

# ARGAMASSAS DE CAL AÉREA COM RESÍDUOS DE CERÂMICA

Gina Matias<sup>1</sup>, Paulina Faria<sup>2</sup>, Isabel Torres<sup>3</sup>, Ana Tomás<sup>3</sup>, Tiago Ferreira<sup>3</sup>, Tiago Duarte<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ITeCons, Portugal, ginamatias@itecons.uc.pt

<sup>2</sup>Dep. Eng. Civil, FCT, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, paulina.faria@fct.unl.pt

<sup>3</sup>Dep. Eng. Civil, FCT, Universidade de Coimbra, Portugal, itorres@dec.uc.pt,  
anatomas@student.dec.uc.pt, tiagoferreira14@hotmail.com, tmsduarte@gmail.com

**Resumo:** Com o intuito de explorar a viabilidade da integração de resíduos da indústria cerâmica em argamassas de cal aérea destinadas à reabilitação de rebocos antigos, foram caracterizadas argamassas com três tipos de resíduos na sua composição: provenientes de telhas, de tijolos e de vasos. A incorporação dos resíduos permite a redução da inclusão de material proveniente da extração de rochas e areias, potenciando o reaproveitamento de material vulgarmente desperdiçado. Foram, por isso, caracterizadas mecânica e fisicamente argamassas de cal com estes resíduos, de forma a analisar a influência dos diferentes resíduos e da percentagem dos mesmos, ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** Argamassas de cal aérea, reabilitação, valorização de resíduos, resíduos de cerâmica.

## 1. INTRODUÇÃO

Os resíduos de cerâmica de barro vermelho foram muito utilizados em argamassas em Portugal, pelo menos desde a época do Império Romano, sendo visíveis ainda vários exemplos de revestimentos com este tipo de argamassa, por exemplo nas ruínas de Conímbriga e de Tróia. Os resíduos de barro vermelho eram usados em pó fino, como pozolanas, e em granulometria mais grosseira, como agregados. De uma e de outra forma, produziam alterações significativas nas características das argamassas com base em cal aérea.

Atualmente existem muitos tipos de resíduos de cerâmica de barro vermelho que constituem subprodutos da indústria, cada tipo com diferenças nomeadamente ao nível da constituição mineralógica, cor, dureza, em grande parte resultante da matéria-prima utilizada mas também do tratamento térmico a que os produtos são sujeitos. A produção destes materiais tem como consequência a crescente deposição em aterro de resíduos decorrentes da triagem ao longo do processo de fabrico.

O relatório de desperdícios da indústria cerâmica realizado pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, relativo ao ano de 2003 [1] indica que os resíduos provenientes do processo produtivo rondam cerca de 96% da totalidade dos resíduos produzidos pelas indústrias responsáveis pelo fabrico de peças cerâmicas - tijolos, ladrilhos, telhas e outros produtos construtivos - nesta região; 37% destes resíduos correspondem a cacos cozidos e são maioritariamente depositados em aterro.

Da moagem de resíduos em granulometria relativamente fina, resulta agregado, que poderá substituir parcialmente areias de origem natural e contribuir, deste modo, para a redução da extração mineral, com impacto significativo no meio ambiente. Resulta

também material em pó, que poderá atuar como pozolana, melhorando algumas das características das argamassas de cal aérea e conferindo-lhes propriedades hidráulicas [2]. A elevada superfície específica das partículas mais finas resultantes da moagem, bem como a presença significativa de sílica e alumina no estado amorfo, que resulta normalmente de cozedura a temperatura inferior a 900°C, são fatores que potenciam a reatividade pozolânica [3].

Com base no exposto foram caracterizados diversos resíduos cerâmicos de barro vermelho de várias fábricas e foram escolhidos três tipos (provenientes de telhas, tijolos e vasos), que foram moídos, resultando num material com uma distribuição granulométrica lata (material em pó e mais grosseiro) e foram utilizados na realização de argamassas com base em cal aérea. Foram produzidas argamassas com resíduos em substituição parcial do agregado, com material proveniente diretamente da moagem (granulometria de agregado e pó), e argamassas apenas com a componente granular (agregado).

Apresentam-se alguns dos resultados obtidos relativos à caracterização mecânica e física das argamassas e discute-se a influência dos diferentes tipos de resíduo, do efeito da fração granulométrica utilizada, da percentagem de resíduo utilizado (20% ou 40%) e da evolução das características ao longo do tempo a idades jovens, tendo sido realizados, para esse efeito, ensaios aos 60 dias e aos 120 dias.

## 2. Desenvolvimento Experimental

### 2.1 Caracterização dos materiais

Foram produzidas e caracterizadas argamassas de cal aérea com três resíduos cerâmicos - de tijolos (B - brick), de telhas (T - tile) e de vasos (P - pot) -, integrados nas argamassas diretamente após moagem, em substituição parcial do volume do agregado corrente, nas percentagens de 20% (L - low) e de 40% (H - high). Foram ainda produzidas argamassas com os mesmos resíduos mas só em granulometria grossa, por eliminação da fração fina passada no peneiro 0,075 mm (respetivamente LG e HG) resultante da moagem. Utilizou-se como agregado corrente uma areia de rio e como ligante uma cal aérea em pó (Lusical H100), classificada como CL90, de acordo com a NP EN 459-1: 2011. A moagem de resíduos foi processada por um moinho de maxilas, com um crivo de 10 mm, e a granulometria resultante, determinada conforme o descrito pela norma NP EN 933-1:2000, é a apresentada na Figura 1, para os diferentes tipos de resíduos.

No que diz respeito às curvas granulométricas dos agregados presentes nas argamassas estudadas, verifica-se que a principal diferença reside na quantidade de granulometria fina (pó) existente no material resultante da moagem dos resíduos cerâmicos.

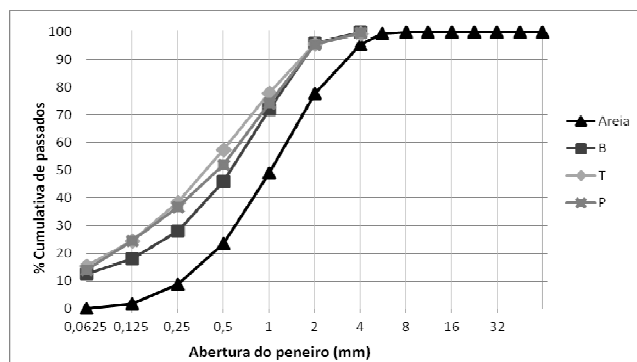


Figura 1 – Curvas granulométricas dos agregados utilizados

Na Tabela 1 apresentam-se as composições das argamassas estudadas, com as percentagens de resíduo indicadas anteriormente.

Tabela 1 – Traços volumétricos e ponderais das argamassas estudadas

Designação	Cal aérea	B		T		P		Areia	Traço Ponderal
		Pó	Grosso	Pó	Grosso	Pó	Grosso		
Ref. <sup>a</sup>	1	-	-	-	-	-	-	3	1:12,2
LB	1		0,6	-	-	-	-	2,4	1:1,8:10,2
HB	1		1,2	-	-	-	-	1,8	1:3,6:7,7
LT	1	-	-		0,6	-	-	2,4	1:1,9:10,2
HT	1	-	-		1,2	-	-	1,8	1:3,9:7,7
LP	1	-	-	-	-		0,6	2,4	1:1,9:10,2
HP	1	-	-	-	-		1,2	1,8	1:3,9:7,7
LGB	1	-	0,6	-	-	-	-	2,4	1:10,2:1,8
HGB	1	-	1,2	-	-	-	-	1,8	1:7,7:3,5
LGT	1	-	-	-	0,6	-	-	2,4	1:10,2:1,6
HGT	1	-	-	-	1,2	-	-	1,8	1:7,7:3,6
LGP	1	-	-	-	-	-	0,6	2,4	1:10,2:1,9
LGP	1	-	-	-	-	-	1,2	1,8	1:7,7:3,7

Das curvas granulométricas, verifica-se que os resíduos possuem cerca de 10 % de pó – granulometria mais fina (material apenas excluído da composição das argamassas G), comparativamente à areia de rio. No global, a distribuição granulométrica é muito semelhante em todos os casos.

Para possibilitar o doseamento dos materiais em massa durante a preparação das diferentes misturas, determinou-se a baridade de todos os materiais que constituíam as mesmas. As baridades foram determinadas de acordo com a norma NP EN 1097-3:2002 e são apresentadas na Tabela 2. Verifica-se que o material granular proveniente da moagem dos resíduos têm uma baridade inferior à da areia de rio.

Tabela 2 - Baridade média dos materiais

Material	Baridade média (g/cm <sup>3</sup> )
Areia	1,540
Cal aérea hidratada	0,361
B	1,099
T	1,173
P	0,991
GB	1,061
GT	0,992
GP	1,123

## 2.2 Caracterização das argamassas

### Argamassas no estado fresco

Todas as argamassas estudadas foram preparadas com vista a obter uma consistência por espalhamento da ordem dos 150 mm. A determinação deste valor foi efetuada tendo por base a norma de ensaio EN 1015-3:1999.

Na Tabela 3 é apresentada a consistência por espalhamento obtida e a relação água/ligante das argamassas preparadas. Como se pode verificar, as argamassas que contém pó, para além de resíduo mais grosseiro, na sua constituição tendem a necessitar de mais água para corresponderem à consistência por espalhamento pretendida. Nestas argamassas, a relação água/ligante tende também a aumentar com o aumento da presença de resíduo (H).

Tabela 3 – Relação água/ligante das argamassas estudadas

Ref. <sup>a</sup>	LB	HB	LT	HT	LP	HP	LGB	HGB	LGT	HGT	LGP	HGP
0,8	0,9	1	0,85	0,85	0,85	0,95	0,6	0,66	0,7	0,58	0,68	0,68

Todas as argamassas foram condicionadas, durante 5 dias, nos moldes, a uma temperatura de  $20 \pm 2$  °C e a uma humidade relativa de  $95 \pm 5$  %. Permaneceram durante mais 2 dias nos moldes, à mesma temperatura, mas a uma humidade relativa de  $65 \pm 5$  %, de forma a permitir a sua desmoldagem no final desse período. Todas as argamassas permaneceram nestas condições, após desmoldagem, até à data de ensaio.

### Permeabilidade ao vapor de água

A caracterização da permeabilidade ao vapor de água foi realizada de acordo com a norma ISO 12572:2001. Optou-se pelo método da tina húmida e foram realizados ensaios aos 60 e aos 120 dias. Na Figura 2 apresenta-se o gráfico com os resultados obtidos para a permeabilidade ao vapor de água.

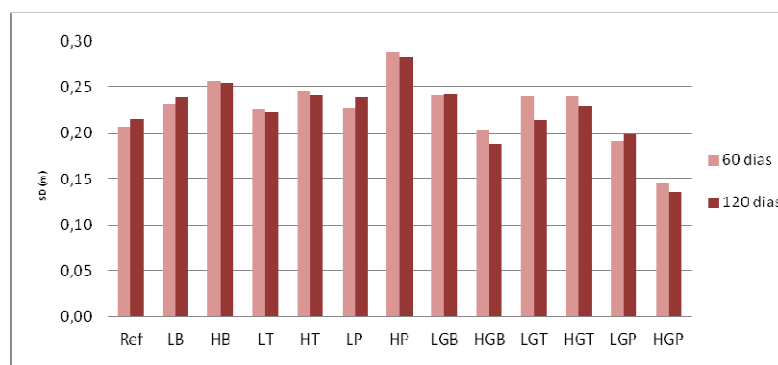


Figura 2 – Permeabilidade ao vapor de água aos 60 dias e 120 dias

Verifica-se, da análise do gráfico, que as argamassas com pó e agregado de resíduo em percentagem mais reduzida apresentam permeabilidades ligeiramente superiores relativamente às argamassas com percentagem mais elevada. Nas argamassas que contém apenas agregado de resíduo (G), esta tendência já não se verifica. Para estas, verifica-se apenas que uma das argamassas, que contém uma percentagem elevada de agregado de

resíduo, possui uma permeabilidade significativamente superior a todas as restantes. No geral, a permeabilidade ao vapor de água tende a não sofrer grande alteração dos 60 para os 120 dias; no entanto nas argamassas G só com resíduo grosso há uma ligeira tendência para aumentar ao longo do tempo.

Foram ainda determinados os valores da espessura da camada de ar equivalente, que correspondem à espessura da camada de ar em repouso que possui a mesma resistência à difusão do vapor de água que o elemento construtivo (sólido) existente [4].



Figura 3 – Espessura da camada de ar equivalente aos 60 dias e 120 dias

A evolução deste parâmetro é, como se pode verificar, inversamente proporcional à permeabilidade ao vapor de água. De uma forma mais imediata, pode concluir-se que a argamassa HP é a que revela a permeabilidade ao vapor de água mais reduzida, sendo que a generalidade das argamassas é menos permeável ao vapor relativamente à argamassa de referência. Como seria expectável, as argamassas que não contêm pó de resíduo na sua constituição revelam porosidades ligeiramente superiores. Este comportamento poderá estar relacionado com a inexistência de tantos finos que, no caso das restantes argamassas, tende a colmatar os poros.

### Absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade foi determinada de acordo com a norma de ensaio EN 15801:2009, com uma das metades dos provetes resultantes da determinação da resistência à flexão. Na Figura 4 são apresentados os resultados obtidos para o coeficiente de capilaridade, que traduz a velocidade de absorção de água, numa fase inicial e na Figura 5 são apresentadas as curvas de absorção de água para a primeira hora de ensaio, aos 120 dias.

No caso das argamassas que contêm apenas agregado de resíduo, verifica-se que a velocidade de absorção de água tende a diminuir com o aumento do tempo de cura. Já no caso das argamassas incluindo o pó de resíduo, as com baixa percentagem de substituição adquirem uma evolução contrária, enquanto as com alta percentagem de substituição mantêm a tendência de diminuição do coeficiente de capilaridade com a idade. Essa tendência foi também registada pela argamassa de referência, sem resíduo.

Aos 60 dias, todas as argamassas apresentam valores de coeficiente de capilaridade inferiores ao da argamassa de referência, enquanto aos 120 dias apenas as argamassas sem

resíduo em pó registam valores da mesma ordem de grandeza do apresentado pela argamassa de referência.

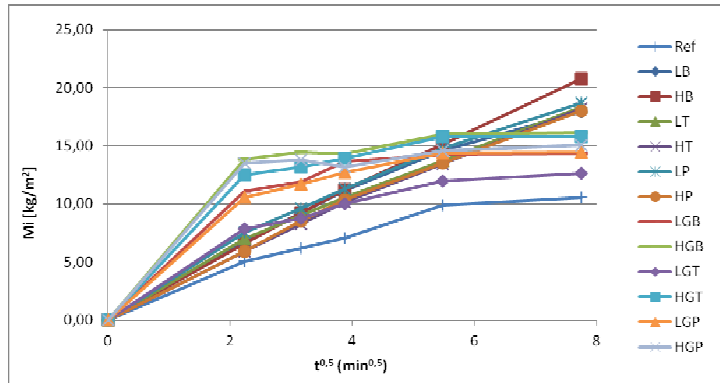


Figura 4 – Coeficiente de capilaridade aos 60 dias e 120 dias

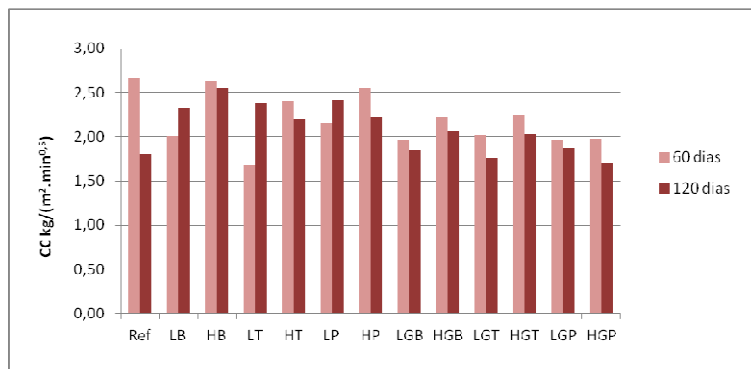


Figura 5 – Absorção por capilaridade na primeira hora de ensaio, aos 120 dias

### Índice de Secagem

A determinação do índice de secagem foi realizada tendo por base o procedimento definido por Brito [5] mas sem impermeabilização das faces. Para o efeito, foram utilizados os provetes resultantes do ensaio de determinação da absorção de água, uma vez completada a saturação.

Os provetes foram mantidos numa câmara climática, a uma temperatura e humidade relativa de  $20 \pm 2$  °C e  $50 \pm 5$  %, respetivamente. Foram efetuadas pesagens consecutivas, em períodos definidos, o que permitiu determinar a curva de evaporação e avaliar a velocidade de secagem das argamassas, que é tanto maior quanto menor for o respetivo índice de secagem. Na Figura 6 são apresentados os resultados obtidos para todas as argamassas, aos 60 dias e aos 120 dias. As curvas de secagem de cada argamassa podem ser observadas na Figura 7.

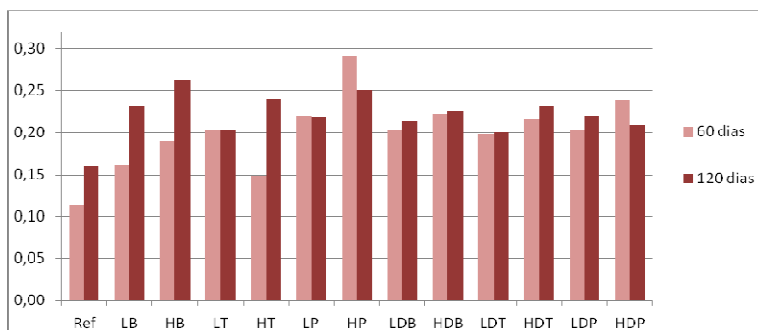


Figura 6 – Índice de secagem aos 60 dias e 120 dias

Verifica-se que o índice de secagem tende a aumentar ao longo do tempo. Apenas as argamassas LP, HP e HDP sofrem um aumento da velocidade de secagem com o aumento do tempo de cura, o que poderá estar relacionado com a presença do resíduo P nas suas composições. No geral, as argamassas com uma maior quantidade de resíduo na sua constituição, apresentam secagens mais lentas.

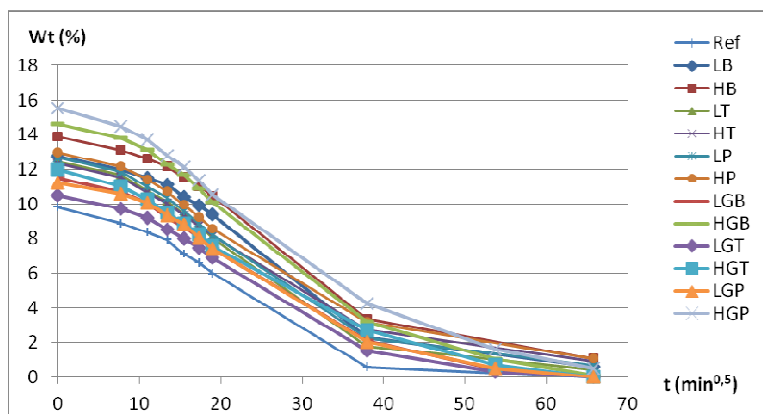


Figura 7 – Curvas de secagem aos 120 dias

### Porosidade aberta

O ensaio de determinação da porosidade aberta foi realizado tendo em conta as indicações da norma de ensaio NP EN 1936:2008, com as devidas adaptações ao tipo de produto em questão mas sem utilização de vácuo. Na Figura 8 são apresentados os resultados obtidos. Da observação do gráfico, é possível verificar que a porosidade tende a aumentar ao longo do tempo para a generalidade das argamassas estudadas, o que não se verifica para a argamassa de referência. No geral, argamassas com pó e agregado de resíduo em maior percentagem e argamassas só com agregado de resíduo apresentam valores mais elevados de porosidade aberta.

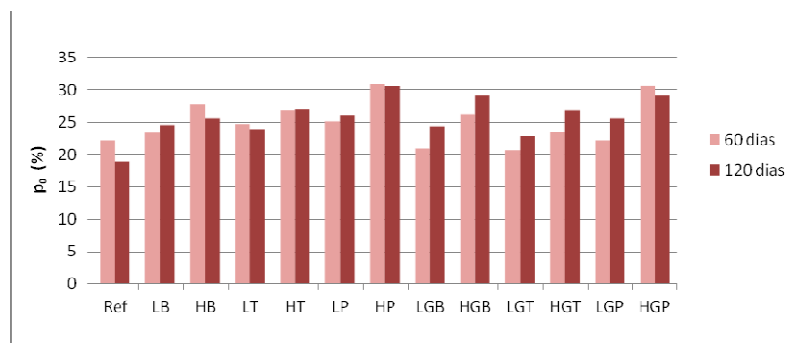


Figura 8 – Porosidade aberta aos 60 dias e 120 dias

### Resistência à flexão e resistência à compressão

As resistências mecânicas foram determinadas de acordo com a norma de ensaio EN 1015-11:1999/A1:2006. O ensaio de compressão foi realizado apenas com uma das metades resultantes da flexão, sendo que a outra metade, como já foi referido, foi utilizada para a determinação da absorção de água por capilaridade. Foram realizados ensaios aos 60 e aos 120 dias e os resultados obtidos são apresentados na Figura 9 (resistência à flexão) e na Figura 10 (resistência à compressão).

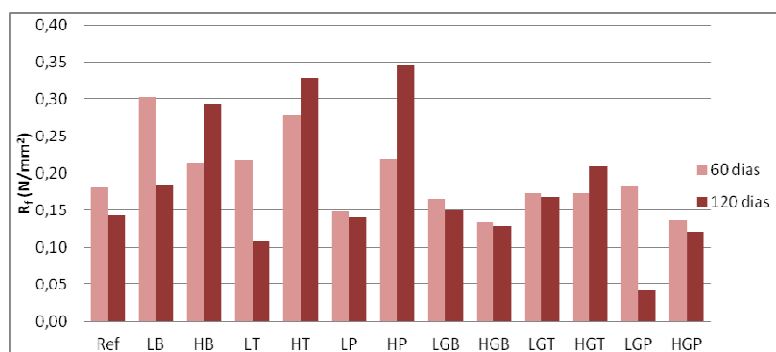


Figura 9 – Resistência à flexão aos 60 dias e 120 dias

Como se pode verificar, pela observação da Figura 9, relativamente à resistência à tração por flexão não existe, aparentemente, um padrão de comportamento, quer no que respeita ao tipo de agregado e respetiva granulometria, quer relativamente ao tempo de cura. No entanto, destacam-se as argamassas com pó de tijolo em percentagens superiores, que aos 120 dias apresentam valores de resistência à flexão bastante superiores às restantes, à mesma data de ensaio. As médias de valores apresentados apresentam um elevado desvio padrão e resultaram apenas do ensaio de três provetes de cada argamassa, pelo que os valores de  $R_f$  têm de vir a ser confirmados através da realização de maior número de ensaios. No entanto e de um modo geral, verifica-se que a substituição parcial de areia por resíduo não se traduz numa diminuição da resistência à tração das argamassas.

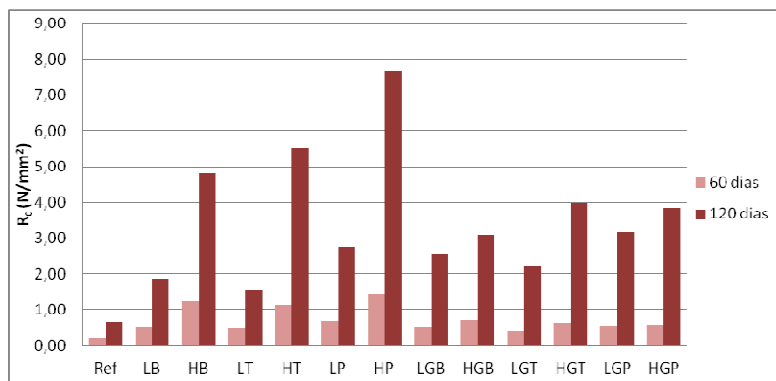


Figura 10 – Resistência à compressão aos 60 dias e 120 dias

Relativamente à resistência à compressão, houve um aumento muito significativo da mesma ao longo do tempo, para todas as composições estudadas, tendo sido este mais acentuado nas argamassas que contêm uma percentagem elevada de resíduo, e, em particular, nas argamassas com resíduo integral, à semelhança do que se observa para a resistência à flexão. Todas as argamassas apresentam valores consideravelmente superiores aos da argamassa de referência, pelo que a substituição de areia por resíduo tem uma influência muito positiva na resistência à compressão das argamassas.

### Módulo de elasticidade dinâmico

O módulo de elasticidade dinâmico foi realizado de acordo com a norma de ensaio NP EN 14146:2006, devidamente ajustada aos provetes de ensaio com dimensões de 40 mm x 40 mm x 160 mm. As leituras de frequências foram realizadas longitudinalmente e os resultados apresentados foram determinados pelo método de cubicagem e pelo método de imersão, sendo que a diferença fundamental entre eles é a forma de determinação da massa volúmica dos provetes. Enquanto no primeiro a massa volúmica é determinada através da geometria aproximada dos provetes, no segundo recorre-se a pesagens hidrostáticas das diferentes amostras para determinação da massa volúmica, o que poderá tornar este método um pouco mais preciso. Foram efetuadas leituras aos 60 e aos 120 dias. Os resultados obtidos pelo método de imersão são apresentados na Figura 11.

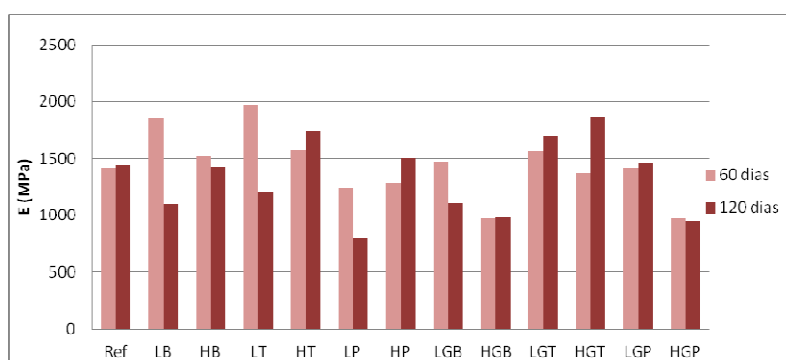


Figura 11 – Módulo de elasticidade dinâmico aos 60 dias e 120 dias – Imersão

Verifica-se que, no caso das argamassas com resíduo em pó, houve uma redução do módulo de elasticidade ao longo do tempo (com a exceção da argamassa HT, que sofreu um ligeiro aumento). Nas restantes argamassas verifica-se um ligeiro aumento deste valor, sendo que, na generalidade, o valor do módulo de elasticidade é inferior ao da argamassa de referência, o que indica uma boa deformabilidade.

### 3. Discussão dos resultados

Segundo Veiga et al.[6], argamassas de cal aérea com adições pozolânicas revelam um comportamento bastante satisfatório no que diz respeito à reparação de rebocos antigos. As autoras definem como características que devem ser tomadas como referência para este efeito as definidas na Tabela 4, relativas aos 90 dias de cura.

Tabela 4 – Características fundamentais para argamassas de reparação de edifícios antigos

Type of render	Mechanical characteristics at 90 days			Water behavior	
	Rt (N/mm <sup>2</sup> )	Rc (N/mm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	Sd (m)	C (kg/m <sup>2</sup> /min <sup>1/2</sup> )
Rendering mortar	0.2–0.7	0.4–2.5	2000–5000	< 0.08	< 1.5; > 1.0
Plastering mortar	0.2–0.7	0.4–2.5	2000–5000	< 0.10	–
Repointing mortar	0.4–0.8	0.6–3.0	3000–6000	< 0.10	< 1.5; > 1.0

C, capillarity coefficient; E, modulus of elasticity; Rc, compressive strength; Rt, flexural strength; Sd, thickness of air layer with equivalent diffusion of water vapour.

#### 3.1 Comportamento à água

No que diz respeito à permeabilidade ao vapor de água, verifica-se que nenhuma das argamassas estudadas cumpre o requisito definido na Tabela 4. Ainda assim, a argamassa HGP é a que mais se aproxima da gama de valores requerida, inferiores a 0,1 m. No entanto, todos os valores obtidos podem ser considerados relativamente baixos.

Relativamente ao coeficiente de capilaridade, verifica-se que os valores obtidos são todos ligeiramente superiores ao máximo definido de 1,5 kg/m<sup>2</sup>/min<sup>1/2</sup>. As argamassas que contêm apenas a parcela granular dos resíduos recolhidos, possuem valores mais próximos deste.

Deverá, no entanto, salientar-se, que esta comparação não poderá ser tomada como linear, já que as determinações efetuadas correspondem a idades diferentes, e os resultados alcançados poderão ter origem em metodologias e condições de cura diferentes das apresentadas neste trabalho.

#### 3.2 Comportamento mecânico

Da análise da tabela 4, verifica-se que, para argamassas de reboco, os valores recomendados para a resistência à flexão das argamassas de substituição deverão estar entre os 0,2 N/mm<sup>2</sup> e os 0,7 mm<sup>2</sup>. Das argamassas estudadas, para idades superiores aos 90 dias, verifica-se que as argamassas HB, HT, HP e HGT cumprem o intervalo estipulado. São, por isso, argamassas com percentagens elevadas de resíduo e, essencialmente, argamassas que contêm resíduo integral em percentagens mais elevadas.

No que diz respeito à resistência à compressão, a generalidade das argamassas apresenta, aos 120 dias, uma resistência superior à requerida aos 90 dias. Neste aspeto, serão provavelmente as argamassas com resíduo em pó, em percentagens mais reduzidas, que apresentarão um comportamento mais adequado.

No mesmo documento, consideram-se adequados valores de módulo de elasticidade dinâmico entre 2000 e 5000 MPa. Nenhuma das argamassas estudadas atinge o valor mínimo apresentado. São as argamassas HT, LGT e HGT as que mais se aproximam deste valor, o que poderá estar condicionado pela presença do resíduo de telha mas também muito pelo dispositivo de ensaio utilizado.

#### **4. CONCLUSÕES**

De forma a promover a reutilização de materiais vulgarmente desperdiçados e depositados em aterro, e tendo em conta a potencialidade dos resíduos de cerâmica enquanto complemento de argamassas de cal aérea, que poderão revelar eficiência técnica, foi realizada a caracterização de argamassas de cal aérea com resíduos de tijolo, telha e vaso, em granulometrias e percentagens de incorporação distintas. Desta forma, foi possível aferir a influência da presença de finos de cerâmica que podem desempenhar a função de pozolanas quando reunidas as características de composição e temperatura de cozedura ideais, bem como foi possível compreender qual o impacto da substituição de agregados mais comuns, como a areia de rio, por agregados obtidos a partir da moagem de resíduos dos materiais cerâmicos mencionados.

Concluiu-se que, em termos de comportamento físico, a permeabilidade ao vapor de água obtida para as argamassas estudadas é relativamente boa, não havendo impacto significativo no que diz respeito às variações de traço, nem de tipo e granulometria do resíduo, em relação à argamassa de referência. As argamassas com resíduos apresentam uma pequena redução da velocidade de secagem, ao longo do tempo, sendo que as argamassas que contêm apenas resíduo sob a forma granular tendem a obter uma absorção de água por capilaridade ligeiramente inferior às restantes. A porosidade aberta das argamassas com resíduo tende a aumentar com a idade, e é superior à da argamassa de referência. Tendo-se verificado alguns problemas de pequenas perdas de massa dos provetes, no decorrer dos ensaios de absorção capilar, secagem e porosidade aberta, estes ensaios serão repetidos, adotando procedimentos que limitem essa ocorrência; no caso da absorção capilar e da secagem, as argamassas serão também comparadas entre si, implementando a impermeabilização das faces, de modo a impossibilitar a evaporação não unidirecional. No entanto, esta primeira campanha permitiu despistar que a influência da substituição de areia por resíduos cerâmicos, do ponto de vista do comportamento face à água e da estrutura, não impossibilita a utilização deste tipo de resíduos.

No que diz respeito à caracterização mecânica, verificou-se que as argamassas com resíduos apresentam uma evolução significativa no que diz respeito às resistências mecânicas, sobretudo em termos de resistência à compressão. Neste aspeto, são as argamassas com resíduo integral que se destacam por terem ganhos de resistências da ordem dos 500 % dos 60 para os 120 dias. Pode admitir-se, por este motivo, que o pó de resíduos incorporados nas argamassas terá efetivamente alguma reatividade pozolânica.

O valores obtidos para os módulos de elasticidade obtidos são algo inferiores ao pretendido e tido como ideal. Neste parâmetro em especial, destacam-se as argamassas com resíduo de telha, o que poderá indicar que este material tem características que poderão potenciar o desempenho favorável de argamassas no que diz respeito a esta característica. O facto de o aumento das resistências mecânicas não ser acompanhado do

aumento do módulo de elasticidade dinâmico poderá indicar a manutenção de alguma capacidade de deformabilidade destas argamassas, que poderá ser vantajosa do ponto de vista da aplicação destas argamassas.

Globalmente considera-se que as argamassas estudadas têm um comportamento bastante satisfatório, e que a inclusão de resíduos, quer sobre a forma de pó e agregado grosso, quer só em granulometria mais grosseira (agregado grosso) poderá melhorar o comportamento face ao mesmo tipo de argamassas só com cal aérea. As argamassas com incorporação do resíduo com granulometria integral demonstram ser as mais adequadas para o fim a que se destinam.

Revelam-se argamassas vantajosas na medida em que, para além das vantagens mencionadas em termos de desempenho, utilizam ligante com baixa temperatura de produção comparativamente aos cimentos, este não necessita de energia para moagem, consomem dióxido de carbono durante o período de cura, incorporam material que seria depositado em aterro, em substituição parcial de areia, diminuindo assim o consumo de recursos naturais e reduzindo gastos energéticos e maiores teores de CO<sub>2</sub> associados.

#### **Referências bibliográficas**

- [1] Andrade, I., *Produção de resíduos na indústria cerâmica – Região Centro 2003*. Região Centro: CCDRC, 2004.
- [2] Faria-Rodrigues, P. e Henriques, F., *Current mortars in conservation: an overview*. Int. J. for Restoration 10:6 (2004) 609-622.
- [3] Boke, H., Akkurt, S., İpekoglu B., Ugurlu E., *Characteristics of brick used as aggregate in historic brick-lime mortars and plasters*. Cement and Concrete Research 36 (2006), pág. 1115-1122, Elsevier Ltd..
- [4] Freitas, V., et al, *Humidade Ascensional*. Porto, FEUP edições , 2008.
- [5] Brito, V., Gonçalves, T., Faria, P., *Coatings applied on damp building substrates: performance and influence on moisture transport*. J. Coat. Technol. Research. ISSN: 1547-0091. 8:4 (2010) 513-525. 10.1007/s11998-010-9319-5.
- [6] Veiga, M., Fragata, A., Velosa, A., Magalhães, A. e Margalha, G., *Lime-based mortars: viability for use as substitution renders in historical buildings*. International Journal of Architectural Heritage, 4: 177–195, 2010.