

## **Argamassas com Cal Aérea Hidratada com Incorporação de Gorduras. Caracterização e Necessidades de Investigação.**



Fernando Pacheco Torgal  
C-TAC, Unidade de Inv.  
Universidade do Minho  
Portugal  
torgal@civil.uminho.pt



Said Jalali  
Universidade do Minho  
Portugal  
said@civil.uminho.pt

**Resumo:** Embora em termos históricos tenham sido frequentes as utilizações de argamassas de cal, cuja extinção ocorreu com a adição de gordura vegetal, existe contudo um grande nível de desconhecimento sobre este material. Desconhece-se assim de que forma a adição de gordura influi nas propriedades e durabilidade das argamassas produzidas com aquela cal, quer mesmo quais os mecanismos que expliquem o comportamento das argamassas de cal com gorduras que também contenham pozolanas. O objectivo do presente artigo é por isso o de proceder a uma análise da literatura das características das argamassas à base de cal com gorduras, pondo em evidência aquilo que deverão ser aspectos a investigar num futuro próximo.

**Palavras-chave:** Cal aérea, gorduras, propriedades, durabilidade

### **1. INTRODUÇÃO**

Em termos históricos o uso de argamassas de cal com gorduras para obter um produto de características hidrófugas remonta ao tempo de Vitruvius [1,2]. Em Portugal o Arquitecto Quirino da Fonseca publicou na década de 90 [3,4], um pequeno opúsculo onde faz referência à adição de pequenas quantidades de óleo durante a fase de hidratação da cal, material que teria sido utilizado pelos portugueses na construção de antigas Praças Fortes, inclusive na construção da Fortaleza “Nossa Senhora da Conceição”, localizada na ilha de Gerum em Ormuz no Golfo Pérsico, Irão. A sua construção teve início em 1507, após a vitória do Almirante Afonso de Albuquerque, sobre as forças do Rei de Ormuz. A referida Fortaleza tinha forma pentagonal e era composta por 8 torres perimetrais e uma torre central (Figura 1 e 2).



Figura 1: Fortaleza Portuguesa “Nossa Senhora da Conceição” em Ormuz, Irão.  
Em cima mapa da Fortaleza do Séc. XVI. Em baixo, localização da Fortaleza no Google.

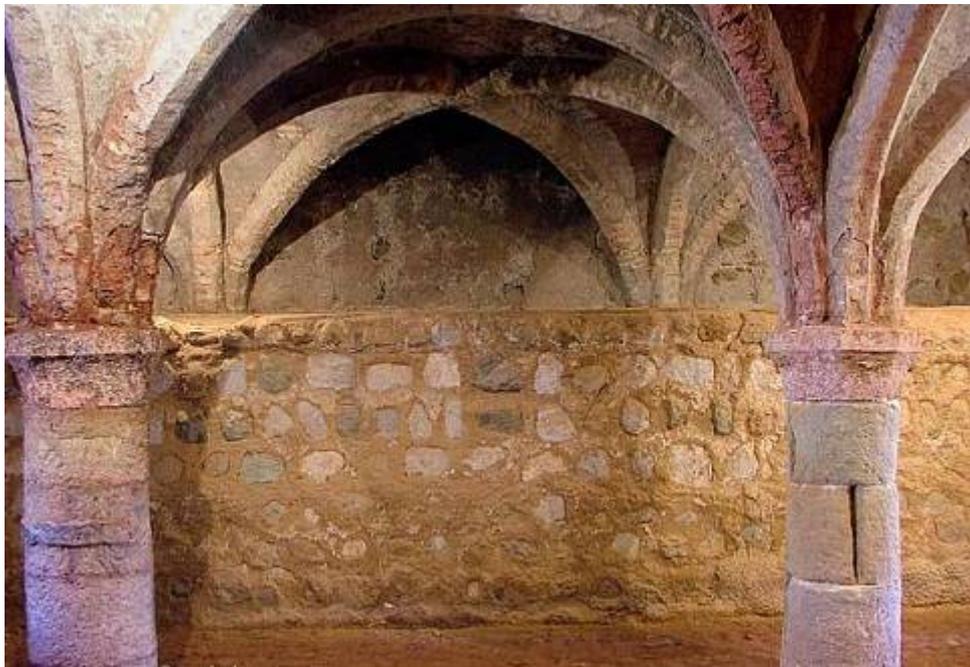


Figura 2: Fortaleza "Nossa Senhora da Conceição". Em cima aspecto actual da Fortaleza. Em baixo, ruínas das cisternas subterrâneas.

Em 1873, mais de trezentos depois da construção da Fortaleza da “Nossa Senhora da Vitória”, A.W. Stiffe um Tenente da Marinha Inglesa, visitou o interior da Fortaleza tendo feito uma descrição sobre o seu estado de conservação para o Geographical Magazine, onde refere que “The mortar used was excellent, and much more durable than the stones “[5], o que permite inferir do bom desempenho das argamassas utilizadas, para suportar a acção das condições ambientais ao longo do tempo, sendo como eram junto ao mar particularmente agressivas.

Já em 1570, o Arquitecto Veneziano Palladio, referia a utilização de óleo de linhaça e de noz para conferir propriedades impermeabilizantes a argamassas de cal aérea e pozolanas [6]. Também no livro “O Engenheiro Português”, publicado por Manuel de Azevedo Fortes em 1729, é patente a utilização de azeite no fabrico da cal, “...se mandará descarregar a cal, antes de ser traçada, deitando-se enquanto ferve alguns golpes de azeite, ou borras do mesmo, e com esta cal feita, como para caiar se fará o traço com os três quintos de areia e dous quintos de cal..” . E que este material tinha características impermeabilizantes “Se entre abobeda e abobeda, houver algum aljaroz, se fará com o mesmo traço de cal...desta sorte ficarão os subterrâneos inchutos, sadios e capazes de nelles se conservarem os soldados, e as munições”[4].

## 2. O PRESENTE

Desde o meio da década de 90 que é comercializada em Portugal uma cal com a designação de “cal D.Fradique”, que é produzida com incorporação de borra de azeite (oleína). Esta cal terá surgido (segundo se pensa) devido a diligências do Arquitecto Quirino da Fonseca, que tinha sido incumbido de seleccionar um ligante para as argamassas a utilizar nas obras de reabilitação das muralhas do Castelo de São Jorge, em Lisboa.

Actualmente, a firma que em Portugal fabrica este tipo de cal, utiliza um processo de fabrico semi-artesanal. Após a cozedura das pedras calcárias, estas são moídas em moinho de maxilas, sendo a extinção da cal feita manualmente, adicionando-se ao mesmo tempo a gordura (Figura 3).



Figura 3: Operação de apagamento da cal [4]

O referido Arquitecto recomenda as seguintes proporções para o fabrico “cal D.Fradique”: 25 kg de cal viva; 1,5kg de borra de azeite; 10 l de água. Contudo, a firma atrás referida utiliza outras proporções que não divulga [4]. O endurecimento da cal D. Fradique ocorre por carbonatação, o à semelhança das outras cal aéreas. As argamassas fabricadas com cal D.Fradique apresentam relativamente às argamassas fabricadas com cal aérea corrente as seguintes vantagens (Tabela 1):

- Maior consistência;
- Maior permeabilidade ao vapor de água;
- Capilaridade muito inferior;
- Impermeabilização (medida com humidímetro) muito superior;
- Maior resistência ao desenvolvimento de fungos.

Tabela 1 – Comparação das características das argamassas [3]

Ensaio		Argamassa de cal D.Fradique	Argamassa de cal vulgar		
Argamassa em pasta	Massa volúmica aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	1745	1999		
	Consistência (ensaio de espalhamento %)	81	77		
Argamassa endurecida	Massa volúmica aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	1614	1783		
	Permeabilidade ao vapor	Coefficiente de permeabilidade ao vapor (ng/m.s.Pa)	29,1	26,46	
		Espessura da camada de ar de difusão equivalente a 1cm de reboco	0,12	0,14	
	Coefficiente de capilaridade (Kg/m <sup>2</sup> .h <sup>0,5</sup> )		0,13	10,2	
	Capacidade de impermeabilização	1cm-(1/2)h	b) Atraso na molhagem (h)	0	271,6
			c) Duração do ensaio (h)	-	-
			d) Intensidade da molhagem (mV.hx10 <sup>3</sup> )	0	60,21
		a) Ensaio com o humidímetro			
		5 cm-28h	Atraso na molhagem (h)	38,69	146,02
			Duração do ensaio (h)	-	-
		Intensidade da molhagem (mV.hx10 <sup>3</sup> )	0,97	38,31	
Resistência a fungos (crescimento de fungos)		Médio a intenso	Intenso		

a) Ensaio com humidímetro. Medição em contínuo da tensão eléctrica no interior de camadas de argamassa. Foram utilizados provetes constituídos por camadas de argamassa com 1,5 cm de espessura aplicadas sobre fibrocimento. Os provetes foram colocados na posição horizontal e submetidos à acção de uma “lâmina de água”.

b) Atraso na molhagem. Tempo que medeia entre o início da molhagem dos provetes e o instante em que a água começa a ser detectada pelo humidímetro, considerando-se que isto sucede quando a tensão eléctrica desce para 95% do seu valor inicial.

c) Duração do ensaio. Período de tempo entre o início da queda de tensão, devida à molhagem, e o instante em que se atinge novamente uma tensão igual a 95% da inicial.

d) Intensidade da molhagem. Depende simultaneamente da quantidade de água que atinge o suporte e do tempo durante o qual ela aí permanece. Área definida pela curva que traduz a variação da tensão eléctrica, mV, ao longo do tempo.

Sá [4] estudou o comportamento de rebocos contendo cal D.Fradique no revestimento de paredes de pedra e cal, tendo observado que embora os rebocos à base de cal com gorduras (1:3), tenham uma elevada capacidade de impermeabilização, apresentam por outro lado baixa resistência superficial e uma menor resistência ao arrancamento (Tabela 2), que os restantes rebocos à base de cal aérea e cimento (0;5:0,5:3) e cal hidráulica (1:3).

Tabela 2 – Comparação das características das argamassas [4]

Ensaio	Argamassas segundo o ligante utilizado			
	Cal D.Fradique	Cal aérea	Cal hidráulica	Cal aérea e cimento
Rt (MPa)	0,22	0,21	0,20	0,47
Rc (MPa)	0,65	0,44	1,56	2,67
Rt/Rc	0,34	0,48	0,13	0,17
Resist. choque esfera Ø mossa (mm)	18,6	20,7	12,6	11,8
Resist. ao arrancamento (MPa)	0,048	0,056	0,057	0,129
Absorção de água em baixa pressão em tubo Carsten-10 min (cm <sup>3</sup> )	0,1	36,1	2,1	3,1
Absorção de água por capilaridade (massa ao fim de 5min - g)	2,22	23,92	9,66	8,57

O facto desta cal apresentar maior compacidade, conjugado com a presença de gordura, contribui para retardar o fenómeno da carbonatação e logo o desenvolvimento da resistência.

Veiga [7] refere que a utilização indiscriminada de revestimentos à base de cal hidratada com gordura tem, a par de alguns sucessos, conduzido também a maus resultados (Figura 4). Uma explicação para os referidos insucessos pode ter que ver com o retardamento da carbonatação, típico deste tipo de cal e já atrás referido.



Figura 4 – Perda de coesão e erosão em argamassa recente de cal hidratada com gordura [7]

Os óleos vegetais são constituídos por glicéridos (ésteres de glicerol e ácidos gordos). Quando imersos em meio alcalino ocorre forte coordenação entre a molécula de carbono dos ácidos gordos com o cálcio do ligante [8].

A capacidade impermeabilizante de argamassas de ligantes hidráulicos por intermédio de óleos vegetais, foi já estudada por outros autores [9], os quais referem que se podem obter bons desempenhos com percentagens de óleo vegetal de apenas 0,5% e também que o óleo de colza é o óleo mais barato e um dos mais efectivos para esse efeito, mais ainda que o azeite de oliva.

Embora a maioria dos aditivos utilizados actualmente para conferir capacidade hidrófuga a argamassas e betões (resinas e polímeros) provenham de recursos não renováveis por via da indústria petrolífera [10], os requisitos de sustentabilidade da indústria da construção tornam evidente a necessidade de investigar produtos alternativos que sejam mais “amigos do ambiente”, sendo irónico que o passado nos dê lições a esse respeito.

Holz [11] refere que uma das desvantagens associadas aos hidrófugos baseados em óleos vegetais, prende-se com o facto da radiação UV poder oxidar os ácidos gordos dos óleos vegetais, o que levará, ao fim de vários anos, a uma redução da capacidade impermeabilizante das partículas de óleo localizadas junto à superfície da camada de reboco.

Cechova et al. [12], estudaram argamassas à base de cal (aérea simples, bastardas com cimento, com pozolanas, hidráulica), com 1% de óleo de linhaça, tendo observado que a adição provoca um aumento de resistência à flexão e à compressão de argamassas com componentes hidráulicos, embora provoque um efeito inverso em argamassas de cal aérea

simples, também que existe uma elevada redução da absorção de água para as diversas argamassas, embora o efeito seja mais nítido na argamassa de cal aérea simples, para a qual foi observada uma redução de absorção de 10 vezes.

Observações de microscopia electrónica revelam que a adição de 1% de óleo de linhaça não afecta a microestrutura das argamassas de cal aérea simples, embora as argamassas com componentes hidráulicos apresentem alterações nítidas (Figura 5).

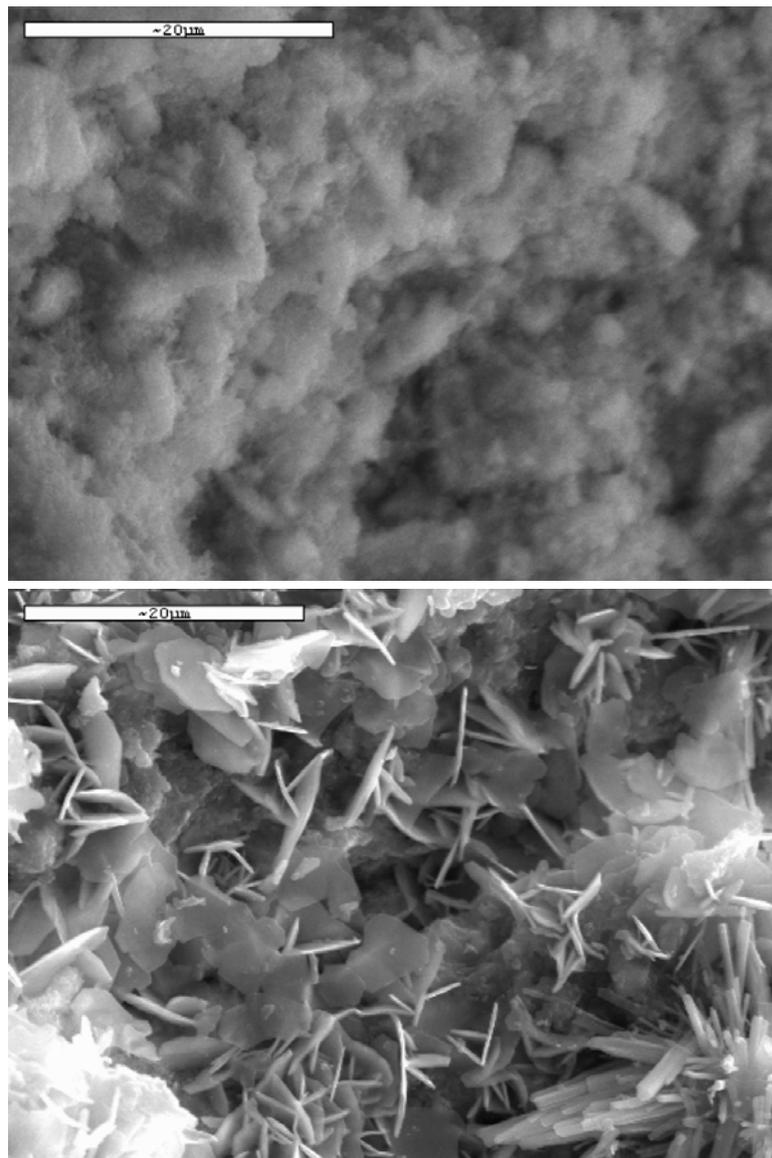


Figura 5 – Microestrutura de argamassas de cal aérea-pozolanas-cimento com e sem óleo de linhaça [12]

Estes autores referem ainda que nas argamassas com componentes hidráulicos é visível a formação de um “filme” de óleo no interior dos poros, que poderá explicar alguma redução da conectividade do sistema poroso (Figura 6).

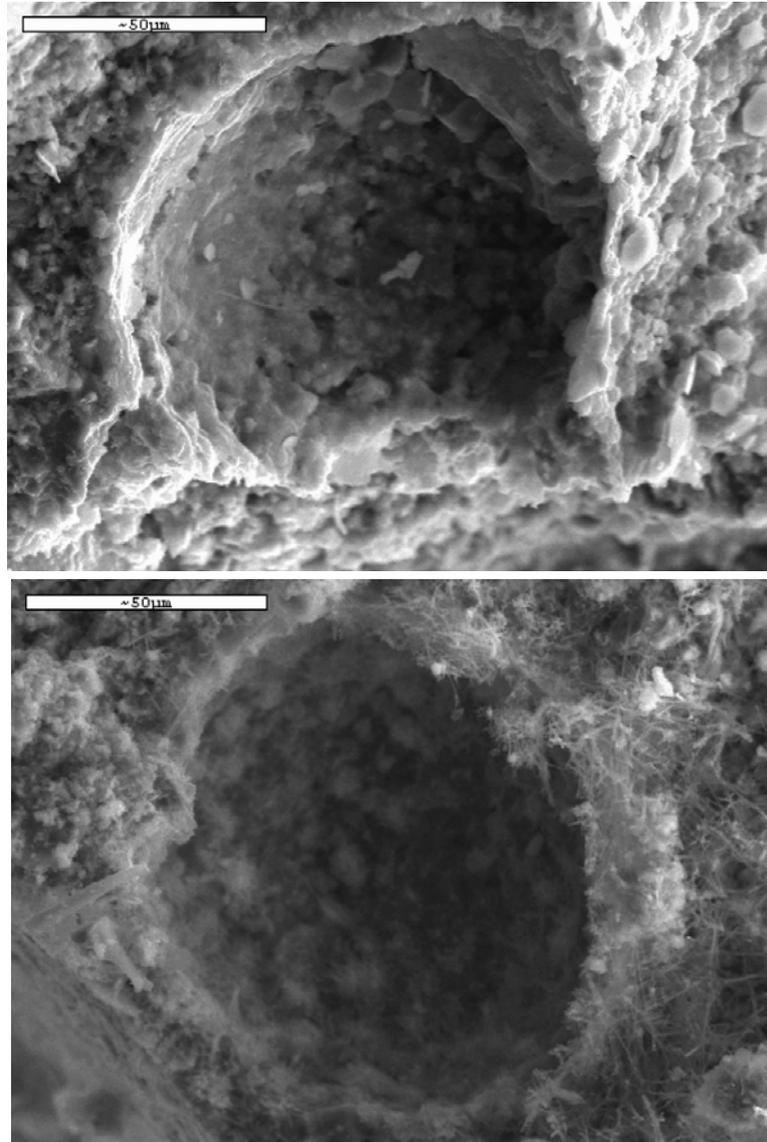


Figura 6 – Microestrutura de argamassas de cal aérea e pozolanas com e sem óleo de linhaça [12]

Não parece no entanto que estas conclusões sejam suficientes para perceber a extraordinária redução da absorção de água das argamassas em que o único ligante é a cal aérea simples. Pois que seria expectável que o mesmo se traduzisse em modificações da microestrutura dessas argamassas.

### 3. NECESSIDADES DE INVESTIGAÇÃO

Aquilo que se sabe sobre as argamassas de cal aérea hidratadas com gorduras vegetais, revela a existência de muitas lacunas as quais devem ser devidamente estudadas num futuro próximo. Importa conhecer entre outros, os aspectos relacionados com a natureza dos factores de produção deste material, quer também de que forma a sua produção influi nas propriedades e durabilidade das argamassas produzidas com aquela cal particular, quer mesmo quais os mecanismos que explicam o comportamento das argamassas de cal hidratada com gorduras que contenham pozolanas.

É importante saber se diferentes tipos de gorduras, como a de óleo de colza (cujas produção está prevista ser iniciada em Portugal a breve prazo, constituindo-se assim como um aditivo de baixo custo [13]), influenciam diferentemente o comportamento destas argamassas e quais as gorduras que optimizam o desempenho de argamassas de reabilitação.

Também de que forma se pode optimizar a capacidade impermeabilizante destas argamassas sem redução da permeabilidade ao vapor de água. Importa perceber ainda de que forma a incorporação de gordura durante a fase de extinção da cal aérea e em função da duração e das condições de extinção, podem ou não influenciar o processo de carbonatação, a natureza da reacção pozolânica ou a formação dos silicatos de cálcio hidratados. Espera-se que o esclarecimento destas questões possa contribuir para optimizar as condições de produção industrial de cal aérea hidratada com gorduras, as quais contribuam para a recuperação do património edificado.

### 4. CONCLUSÕES

As argamassas de cal hidratada com gorduras foram utilizadas durante centenas de anos e pelos vistos com bons resultados. Há não muito tempo ressurgiu o interesse pelas mesmas, quer por razões de interesse histórico quer mesmo por motivos ligados à necessidade de uma construção mais sustentável. Afim de se poder utilizar este material da forma mais correcta, torna-se necessário investigar vários aspectos que não são conhecidos e que foram objecto de descrição neste artigo.

### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Albert, L.B., *Tem Books on Architecture*. Translated by J. Leoni, J. Rykwert, 1995, London
- [2] Bailey, K.L., *The Elder Pliny's Chapter's on Chemical Subjects*, 1932, Edward Arnold and Co.
- [3] Sá, A.F.G., *Argamassa de cal aérea hidratada com incorporação de gordura e sua utilização em rebocos*. Monografia Nº 7, 2002, Construlink.
- [4] Sá, A.F.G., *Rebocos em Paredes de Pedra e Cal*. Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, 2005, IST.
- [5] Rowland, P. B. *Essays on Hormuz*. 2006
- [6] Palladio, A. *The four books on the architecture*. 1570, Venice, Italy

- [7] Veiga, R. (2003) *As Argamassas na Conservação*. In Actas das 1ª as Jornadas de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Avaliação e Reabilitação das Construções Existentes. Coleção Comunicações, COM 103, LNEC, 2003
- [8] Justnes, H. ; Ostnor, T.; Vila, N. *Vegetable oils as water repellents for mortars*. Proceedings of the 1 st International Conference of Asian Concrete Federation, pp.689-698, 2004, Thailand
- [9] Vikan, H.; Justnes, H. *Influence of Vegetable Oils on Durability and Pore Structure of Mortars*. Proceedings of the Seventh CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete, pp. 417-430, 2006, Canada.
- [10] Hill, K. *Fats and oils as oleochemical raw materials*. Pure Applied Chemistry, pp.1255-1264, 2000. IUPAC
- [11] Stolz, H., *Oleochemicals – important additives for building protection*. 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, 2007, Lisboa
- [12] Cechova, E.; Papayianni, I.; Stefanodou, M., *The influence of lindseed oil on the properties of lime-based mortars*. International Conference HMC 08 – Hystorical Mortars Conference: Characterization, Diagnosis, Repair and Compatibility, LNEC, 2008, LISBON
- [13] *Semanário Reconquista*. Portugal: Fumo branco na colza. 2009.