



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

João Pedro Martins Braz

INTERFACE DE ARGAMASSAS DE CAL COM SUPORTES  
DE PEDRA, BLOCOS DE TERRA E TIJOLOS MACIÇOS

Dissertação de Mestrado de Reabilitação de Edifícios (Ramo Não Estrutural),  
orientada pela Professora Doutora Maria Isabel Torres e pela Professora Doutora  
Inês Flores Colen e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade  
de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Julho de 2019

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra  
Departamento de Engenharia Civil

João Pedro Martins Braz

# INTERFACE DE ARGAMASSAS DE CAL COM SUPORTES DE PEDRA, BLOCOS DE TERRA E TIJOLOS MACIÇOS

Dissertação de Mestrado de Reabilitação de Edifícios (Ramo Não Estrutural), orientada pela Professora Doutora Maria Isabel Torres  
e pela Professora Doutora Inês Flores Colen

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC  
declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

Julho de 2019



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

## ÍNDICE

Resumo.....	3
Abstract.....	4
ENQUADRAMENTO .....	5
OBJECTO DE ESTUDO E OBJECTIVOS DO TRABALHO A DESENVOLVER	7
METODOLOGIA.....	8
PLANO DE TRABALHOS.....	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	11
BIBLIOGRAFIA .....	13

## Resumo

O presente documento foca-se no estudo das características dos revestimentos de cal aérea e cal hidráulica em edifícios antigos, e respetivo comportamento quando em contacto com diferentes suportes. Pretende dar-se especial enfoque ao estudo do mecanismo responsável pela aderência entre a argamassa e o suporte, e quais os fatores que a poderão influenciar, com intuito de contribuir para a melhoria da adequabilidade e competências no sector das argamassas.

Numa primeira fase de investigação proceder-se-á à pesquisa e recolha de dados acerca das características das argamassas pré-doseadas de cal aérea e cal hidráulica, e respetiva análise e tratamento dos mesmos. Serão referidas e caracterizadas as patologias mais correntes associadas ao reboco em edifícios antigos, sendo o aprofundamento do conhecimento destas um fator determinante na realização da presente dissertação.

Posteriormente será levada a cabo uma campanha experimental constituída por diferentes ensaios que pretende aprofundar o conhecimento das características da cal aérea e da cal hidráulica, sendo a análise do mecanismo responsável pela aderência entre estas e diferentes tipos de suporte e os fatores que a poderão influenciar um dos casos de estudo a destacar neste trabalho.

**Palavras-chave:** Cal aérea; Cal hidráulica; Argamassas pré-doseadas; Interface;

## **Abstract**

This paper focuses on the study of the characteristics of aerial lime and hydraulic lime coatings in old buildings and their behavior when in contact with different supports. It intends to focus on the study of the mechanism responsible for the adhesion between the mortar and the support, and what factors may influence it, in order to contribute to the improvement of suitability and competencies in the mortars sector.

In the first phase of research, data will be collected on the characteristics of pre-dosed mortars for aerial lime and hydraulic lime, as well as their analysis and treatment. The most common pathologies associated with plastering in old buildings will be referred to and characterized, and the deepening of these knowledge is a determining factor in the accomplishment of the present dissertation.

Subsequently, an experimental campaign will be carried out, consisting of different tests that intends to deepen the knowledge of the characteristics of aerial lime and hydraulic lime, being the analysis of the mechanism responsible for the adhesion between these and different types of support and the factors that may influence it of the study cases to be highlighted in this study.

**Keywords:** Air lime; Hydraulic lime; Pre-dosed mortars; Interface;

## ENQUADRAMENTO

Desde da crise de 2008, que afetou de forma muito particular o sector imobiliário, que o paradigma de construção tem vindo a alterar, havendo uma maior aposta na reabilitação de edifícios. Também inerente à reabilitação, tem havido um aumento significativo na reabilitação de edifícios “Antigos”.

Os edifícios Antigos, na grande maioria de alvenaria de pedra, de tijolo maciço ou de blocos de terra, materiais mais comuns na construção antiga, estão expostos agentes e ações agressivas que, de uma forma particular, degradam os revestimentos exteriores.

Os revestimentos exteriores dos edifícios antigos são maioritariamente revestimentos de argamassa (rebocos) e são dos principais elementos a serem intervencionados e eventualmente substituídos, não só devido às condicionantes da arquitetura do edifício como pela sua função na proteção da estrutura.

A falta de conhecimento das características das argamassas em funcionamento com o tipo de suporte, tem contribuído para uso de argamassas incompatíveis, prejudiciais para o revestimento e para o suporte existentes, em reparações pontuais ou mesmo na substituição total na estrutura de suporte. Sendo fundamental a compatibilidade das argamassas com o suporte, tanto em termos mecânicos, como do ponto de vista físico da sua microestrutura (relativamente à capilaridade à água no estado líquido ou na forma de permeabilidade ao seu vapor), ou ainda relativamente à composição química - no que se refere aos constituintes ou a produtos de reação desenvolvidos (caso do teor em sais solúveis). Deste modo, garante-se que não são introduzidas tensões ou componentes que provocam ou conduzem à maior deterioração da estrutura na sua conservação. Neste contexto, torna-se imprescindível o conhecimento das características das argamassas existentes e das novas formulações em reabilitação.

O comportamento de uma argamassa após aplicação no suporte está muito dependente da interface que se vai criar entre estes dois elementos de construção. Este comportamento é bastante diverso daquele que as argamassas apresentam quando são caracterizadas em laboratório.

Desta forma torna-se imprescindível estudar as características das argamassas de cal aplicadas em determinados suportes e compará-las, com as suas características obtidas em laboratório, para que as mesmas possam garantir uma maior eficiência e uma maior compatibilidade entre si e com os suportes em edifícios antigos.

De forma a reproduzir argamassas de cal para empregar os materiais e técnicas de aplicação utilizadas no passado, e há falta de conhecimento e de especialização da mão de obra no âmbito da reabilitação no emprego das argamassas ditas tradicionais será necessário o estudo e análise das características e do comportamento das argamassas com o objetivo de estabelecer os principais requisitos e características que as formulações preparadas com os materiais atuais devem apresentar, de modo a que os revestimentos com elas produzidas sejam devidamente especificados e aplicados de modo a originarem soluções com adequado desempenho e que cumpram as funções que lhe são exigidas.

As argamassas de cal são as que apresentam maior adequabilidade e compatibilidade com os suportes de edifícios antigos. O objetivo deste estudo é aprofundar o conhecimento do comportamento das argamassas de cal aérea e hidráulica quando aplicadas em diferentes suportes e fazer a caracterização do seu comportamento mecânico e físico, a várias idades e em vários tipos de suporte.

## **OBJECTO DE ESTUDO E OBJECTIVOS DO TRABALHO A DESENVOLVER**

Este estudo tem como objetivo aprofundar o conhecimento da Interface de argamassas de cal com suportes de pedra, blocos de terra e tijolos maciços e a análise do seu comportamento ao longo do tempo, tendo em conta as características das formulações de argamassa de cal aérea e hidráulica, de modo a avaliar a influência do tipo de suporte nas características das argamassas. Deste modo será estudada a evolução das características mecânicas e físicas das argamassas desde a sua fase inicial de desenvolvimento de carbonatação até final, após aplicação nos diversos suportes.

Na investigação a realizar serão comparadas as características de argamassas de cal aérea e hidráulica após aplicação nos suportes com as características das mesmas argamassas determinadas em provetes laboratoriais executados e analisados de acordo com as normas aplicáveis.

Quais serão os parâmetros que irão influenciar o desempenho desta interface? Quais a característica relevante das argamassas em osmose com o suporte, para obter um melhor desempenho entre estes?

De que forma essas características irão influenciar o comportamento das argamassas? Terão as condições de aplicação e de cura alguma influência? Irão as características das argamassas aplicadas alterando ao longo do tempo de forma diferente conforme o tipo de suporte?

Este estudo sobre o comportamento e as características de argamassas sobre determinados suportes, vai consistir no estudo de argamassas de cal aplicadas sobre suportes de pedra, blocos de terra e tijolos maciços (elementos mais característicos de edifícios antigos).

Em suma, este estudo vai procurar encontrar respostas, sobre qual a melhor e mais eficiente argamassa à base de cal que combina com as alvenarias de edifícios antigos, e aprofundar o conhecimento sobre o comportamento de vários tipos de argamassas sobre diferentes tipos de suporte, com o objetivo fundamental de obter um conhecimento mais profundo sobre as características dos materiais.



## **METODOLOGIA**

A metodologia a adotar para a realização desta investigação, iniciou-se pelo estudo e recolha de informação científica através de artigos científicos nacionais e internacionais, de forma a obter um maior conhecimento sobre os temas relacionados através dos trabalhos científicos realizados, para servir de base para a realização da dissertação.

Este trabalho é dividido em duas partes, parte de estudo e pesquisa e parte experimental que será realizada em laboratório, através de ensaios de provetes de argamassas de cal sobre suportes de pedra, tijolo maciço e de blocos de terra e de provetes executados de acordo com a normalização aplicável.

Será feito um plano de ensaios para a realização dos trabalhos em laboratório de modo a garantir os objetivos deste estudo, após esta fase serão determinados os materiais, ensaios, e as etapas de ensaios que serão realizadas para cada amostra.

Os ensaios planeados para a realização da campanha experimental serão:

- 1- Ensaio de resistências mecânicas ( $R_t$  e  $R_c$ )
- 2- Ensaio de modulo de elasticidade
- 3- Ensaio de absorção de água por capilaridade
- 4- Ensaio de secagem
- 5- Ensaio de permeabilidade vapor água
- 6- Ensaio de massa volúmica e porosidade aberta do produto endurecido
- 7- Ensaio de aderência

A fase experimental vai ser desenvolvida no Itecons (Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade) em Coimbra e em parceria com Laboratório de Construção do DECivil, do Instituto Superior Técnico em Lisboa, com o objetivo de estudar dois tipos de argamassas pré doseadas em três tipos de suporte, e está integrada num projeto de investigação mais alargado que está a decorrer desde outubro de 2018 e se desenvolverá até setembro de 2021..

O Estudo incidirá sobre argamassas de cal aérea e de cal hidráulica, sobre suportes de pedra, blocos de terra e tijolo maciço, estudando as características dos dois tipos de argamassa no estado endurecido em cada suporte.

Será estudado a interface entre as argamassas com os suportes, na avaliação de aderência com ensaio “Pull-off” para estudar a resistência mecânica das amostras.

Serão analisadas as características das argamassas de cal aérea aos 60 dias e 90 dias, e da cal hidráulica aos 28 dias.

Posteriormente realizar-se-á a Análise e Discussão dos Resultados experimentais, seguidamente será feita as comparações dos resultados experimentais, e serão analisados e feita a discussão dos resultados obtidos.

## **PLANO DE TRABALHOS**

O estudo terá uma duração de 10 meses em que estão divididas por fases aqui representadas:

Fase 1: Levantamento do material bibliográfico

Fase 2: Planificação do desenvolvimento Experimental

I) Definição das formulações

II) Descrição dos planos de ensaios

Fase 3: Realização dos ensaios em laboratório

I) Caracterização laboratorial de argamassas de cal aérea e cal hidráulica

II) Aplicação e caracterização de diferentes argamassas sobre diferentes suportes;

III) Análise microscópica das várias argamassas aplicadas em diferentes suportes;

IV) Análise comparativa dos resultados das diversas argamassas aplicadas em diferentes tipos de materiais.

Fase 4: Análise geral dos resultados obtidos durante a investigação experimental realizada.

Fase 5: Comparação dos resultados obtidos em provetes em laboratório com as argamassas aplicadas sobre os suportes.

Fase 6: Escrita da Dissertação

Fase 7: Apresentação e Defesa da Dissertação

Data \ Fases	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20
1	[Ocupado]									
2	[Ocupado]			[Ocupado]						
3	[Ocupado]				[Ocupado]					
4	[Ocupado]							[Ocupado]		
5	[Ocupado]								[Ocupado]	
6	[Ocupado]									[Ocupado]
7	[Ocupado]									

*Tabela 1 Cronograma do trabalho a ser desenvolvido*

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**Veiga, Maria do Rosário –Comportamento de argamassas de revestimento de paredes. Contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, elaborada no LNEC. Lisboa, LNEC, 1998.**

A qualidade dos revestimentos de ligante mineral para paredes é um fator determinante para a salubridade, conforto, durabilidade e aspeto estético dos edifícios. (M. d. Veiga, Comportamento de Argamassas de Revestimento de Paredes 1998)

O Autor na realização deste estudo sobre o comportamento de vários tipos de argamassa aborda um panorama de patologias recorrentes nos revestimentos dos edifícios, com base nesses conhecimentos obtidos, elabora um critério de classificação de rebocos quanto a sua suscetibilidade à Fendilhação.

**Torgal, Fernando Pacheco; Jalali, S. Contextualização da problemática relativa à utilização de argamassas bastardas em obras de reabilitação. Revista Internacional Construlink - Estruturas e Construções (2010)**

A preservação do património edificado Português é impreterível devido à importância que este assume no contexto da identidade de um país com oito séculos de história, mas também por motivos económicos ligados ao subsector Turismo (Torgal & Jalali, 2010).

Neste artigo os autores abordam a necessidade de mudança de técnicas e de materiais na reabilitação do Património edificado, na substituição do cimento Portland por argamassas de cal em edifícios antigos. O Cimento levou ao abandono frequente das argamassas tradicionais em edifícios antigos em que o seu suporte não se compatibiliza com o Cimento Portland, criando problemas crónicos na estrutura.

**SANTOS SILVA, António –Caracterização de argamassas antigas – casos paradigmáticos. Lisboa: LNEC, October 2002. Cadernos Edifícios**

Neste Artigo o Autor, faz caracterização de argamassas existentes a vários monumentos históricos em Viana do Castelo.

**Isabel Torres, Rosário Veiga, Vasco Freitas, Influence of Substrate Characteristics on Behavior of Applied Mortar, Artigo publicado, Journal of Materials in Civil Engineering 2018 American Society of Civil Engineers.**

Nestes últimos anos muita investigação tem sido desenvolvida no sentido de aprofundar o conhecimento do comportamento dos diversos tipos de argamassas e do desenvolvimento de novos tipos de argamassas incorporando novos produtos, de forma a podermos sempre fazer as melhores escolhas, quer no que diz respeito ao tipo de argamassa a utilizar quer no que diz respeito ao seu traço. (Torres, Veiga e Freitas October 2018)

Autores falam neste artigo sobre a influência do suporte em vários tipos de argamassa tradicionais, das suas características mecânicas, e das características de vários tipos de argamassas, cimento, cal aérea e monocamada.

## BIBLIOGRAFIA

Alfano, Giulio. "“On the influence of the shape of the interface law on the application of cohesive-zone models”." *Science Direct, Composites Science and Technology*, Volume 66, Issue 6, Pages 723-730, May 2006.

ALGARVIO, MARIA PAULA RAPOSO PACHECO. *Influência da Razão Água/Ligante nas Características das Argamassas de Cal Aérea para Rebocos de Edifícios Antigos*. Dissertação para Obtenção de Grau Mestre Pelo Instituto Superior Técnico, Lisboa, Outubro 2010.

Alvarez, José, Cristina Sequeira, and Marta Costa. "Ensinamentos a retirar do Passado Histórico das Argamassas." APFAC, 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, Auditório I, FIL (Feira Internacional de Lisboa), 2005.

ASTM. *Terminology of Adhesives*. American Society for Testing Materials, Philadelphia, 2008.

Carasek, Helena. "Factores que exercem influência na resistência de aderência de argamassas." Salvador: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 1997.

Carasek, Helena, Oswaldo Cascudo, and L. M Scartezini. "Importância dos materiais na aderência de revestimentos de argamassa." Brasília: IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2001.

CEN. *Methods of test for mortar for masonry - Part 12: Determination of adhesive strength of hardened mortar*". Brussels. EN 1015 - 12. Brussels: Comité Européen de Normalisation, 2010.

Gonçalves, Teresa Diaz Rodrigues, José Delgado. "Argamassas de Revestimento para Paredes Afectadas por Cristalização de Sais Solúveis: Influência do substrato." *Em Actas do 3º Congresso Português de Argamassas de Construção, Lisboa, LNEC*, 18 e 19 de Março 2010.

Júnior, António. *Avaliação da Aderência dos Revestimentos Argamassados: Uma Contribuição á identificação do sistema de Aderência Mecânico*. Dissertação para Obtenção de Grau de Doutoramento, em Engenharia Metalúrgica e de Minas pela Faculdade Federal de Minas Gerais, Abril 2005.

Kazmierczak, Claudio, and Décio Collatto Débora Brezezinski. *influência das característica da base na resistência*. Estudo Tecnológicos - Vol.3, ISSN 1808-7310, Artigo Publicado 2007.

Machado, Tomás, and Santos Reis Pinto. *Influência do suporte nas características da argamassa*. Dissertação para Grau Mestre em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia em Coimbra, Janeiro 2014.

Matias, Gina. *Argamassas de Reabilitação com Resíduos de Cerâmica*. Dissertação para Obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil na Faculdade de Engenharia da Universidade de Coimbra, Julho 2014.

RILEM. *Recommendation MDT.D.3. Determination "in-situ" of the adhesive strength of rendering and plastering mortars to their substrate. Materials and Structures*, . Kluwer Academic Publishers: Volume 37, page 488-490, September 2004.

Rodrigues, Maria Paulina. *Argamassas de revestimento para alvenarias antigas - contribuição para o estudo da influência dos ligantes*. Tese para a obtenção de grau Mestre em Engenharia Civil na Universidade Nova de Lisboa, 2004.

Torres, Isabel, Rosário Veiga, and Vasco Freitas. "Artigo Publicado Influence of Substrate Characteristics on." *Journal of Materials in Civil Engineering*, Volume 30, Issue 10, October 2018.

Veiga, Maria do Rosário. *Comportamento de Argamassas de Revestimento de Paredes*. Dissertação, elaborada para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, LNEC, 1998.

Veiga, Maria do Rosário. *Conservação e Reparação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos*. Programa de Investigação e de Pós-Graduação elaborado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil em 2007 para obtenção do título de habilitada para o Exercício das funções de coordenação Científica, 2009 LNEC.

Veiga, Maria Rosário. *Revestimentos de Paredes em edifícios Antigos . Seminário Univer(s)cidades - desafios e Propostas da candidatura*. Universidade de Coimbra: LNEC, 2007.