sim (italiana)	
SecilMartingança	Sim		
Lena Argamassas	Sim		
Fixcer			Sim
Topeca	Sim		
Calcidrata	Sim		
Baixens			Sim
F4 - Argamssas e colas	Sim		
Primefix	Sim		

Origem do material das juntas

Empresa	Fábrica portuguesa	Fábrica em Portugal de marca estrangeira	Distribuição em Portugal (sem fábrica)
Webber		Sim (francesa)	
Diera	Sim		
Colaliz			
Fassabortolo		Sim (italiana)	
Pegoland		Sim (espanhola)	
Mapei		Sim (italiana)	
Lena Argamassas	Sim		
Fixcer			Sim
Topeca	Sim		
Baixens			Sim
Primefix	Sim		