

# ARGAMASSAS DE TERRA

## *Comportamento higrotérmico função da granulometria da areia*

Tânia Santos<sup>1</sup>  
tr.santos@campus.fct.unl.pt

Vítor Silva<sup>2</sup>  
vmd.silva@fct.unl.pt

Paulina Faria<sup>3</sup>  
paulina.faria@fct.unl.pt

### Resumo

É referido em bibliografia que a utilização da terra em argamassas de reboco interiores apresenta propriedades muito importantes para a melhoria da qualidade e conforto do ambiente interior de edifícios. Destaca-se a elevada capacidade de adsorção de vapor de água, que pode contribuir para o equilíbrio dos ambientes interiores e, conseqüentemente, para a mitigação dos problemas de saúde associados a estados limites de humidade.

O trabalho experimental que se apresenta teve como objectivo o estudo das propriedades higrotérmicas de argamassas de terra, através do estudo da sua condutibilidade térmica, da permeabilidade ao vapor de água e da capacidade higroscópica (a nível de adsorção mas também de desadsorção). Para tal formularam-se diversas argamassas com base numa mesma terra argilosa destorroada, proveniente do barrocal algarvio, e com diferentes misturas de areias siliciosas. Todas as argamassas foram formuladas ao traço volumétrico 1:3 de terra e areia, respectivamente. Compararam-se com duas argamassas pré-doseadas produzidas com terra da mesma região produzidas com equipamento de laboratório e de obra.

Os resultados obtidos com as diversas argamassas são apresentados e discutidos, comparando sempre que possível com outros estudos e salientando-se particularmente os bons resultados apresentados em relação à higroscopicidade das argamassas estudadas. Essa capacidade deve-se às características da argila, que constitui o aglutinante das argamassas que constituem estes rebocos, e aparenta não ser muito influenciada pela granulometria das areias utilizadas, nem pela existência de baixa percentagem de fibras.

Esta situação permite considerar argamassas com este tipo de terra como potencialmente adequadas para contribuírem para a regulação higrométrica dos espaços interiores, nomeadamente na reabilitação de edifícios existentes.

*Palavras-chave:* Terra, Argamassa, Reboco interior, Higroscopicidade, Permeabilidade, Condutibilidade térmica

---

<sup>1</sup> Estudante de Doutoramento em Engenharia Civil, FCT-UNL.

<sup>2</sup> Bolseiro de Ciência e Tecnologia do Dep. Eng. Civil, FCT-UNL.

<sup>3</sup> Professora Associada do Dep. Eng. Civil, FCT-UNL.

## 1 Introdução

O conforto dos habitantes dos edifícios, bem como a qualidade do ar interior, constituem parâmetros importantes na selecção dos materiais de construção para utilização no interior dos edifícios. A terra é um material de construção natural que parece satisfazer todos os requisitos, essencialmente devido ao seu baixo impacto ambiental e às suas propriedades higroscópicas [1]. Com efeito, a terra é um material abundante e acessível, de fácil extracção e transformação, totalmente reutilizável e reciclável (quando não estabilizada quimicamente) e incombustível. Devido ao facto da energia necessária para extrair, transformar e produzir produtos de construção à base de terra ser extramente baixa, quando comparada com outros produtos, o seu ciclo de vida é caracterizado por um reduzido impacto ambiental e energético [2].

A argila da terra tem a capacidade de absorver e libertar humidade em maior quantidade do que qualquer outro material de construção [3]. Tal facto permite que as argamassas de terra possam contribuir para o equilíbrio do ambiente dos espaços interiores de um edifício [3,4]. Neste estudo apresenta-se o comportamento higrotérmico de várias argamassas formuladas em laboratório e de duas argamassas pré-doseadas, uma produzida de forma idêntica às anteriores e outra produzida através de amassadura com equipamento de obra.

## 2 Materiais, argamassas e provetes

Foram formuladas em laboratório quatro argamassas, tendo-se variado a granulometria e proporção da areia utilizada e, num dos casos, adicionado fibras de palha de aveia. O traço volumétrico base destas argamassas é de 1:3 (terra argilosa: areia). O aglutinante utilizado é apenas a argila da terra, mantendo a sua quantidade e tipo em todas as argamassas. Produziram-se outras duas argamassas pré-doseadas, fornecidas pela empresa EMBARRO sediada no Algarve, apresentando uma composição semelhante (terra argilosa, areia fina e fibras), variando apenas a forma como foram amassadas. A terra argilosa utilizada em todas as argamassas é proveniente do barrocal algarvio e apresenta características ilíticas [4]. Na formulação das argamassas formuladas em laboratório foram utilizados dois tipos de areia siliciosa: uma areia fina (FS) e uma areia grossa (CS). Uma das argamassas, P<sub>0</sub>, foi realizada em condições de laboratório mas com um berbequim eléctrico com haste helicoidal, tendo o produto sido misturado durante 5 minutos após a adição de água [4]; este tipo de amassadura é correntemente aplicado em obra. A argamassa pré-doseada, P, foi realizada em condições de laboratório idênticas às das restantes argamassas.

Para a produção destas argamassas introduziu-se a quantidade de material (terra argilosa e agregado, homogeneizados manualmente) numa cuba metálica

e introduziu-se a quantidade de água definida. A misturadora mecânica foi acionada durante 30 segundos, seguindo-se 5 minutos de repouso da argamassa, a que se seguiram mais 30 segundos de amassadura mecânica. A Tabela 1 apresenta a constituição de cada argamassa estudada. A quantidade de água foi definida para obter argamassas trabalháveis não tendo variado entre argamassas, excepto no caso da argamassa com adição de fibras (não pré-doseada). Neste caso foi adicionada uma quantidade superior de água uma vez que, na fase inicial de amassadura, parecia ser necessário; no entanto, na sequência da amassadura e na determinação subsequente da consistência por espalhamento, tal veio a revelar-se enganador. Com cada uma das argamassas foram realizados três provetes circulares de 90 mm de diâmetro e 20 mm de altura em moldes de PVC e sobre uma base impermeável. Todos os provetes de todas as argamassas foram deixados secar e colocados em condições ambientais controladas de  $20\pm 3^{\circ}\text{C}$  de temperatura e  $65\pm 5\%$  de HR.

Tabela 1: Designação e composição das argamassas em estudo.

Designação	Tipo, Constituintes secos	Água (% vol. total)
P0	Pré-doseada com equip. de obra (com fibras e areia fina)	20
P1	Pré-doseada de laboratório (com fibras e areia fina)	20
FS	25% argila, 75% areia fina	20
CS45_FS30	25% argila, 45% areia grossa, 30% areia fina	20
CS30_FS45	25% argila, 30% areia grossa, 45% areia fina	20
CS30_FS45_F5	25% argila, 30% areia grossa, 45% areia fina, com 5% fibras (vol. total)	25

### 3 Métodos de ensaio, resultados e discussão

As argamassas foram caracterizadas no estado fresco em termos de consistência por espalhamento, com base na EN 1015-3 (Tabela 2). Foi avaliado o comportamento higrotérmico das argamassas.

#### 3.1 Condutibilidade térmica

O ensaio de condutibilidade térmica realizou-se com o equipamento ISO-MET 2104 (*Heat Transfer Analyser*) e respectiva sonda de superfície API 210412 com 60 mm de diâmetro [4]. Foram realizadas três medições na face mais homogénea de cada um dos três provetes de cada argamassa, espaçadas entre si de algum intervalo de tempo. A média e o desvio-padrão apresentado por cada argamassa são apresentados na Tabela 2. As argamassas em estudo apresentam valores entre 0,91 e 1,01 W/(m.K), excepto no caso da argamassa com maior quantidade de areia grossa e da argamassa com incorporação de fibras vegetais, que apresentam valores entre 0,72 e 0,78 W/(m.K).

Dependendo da massa volúmica aparente, a condutibilidade térmica das argamassas de terra pode variar bastante entre 0,17 e 1,1 W/(m.K) [3]. Os valores obtidos enquadram-se nesta gama, não atingindo os valores mais elevados. As argamassas analisadas apresentam valores próximos do valor definido pelo ITE 50 [5], 0,80 W/(m.K), de condutibilidade térmica para argamassas de rebocos de cal e areia com massa volúmica de 1,60 kg/dm<sup>3</sup>.

Tabela 2: Consistência por espalhamento, condutibilidade térmica, factor de resistência à difusão de vapor de água e espessura da camada de ar de difusão do vapor de água equivalente de cada argamassa.

		Argamassa					
		P0	P1	FS	CS45_FS30	CS30_FS45	CS30_FS45_F5
Esp. [mm]	Média	182,30	161,50	168,00	168,00	167,50	192,50
	Desvio-padrão	2,50	0,71	2,83	0,00	0,71	0,71
$\lambda$ [W/(m.K)]	Média	0,91	1,01	0,94	0,72	0,98	0,78
	Desvio-padrão	0,04	0,07	0,13	0,13	0,03	0,11
$\mu$ [-]	Média	8,00	6,97	6,30	7,34	7,66	7,13
	Desvio-padrão	0,03	0,31	0,74	0,37	0,30	0,13
Sd [m]	Média	0,16	0,14	0,13	0,15	0,15	0,14
	Desvio-padrão	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00

### 3.2 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água das argamassas foi determinada com base na norma DIN 18947 que por sua vez remete para a norma EN ISO 12572, mas também com base na norma NP EN 1015-19 e EN 15803, através do método da tina húmida. O conjunto (cápsula+provete) foi colocado numa câmara climática a 23°C de temperatura e 40% de HR, registando-se a massa do conjunto de 24 em 24 horas até se atingir um regime estacionário. Determinou-se o factor de resistência à difusão de vapor de água mas também a espessura da camada de ar de difusão de vapor de água equivalente (Tabela 2).

É possível concluir que a argamassa pré-doseada produzida com equipamento de obra apresenta um factor de resistência à difusão do vapor de água mais elevado; por outro lado a argamassa pré-doseada de laboratório e a argamassa com areia fina apresentam os valores mais baixos, sendo assim as mais permeáveis ao vapor. Comparando com a gama recomendada por Veiga et al. [6] para rebocos interiores verifica-se que todas as argamassas se encontram relativamente perto do limite de 0,10 m de Sd definido. Para diferentes tijolos de terra e utilizando o mesmo ensaio (alterando apenas as condições da câmara climática e o tipo e forma dos provetes), Cagnon et al. [1] obteve valores de factor de resistência à difusão do vapor de água entre 3 e 7. Todas as argamassas estão perto deste limite superior.

### 3.3 Higroscopicidade

O ensaio de higroscopicidade das argamassas em estudo foi realizado com base na norma DIN 18947, mas tendo sido utilizados os provetes circulares com 90 mm de diâmetro e 20 mm de espessura e não os provetes planares (com 1000 cm<sup>2</sup> de superfície) definidos pela norma. Os provetes foram impermeabilizados na face inferior e em toda a área lateral com película aderente de polietileno, mantendo-se a mesma fixa ao provete com o auxílio de um elástico, ficando apenas exposta a face superior. Os provetes foram colocados na câmara climática com uma temperatura constante de 20±2°C e 50±5% de HR, tendo sido deixados nestas condições até se encontrarem em massa constante. A HR no interior da câmara foi alterada para 80%. Os provetes foram pesados numa balança de precisão de 0,001g após 0h, 0,5h, 1h, 3h, 6h e 12h e foi determinada a curva de adsorção de vapor de água (Figura 1, superior).

Os provetes foram então mantidos a temperatura constante de 20±2°C e 80±5% de HR, até atingirem massa constante. A câmara climática foi colocada a uma HR de 50% e realizam-se pesagens após os mesmos intervalos de tempo, para determinação da curva de desadsorção (Figura 1, inferior).

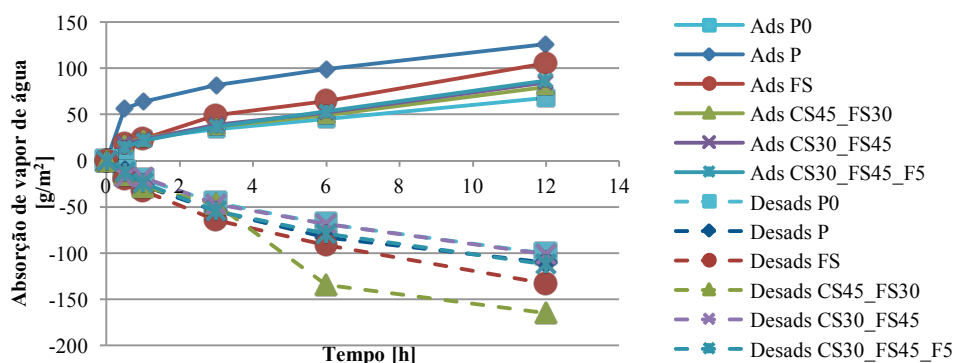


Figura 1: Curvas obtidas no ensaio de higroscopicidade.

Salienta-se a adsorção da argamassa pré-doseada produzida por amassadura de laboratório, seguida pela argamassa com areia fina. As restantes argamassas, com misturas de areia e pré-doseada produzida por amassadura de obra, apresentam adsorções muito semelhantes, salientando esta última um pouco pela negativa. No entanto ressalta-se o facto de todas as argamassas apresentarem adsorção de cerca de 70-125 g/m<sup>2</sup> ao fim de 12 h a 80% de HR, o que se pode revelar muito interessante.

Relativamente à desadsorção, a argamassa CS45\_FS30 apresenta uma curva menos regular comparativamente às curvas obtidas pelas restantes argamassas, o que pode ser devido ao facto dos provetes desta argamassa apresentarem alguma microfissuração, não visível nas restantes argamassas. A tendência apresentada pelas argamassas nas curvas de desadsorção é diferente da tendên-

cia das curvas de adsorção. A argamassa pré-doseada de laboratório apresenta comportamento coincidente com a argamassa com mistura de areias e fibras, enquanto a pré-doseada de obra apresenta comportamento coincidente com a de mistura equivalente mas sem fibras (CS30\_FS45), sendo estas as que apresentam capacidade de desadsorção ligeiramente inferior. Sem considerar algo que se possa ter passado com a argamassa com maior quantidade de areia mais grossa, todas as restantes apresentam, ao fim de 12 h, desadsorção entre 100-135 g/m<sup>2</sup>, o que também se pode salientar como muito positivo.

## 4 Conclusões

As principais conclusões que se podem retirar deste trabalho experimental são: as argamassas de terra apresentaram muito boa trabalhabilidade; estas argamassas apresentaram valores semelhantes de condutibilidade térmica aos tabelados para argamassas de reboco de cal aérea [5], melhorando apenas com incorporação de fibras naturais; quanto à permeabilidade ao vapor constata-se que as argamassas não ultrapassam muito o limite definido para rebocos interiores [6]; verifica-se que a capacidade higroscópica das argamassas é muito elevada, tanto na adsorção como na desadsorção. Constata-se particularmente que estas características são pouco influenciadas pela granulometria e proporção das várias fracções granulométricas utilizadas e até pela existência de pequena percentagem de fibras vegetais. Considera-se, assim, que o tipo de argila é preponderante e fundamental para o comportamento higrométrico das argamassas de terra.

## 5 Bibliografia

- [1] Cagnon, H. et al. Hygrothermal properties of earth bricks, *Energy and Buildings* 8, 2014, p. 208-217.
- [2] Melià, P. et al. Environmental impacts of natural and conventional building materials: a case study on earth plasters, *Journal of Cleaner Production* 80, 2014, p. 179-186.
- [3] Rohlen, U.; Ziegert, C. *Earth building practice*, Berlin: Bauwerk, 2011.
- [4] Santos, T. *Argamassas de terra para rebocos interiores: Ensaio de caracterização e influência da formulação*. Dissertação de Mestrado, FCT-UNL, 2014.
- [5] Pina dos Santos, C. A.; Matias, L. *Coefficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente de edifícios, ITE 50*. Lisboa: LNEC, 2006.
- [6] Veiga, R. et al. Lime-based mortars: viability for use as substitution renders in historical buildings. *Int. J. Architectural Heritage* 4, 2010, p. 177-195.