



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Nilce Pinho

REABILITAÇÃO DE REVESTIMENTOS À BASE DE CAL
AÉREA EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

Dissertação I Mestrado em Reabilitação de Edifícios, orientado pelas Professora Doutora Maria Isabel Torres Morais e pela Professora Doutora Gina Maria Lourenço Matias e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Outubro de 2021

Faculdade de Ciências e Tecnologia
da Universidade de Coimbra

Reabilitação de Revestimentos à base de Cal Aérea em Fachadas de Edifícios Antigos

Nilce Pinho

Dissertação | Mestrado em Reabilitação de Edifícios, orientado pelas Professoras Doutora Maria Isabel Torres Morais (Universidade de Coimbra) e Doutora Gina Maria Lourenço Matias (Itecons – Universidade de Coimbra) e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Outubro de 2021



Resumo

Este trabalho, tem como foco a análise dos traços e componentes de argamassas de edifícios antigos, construídos em diferentes épocas.

O resultado da análise, servirá de base para o desenvolvimento, em laboratório, de uma nova argamassa com características semelhantes às coletadas “in situ”.

Seguidamente, esta nova argamassa será aplicada junto aos suportes originais, analisando-se a influência que estes suportes podem ter sobre as mesmas, no que diz respeito ao seu desempenho físico e mecânico.

O resultado da análise comparativa e científica será conhecer melhor estas argamassas e disponibilizar os resultados a quem se relaciona diretamente com trabalhos de reabilitação do edificado, no sentido de colaborar com a preservação e manutenção do património edificado português.

Palavras-chave:

Argamassa de cal;

Compatibilização de materiais;

Carbonatação;

Reabilitação de Edifícios;

Manutenção

Abstract

This work focuses on the analysis of the components of mortars collected on the walls of buildings built in different periods of the XIX and XX centuries.

The result of this analysis will serve as a basis for the laboratory replication of new mortars with characteristics similar to those collected “in situ.”

Then, the new mortar will be applied together with the original supports, analyzing the influence that these supports may have on them, with regard to their physical and mechanical performance

The result of the comparative and scientific analysis will be to get to know these mortars better and make the results available to those who are directly involved in building rehabilitation works, disseminating this knowledge, in order to collaborate with the preservation and maintenance of the Portuguese built heritage.

,

Keywords:

Lime mortar;

Compatibility of materials;

Carbonation;

Building rehabilitation,

conservation.

Índice

Resumo	I
Abstract	II
Índice	III
Índice de Figuras	IV
Índice de Tabelas.....	V
Abreviaturas.....	VI
1. Introdução	
1.1. Considerações Iniciais.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estruturação da Tese	3
2. Estado da Arte	
2.1. Introdução.....	4
2.2. Argamassas antigas e seus suportes.....	4
2.2.1. Requisitos Funcionais e Patologias	5
2.3. Pesquisa Bibliográfica	10
3. Programa Experimental	
3.1. Plano de Trabalho	12
3.2. Plano de trabalho in situ	12
3.3. Recolha de amostras e sua identificação.....	13
3.4. Ensaio de Caracterização das Argamassas.....	14
3.4.1. Trabalho Prático em Laboratório	15
3.4.1.1. Análise química -Dissolução Ácida	15
3.4.1.2. Porosimetria	16
4. Bibliografia.....	17

Índice de Figuras

Figura 1 -Estruturação da tese

Figura 2 – Exemplos de paredes em pedra irregular ou ordinária, encontradas na região de Coimbra.

Figura 3 – Agentes de degradação: Incompatibilidade de materiais, ação da água e sais solúveis.

Figura 4 – Agentes de degradação – vegetação, manutenção e vandalismo.

Figura 5 – Coleta de Amostras de Argamassa – Sandoeira (1) – Distrito de Coimbra

Figura 6 – Coleta de Amostras de Argamassa – Sandoeira (2) – Distrito de Coimbra

Figura 7 – Etapas da Análise Química Húmida ou Dissolução Ácida

Obs.: Todas as fotos sem indicação do autor, foram tiradas pelo autor da tese

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Documentos identificados relacionados com o tema abordado

Tabela 2 – Cronograma de Trabalho

Tabela 3 - Proporção entre o ligante e o agregado – Amostra 1

Tabela 4 - Proporção entre o ligante e o agregado – Amostra 2

Tabela 5 – Traço, em massa, das argamassas analisadas

Índice de Abreviaturas

ISO - International Organization for Standardization

NP - Norma Portuguesa

UC - Universidade de Coimbra

1 – Introdução

1.1 Considerações Iniciais

A Reabilitação de edifícios é atualmente reconhecida como uma necessidade nacional para a qual convergem oportunidades para:

- O desenvolvimento económico;
- A defesa e salvaguarda de bens culturais e patrimoniais;
- A melhoria das condições de vida e de consumos energéticos (Tavares, 2011).

Sendo Portugal um país que possui uma grande quantidade de edifícios manifestamente marcados por traços arquitetónicos típicos de diferentes épocas, é de todo o interesse que o seu valor patrimonial seja preservado através de operações de reabilitação e restauro que visem proteger a extensa herança cultural que os mesmos carregam (Silva, 2017).

Nesta linha de raciocínio, este trabalho se atém a uma parte específica e de extrema importância para a reabilitação destes edifícios, que são os estudos das argamassas a base de cal e areia.

Neste momento estes revestimentos já não são feitos da mesma forma. O conhecimento tradicional das técnicas construtivas antigas, caiu em desuso e sua aplicação cada vez é menos frequente.

Desde a metade do século XX, quando se começou a utilizar as estruturas de betão armado, houve uma quebra de continuidade na transmissão direta de pais para filhos, de mestres para aprendizes. As técnicas da cal passaram a ser mistérios multifacetados que é necessário reaprender (Veiga, 2018).

Ainda assim, em centros urbanos de toda Portugal, a primeira coisa que nos chama atenção são os casarões e edifícios antigos, abraçados por paredes robustas, que estão ligadas aos revestimentos que a protegem.

As mesmas pessoas que admiram o edificado, não sabem que são estes revestimentos que lhe asseguram durabilidade e a salubridade.

Muitos proprietários e trabalhadores dedicados a reabilitação de edifícios, desconhecem os malefícios que uma reabilitação feita com argamassas incompatíveis ao suporte pode trazer ao edificado, em um curto período de tempo.

Isto se deve principalmente a cadeia de saberes que deixou de existir e que necessita ser resgatada.

Na busca deste resgate, e de um entendimento mais aprofundado sobre as argamassas antigas, surge este trabalho.

1.2. Objetivos

Os objetivos principais para desenvolvimento deste trabalho são:

- Conhecer as argamassas antigas
- Reproduzir em laboratório uma argamassa com características semelhantes as estudadas
- Entender o comportamento das novas argamassas junto aos suportes antigos, acompanhando sua aplicação e comportamento no decorrer do tempo.
- Contribuir através do conhecimento para a preservação e conservação do edificado antigo.

1.3. Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho acontecerá seguindo as seguintes etapas:

- Coletar as argamassas de edifícios antigos para análise laboratorial, identificando seus componentes, características e traços.
- Verificação de suas propriedades físicas e mecânicas através de testes laboratoriais.
- A partir dos resultados laboratoriais, formular novas argamassas com características semelhantes às coletadas “in situ”.
- Aplicação da argamassa fabricada em laboratório nos suportes originais.
- Apresentação dos resultados

1.4. Estruturação da Tese

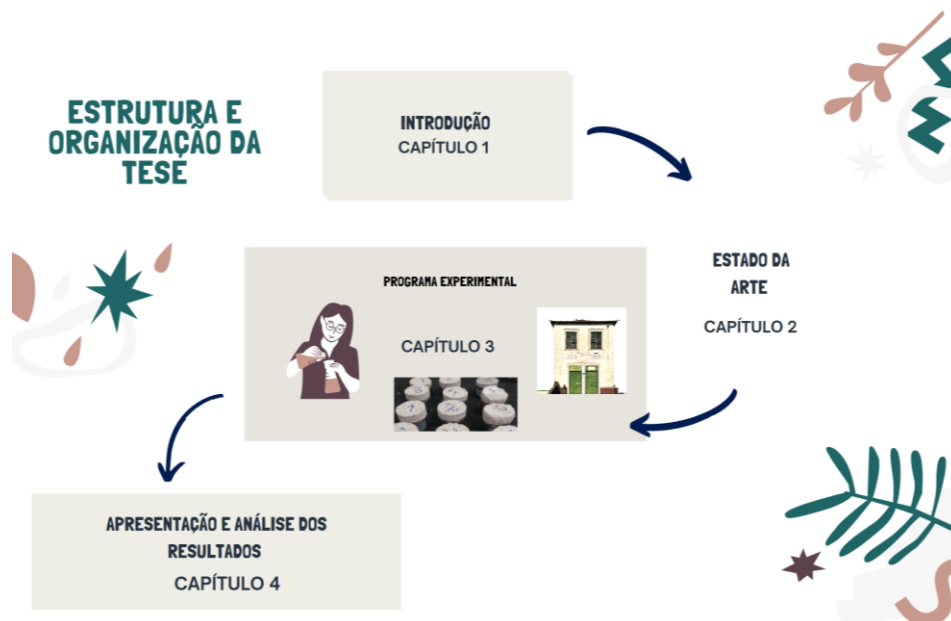


Figura 1 –Estruturação da tese

Esta dissertação estará dividida em 4 capítulos

Capítulo 1, designado *Introdução*, fala sobre a importância dos revestimentos na proteção das paredes dos edifícios antigos, e os danos que uma substituição por material incompatível podem lhe causar.

Capítulo 2, designado *Estado da Arte*, fala sobre a forma ancestral de se construir, seus materiais e técnicas e a mudança ocorrida após o betão, quando o homem deixa de passar esta herança construtiva para as novas gerações, fazendo com que atualmente já não haja mão de obra especializada para alguns tipos de rebocos.

Capítulo 3, designado *Programa Experimental*, reúne a bibliografia que servirá como de base para compreensão dos fatores e parâmetros a serem ensaiados, nos permitindo discorrer sobre os estes.

Capítulo 4, designado *Apresentação e Análise dos Resultados* apresenta o resultado final envolvendo do trabalho experimental realizado em laboratório

Referências Bibliográficas contendo uma listagem do material de referência utilizado no desenvolvimento desta dissertação.

2 – Estado da Arte

2.1. Introdução

“Existe uma arte que, embora visível, fica escondida pela rotina do olhar e pela pressa do dia a dia.” Manuel Paula

As fachadas antigas, revestidas com argamassas a base de areia e cal, são antes de mais nada uma arte a ser apreciada.

Estas paredes separam a parte exterior do interior dos edifícios, protegendo-o das intempéries. Se não tiverem manutenção constante, seus revestimentos vão se degradando, e seu desempenho vai sendo reduzido, no que diz respeito a estanquidade, isolamento térmico e acústico, durabilidade, entre outros.

O desenvolvimento de metodologias para a reabilitação de edifícios tem vindo a assumir um papel de extrema importância nos últimos anos, sendo oportuno estabelecer um elo de ligação entre estas mesmas metodologias e encarando estas intervenções como uma forma de manter a ideia de continuidade e transmissão cultural para as gerações seguintes (Silva, 2017).

2.2. Argamassas antigas e seus suportes

Os revestimentos de paredes mais usados no mundo são uma mistura homogênea de agregados miúdos (areia) e aglomerantes, que tem propriedade de aderência e endurecimento conhecidas como “argamassas”, que servem tanto para assentamento, quanto para regularização, revestimento e acabamento das alvenarias.

Em Coimbra, as paredes de fachada costumam ser de alvenaria de pedra e os materiais que faziam parte de seus revestimentos estavam ligados à disponibilidade de material local e técnicas construtivas adotadas na época de sua construção.

Segundo Pinto (2014), a qualidade dos revestimentos de fachadas influenciam as condições de habitabilidade dos locais onde vivemos e trabalhamos, sendo por isso, fundamental uma escolha adequada da solução a utilizar.

Neste sentido, a manutenção de edificações históricas vem se tornando fundamental para a permanência destas, como memória e como identidade cultural de um povo. Intervenções equivocadas e sem embasamento técnico acabam acelerando o processo de degradação da obra e muitas vezes levando a perda total do edificado (Rodrigues, 2013).

2.2.1 Requisitos funcionais e Patologias

Os requisitos funcionais das argamassas à base de cal, no que diz respeito às suas propriedades, são a trabalhabilidade e aderência adequada ao substrato, a resistência à fissuração, a permeabilidade ao vapor de água (capacidade de liberar a quantidade de água que está no interior dos seus poros) e a durabilidade, no que diz respeito à capacidade da argamassa de manter os seus requisitos funcionais, pelo maior tempo possível.

Os sistemas construtivos das paredes tradicionais sempre foram feitos com materiais naturais pouco transformados, durante milhares de anos. Esta interação do homem com estes materiais, passa a mudar, em meados do século XX, com o advento do Betão.

Muita investigação tem sido desenvolvida no sentido de aprofundar o conhecimento das argamassas à base de cal aérea e seu comportamento, para posteriormente podermos conseguir replicá-las em laboratório (Torres et al., 2020).

As paredes em pedra existentes na região de Coimbra são compostas maioritariamente por alvenarias de pedra irregular ou ordinárias, podendo conter na sua estrutura fragmentos cerâmicos ou outros elementos, aplicados com o propósito de preencher os vazios ou nivelar os elementos de maior dimensão (Domingues, 2017).



Figura 2 – Exemplos de paredes em pedra irregular ou ordinária, encontradas na região de Coimbra.

As pedras porosas de origem calcária eram extraídas da região, sendo pouco comuns de observar na constituição das alvenarias devido à sua baixa resistência, sendo mais utilizadas nas guarnições dos vãos, nos “aventais”, pilastras, cimalthas de cantaria e mais presentes em peças ornamentais e de monumentos.

No entanto, esta pedra de bom aspecto e excelente trabalhabilidade é muito vulnerável às ações climáticas, evidenciando problemas de desagregação e escamação superficial (Silva 2006).

A constituição das argamassas antigas é feita por ligante (Cal Aérea), agregados e água, incluindo por vezes adjuvantes (Marques, 2012). As várias camadas de reboco que revestem as paredes acabam sendo incorporadas na estrutura, protegendo-as e assegurando-lhes durabilidade.

A porosidade, característica essencial nas argamassas dos edifícios antigos, contribui para um melhor ambiente na habitação, controlando a quantidade da humidade transferida do seu interior para o seu exterior (Margalha, 2021).

Na manutenção adequada deste tipo de parede, é recomendável a finalização dos trabalhos com tinta a base de cal e silicatos. Estes aderem facilmente ao suporte através de uma reação química insolúvel, que não gera filme superficial, e ao mesmo tempo oferece grande permeabilidade ao vapor d'água, evitando a propagação de micro-organismos, como líquenes, bolores ou algas.

Os materiais de construção naturais possuem uma estrutura de porosidade aberta, que permitem a introdução ou percolação de elementos e substâncias de natureza diversa, geralmente dissolvidos em água. Esta porosidade, associada à higroscopicidade e capilaridade, faz com que os revestimentos sejam suscetíveis à ação de diversos agentes de degradação.

Quando estas águas entram em contacto com as argamassas e os rebocos tradicionais de cal, percolando através da estrutura porosa, os compostos hidratados, ricos em cálcio, são dissolvidos e arrastados pela água.

As durabilidades das argamassas estão fortemente relacionadas a sua estrutura porosa, pois esta controla a capacidade de transportar, reter e expulsar água por evaporação. No entanto, a durabilidade das argamassas não se prende exclusivamente com as suas características intrínsecas. Diversos fatores como as técnicas de preparação e aplicação, condições climáticas e de cura e a preparação do suporte são igualmente importantes (Veiga 2003).

É comum os usuários e proprietários dos edifícios antigos desconhecerem estas características dos materiais e, ao usarem um material inadequado na manutenção do edifício, acabam por causar patologias que algumas vezes são difíceis de serem resolvidas (Brito et al., 2005).

A falta de implementação de um programa de manutenção adequado, em função do grau de exposição do reboco, é uma das principais causas de degradação que o poderão afetar. Se implementada, pode ser evitada a degradação dos suportes e a necessidade de intervenções profundas (Sousa, 2003).

Abaixo apresentaremos algumas causas de degradação dos rebocos:



Figura 3 – Agentes de degradação: Incompatibilidade de materiais, ação da água e sais solúveis.

Nas três fotos acima vemos Incompatibilidade entre argamassas a base de cal e cimento e patologias geradas, agravadas pelas humidades.

Na foto da esquerda vemos claramente o suporte e as diversas camadas aparentes de reboco da parede. A água contida no interior da parede subiu por capilaridade e encontrou uma saída no encontro com a parede vizinha, quebrando a argamassa de cimento. Neste caminho a água foi desintegrando as várias camadas de reboco a base de cal que existiam para chegar ao suporte da parede (a camada verde, picada, é a original, que recebeu o reboco incompatível de cimento)

Na foto central, o espaço da porta foi fechado com blocos e argamassa de cimento. Podemos ver que o umbral em pedra porosa passou a se desfazer por causa do contato com os sais contidos na argamassa de cimento. Ao lado do umbral, o revestimento que cobre a parede em argamassa de cimento também está quebrado, mostrando a argamassa antiga original. Neste caso temos o agravante do tubo de queda interrompido estar jogando água diretamente nesta fachada, além dos respingos de chuva que rebatem do chão para a parede, estarem acelerando a degradação.

Na foto da direita, vemos um reparo feito com argamassa de cimento sobre um suporte antigo. Assim como na primeira foto a contida na parede busca uma saída, e por capilaridade já esta chegando ao peitoril da janela superior. Na mesma foto percebemos um acúmulo de crostas negras na parte inferior do corrimão, que acompanha o caminho natural das águas de chuva desenhado pela pedra.



Figura 4 – Agentes de degradação – vegetação, manutenção e vandalismo.

Nas fotos acima vemos outros fatores de degradação recorrentes das argamassas.

Na foto da esquerda, a vegetação cobre parte da edificação, degradando a argamassa, caleiras e telhas.

Na foto do meio a fachada do edifício mostra as diversas tecnologias que vão sendo incorporadas ao imóvel ao longo dos anos e que são executadas diretamente pelas empresas prestadoras de serviços (infraestruturas para entrada de água, gás, esgoto, energia, internet, TV a cabo entre outras). São muitas caixas de padrões diferentes adicionadas aleatoriamente. Não há uma padronização para este tipo de instalação até o momento. Além de esteticamente acabar com a fachada, todas são chumbadas com argamassa de cimento e trazem consigo outras interferência como os ganchos para receber os cabos que também ficam dependurados na fachada.

Na foto da direita vemos uma simples brincadeira de criança causando grandes danos ao beiral e gradil do edificado, assim como à placa do património histórico que entortou.

Podemos dizer que as principais causas de degradação dos rebocos são:

- Ação do Homem: tecnologia, manutenção, turismo, vandalismo, poluição;
- Agentes biológicos: algas, fungos, líquenes, briófitas, plantas diversas, bactérias, animais de pequeno porte;
- Ação da água: a humidade, o gelo, o sais solúveis;
- Ações mecânicas: retração, vento, temperatura, deformações suporte, ações acidentais;

2.3 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica tem por objetivo oferecer o suporte a todas as fases de qualquer tipo de pesquisa, uma vez que auxilia na definição do problema, na determinação dos objetivos, na construção de hipóteses, na fundamentação da justificativa da escolha do tema e na elaboração do relatório final (FONTANA, 2018, p. 66).

Esta pesquisa bibliográfica orienta-nos para o conhecimento dos componentes, bem como para o comportamento das argamassas antigas e seus suportes, abrindo o assunto à discussão e à colocação de diversas questões.

A importância deste entendimento, adicionado ao direcionamento sugerido pelas orientadoras, nos levam a compreender os métodos necessários para se chegar aos resultados que queremos obter.

A intenção é que, no final das pesquisas, possamos compreender a importância dos ensaios para a caracterização das argamassas históricas, podendo compará-los aos resultados de pesquisas semelhantes.

As informações coletadas, nos ajudarão a embasar e realizar a análise científica proposta.

Na Tabela 1 são apresentados alguns documentos identificados através de pesquisa bibliográfica sobre o tema a abordar

Tabela 1 – Documentos identificados relacionados com o tema abordado~

Faria 2007	<p>Este artigo de revista escrito pela Prof. Paulina Faria, fala sobre o tema do trabalho que está a ser desenvolvido, que é o “conhecer” fisicamente e tecnicamente os materiais que compõem as argamassas antigas e sua interação com as paredes em pedra onde estão fixados, o que diz respeito a análise das amostras retiradas das paredes dos edifícios antigos, que estão passando pela fase de caracterização física do material.</p> <p>Sobre o facto de as argamassas estarem relacionadas com o seu suporte, chamamos a atenção para a observação das interações que podem ocorrer ligadas a fatores como o vapor de água e as condensações internas da humidade resultante, ou a resistência mecânica e as tensões. Ficamos com algumas indicações acerca dos tipos de ensaios que poderão ser feitos numa segunda etapa do trabalho.</p> <p>Um assunto interessante abordado foi o da interação da argamassa fresca com o suporte antigo seco: ao absorver a água, o suporte condicionou a porosidade da argamassa, a sua permeabilidade e a sua resistência mecânica.</p> <p>Todos os assuntos abordados no artigo são pertinentes ao tema do trabalho e serão apontados no seu devido tempo, como a metodologia de aplicação da argamassa, ligantes, amassadura, condições atmosféricas, tempo de cura, agregados contidos na argamassa original, entre outros, que são assuntos diretamente ligados a esta pesquisa.</p>
------------	--

Sustentareq 2019	<p>Os rebocos antigos poderão ser enquadrados nos objetivos da agenda 2030, na produção do manual de manutenção que será a finalização deste trabalho. A intenção será disseminar o conhecimento com a promoção de cursos ligados a reabilitação.</p> <p>A reabilitação e capacitação da mão de obra de pedreiros (que de forma geral faz parte de uma faixa de população menos favorecida) estudantes e proprietários, voltadas à reabilitação dos edifícios antigos, dará resposta a itens ligados aos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da agenda, estando inclusive explícito isto no Plano Estratégico da Universidade.</p>
Loureiro et al. 2020	<p>Nesta pesquisa, é feita uma validação de resultados obtidos em métodos distintos que determinam a relação ligante: agregado.</p> <p>A análise química húmida é uma das informações mais importantes para determinação do traço das argamassas, no entanto deve ser complementada e combinada por outras técnicas que vão determinar a heterogeneidade do tamanho de partículas, composição química e mineralógica, grau da mistura e razão dos componentes.</p> <p>O resultados acabam por demonstrar que as argamassas são únicas, e não homogêneas como as atuais pré-doseadas.</p> <p>A leitura deste trabalho contribuiu na compreensão da necessidade dos diversos estudos necessários para obtermos uma análise completa do material da amostra.</p>
Veiga et al. 2001	<p>A autora visualiza um panorama de intervenções inadequadas, onde o uso de soluções modernas (à base de cimento Portland) para reabilitação dos rebocos antigos, sinaliza uma situação de desaparecimento do reboco original à base de cal, dada a incompatibilidade entre estes materiais. A autora sugere a preparação de critérios que apontem para a seleção de argamassas compatíveis que possam ser substitutas das originais, incluindo ainda neste estudo as pinturas de acabamento, tudo isto baseado em muitos estudos feitos no LNEC por autores diversos. O resultado é que o pequeno percentual de edifícios que mantém os rebocos e pinturas originais à base de cal, por sobreviverem ao tempo, vem adquirindo um valor patrimonial importantíssimo, que cria uma necessidade de incentivar o desenvolvimento de novas metodologias que abordem o problema. O número de empresas preparadas, que utilizam material e mão de obra adequados são quase inexistentes (não estamos falando dos restauradores, claro). A solução é desenvolver alternativas e obter tecnologias compatíveis, levando à definição de produtos pré doseados, tendo de ter cuidado e conhecimento dos materiais pré-existentes para decidir como intervir. Este trabalho partiu dos seguintes objetivos: Criar uma metodologia de intervenção, recorrendo a técnicas de observação e análise, em laboratório e “in situ”, capazes de orientar a identificação das diferentes camadas (reboco e pinturas), dos tipos de soluções e dos métodos de execução. Critérios foram desenvolvidos para apoiar decisões de projeto para fachadas, considerando trabalhar ao mesmo tempo com novos e antigos materiais conjuntamente. Para isto, para se renovar a argamassa, dois procedimentos deveriam ser levados em conta:</p> <p>Tentar reproduzir a argamassa antiga e ao mesmo tempo formular uma nova argamassa compatível com desempenho adequado e estética compatível com a aparência original do edifício.</p> <p>Para isto, a partir de uma amostra, existe uma grande quantidade de técnicas físico-químicas que podem ser aplicadas em argamassas antigas.</p>

3 – Programa Experimental

3.1. Plano de Trabalho

ATIVIDADES		2022			
		11	12	1	2
1	Pesquisa e Escrita / Coleta de Dados				
2	Análise do Material em Laboratório				
3	Analisar e Descrever o Resultado Obtido				
4	Pesquisa e Escrita				
5	Produção das Novas Argamassas				
6	Aplicação nova argamassa ao suporte				
7	Análise dos Dados Descrição dos Resultados				
8	Defesa da Tese de Mestrado				

Tabela 2 – Plano de Trabalho

Este projeto de dissertação foi definido em março de 2021.

Em maio passou-se à fase de recolha das argamassas de paredes da Baixa de Coimbra e Sandoeira, de forma a realizar estudos preliminares em laboratório, que permitam avaliar a viabilidade do trabalho proposto.

Em setembro procedeu-se ao teste de dissolução ácida em 3 amostras, onde foi identificado o resultado da quantidade de ligante de cada uma delas. Seguir-se-á a análise da granulometria dos sólidos, em novembro 2021

Iniciaram-se os ensaios de Porosimetria de mercúrio com 12 tipos de amostras distintas e os seus resultados serão apresentados em novembro 2021, dando sequência as demais etapas descritas no plano de trabalho.

3.2. Plano de Trabalho *in situ*

Conforme descrito acima, os trabalhos da tese serão realizados, sobretudo, em imóveis localizados em Sandoeira, em suportes variados. Contudo, foram analisados outros edifícios, e foram realizados estudos preliminares sobre os mesmos, que permitiram analisar a viabilidade dos trabalhos a desenvolver ao longo da tese proposta. Os trabalhos preliminares realizados são apresentados de seguida.

3.3. Recolha das amostras e sua identificação

Amostra 1 – Rua Velha - Sandoeira – Distrito de Coimbra PT (sogro)

Casa construída em torno em 1920, em Sandoeira, esteve até há pouco tempo habitada. A amostra foi retirada muro lateral coberto, na passagem entre as casas.

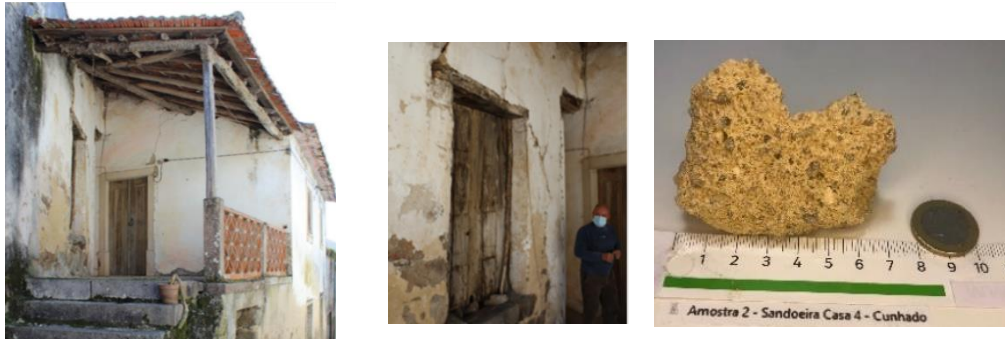


Figura 5 - Coleta de Amostras de Argamassa – Sandoeira (1) – Distrito de Coimbra

Amostra 2 - Rua Velha - Sandoeira – Distrito de Coimbra PT (avó)

Casa foi construída entre final do séc. XIX e início do séc. XX, e está abandonada há muitos anos.



Figura 6 - Coleta de Amostras de Argamassa – Sandoeira (2) – Distrito de Coimbra

3.4. Ensaios de Caracterização das Argamassas

O objetivo do trabalho proposto passa pela caracterização das argamassas, de forma a permitir reproduzir uma nova argamassa feita de areia, cal e agregado, compatível com as amostras retiradas dos edifícios antigos da região de Coimbra. Pretende-se também aplicar estas novas argamassas sobre as paredes em pedra originais de onde foram tiradas as amostras, em alguns dos casos analisados.

Para reproduzir estas argamassas de reabilitação, precisamos de conhecer a composição e o traço das amostras das argamassas existentes.

No que respeita ao traço das argamassas, as análises laboratoriais são valiosas para a investigação de materiais, quando se sabe o que procurar. No entanto, a questão de grande relevância é saber: *Qual técnica a utilizar?* Assim na busca das melhores técnicas e com apoio em referencial teórico, a primeira proposta é relacionar as técnicas mais utilizadas (Rodrigues, 2013).

Para a escolha do método analítico apropriado na caracterização das amostras em estudo, foram levados em consideração alguns fatores como:

- o tipo de informação que se pretendia obter;
- a quantidade de amostra disponível e a proporção do(s) constituinte(s) a analisar;
- a exatidão e a precisão do método analítico;
- as interferências analíticas e o seu controlo;
- o tempo necessário para analisar cada amostra.

Optou-se pelas respostas que obteremos nos ensaios de

- **Dissolução ácida**, que determina a quantidade de ligante da amostra
- **Peneiração a seco**, que determina a quantidade de agregados da amostra
- **Porosimetria**, que determina a porosidade e o diâmetro dos poros das argamassas.

Os dados obtidos nos ensaios nos auxiliaram a reproduzir as novas argamassas, em laboratório, para com isto podermos partir para a finalização dos trabalhos.

3.4.1 Trabalho Prático em Laboratório

3.4.1.1 Análise Química - Dissolução ácida

O programa experimental adotado resume-se nas seguintes etapas:

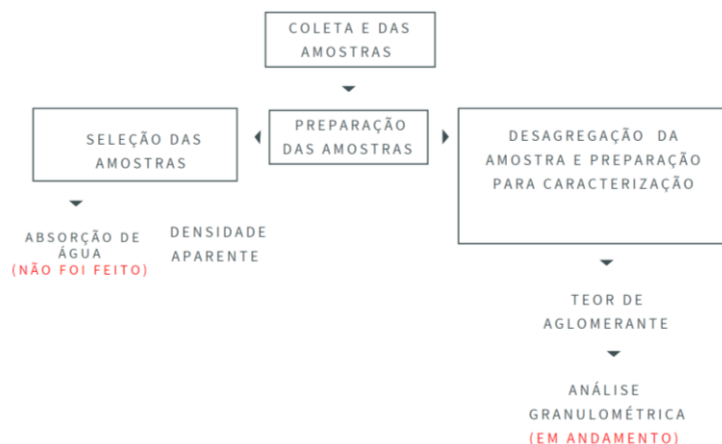


Figura 7 – Análise Química Húmida ou Dissolução Ácida

Nesta análise, o ligante presente nas argamassas é dissolvido pelo ácido e o agregado mantém-se intacto.

O método de análise química húmida será utilizado para se obter o percentual de ligante a base de cal aérea, contido nas amostras.

A análise deve ser completada com uma caracterização granulométrica do material seco, para se determinar o correto traço das argamassas estudadas.

Determinação da proporção entre o ligante e o agregado, para cada um dos provetes analisados

Na fase preliminar dos trabalhos, determinou-se, em laboratório, os traços das 3 amostras descritas acima, que fazem parte do conjunto de amostras a caracterizar ao longo da tese. Nas tabelas seguintes são apresentadas as proporções entre ligante e agregado, bem como os traços obtidos para as amostras 1 e 2

Tabela 3 - Proporção entre o ligante e o agregado – Amostra 1

Amostra - Sandoeira, Casa do sogro

Proporção entre o ligante e o agregado – Amostra 1	
Amostra 1.1	2,44
Amostra 1.2	2,50
Amostra 1.3	2,80

Tabela 4 - Proporção entre o ligante e o agregado – Amostra 2

Amostra - Sandoeira, Casa da avó

Proporção entre o ligante e o agregado – Amostra 2	
Amostra 2.1	3,03
Amostra 2.2	3,23
Amostra 2.3	3,40

15

Tabela 5 - Traço, em massa, das argamassas analisadas

Argamassa	Amostra 1	Amostra 2
Traço	1:4,1	1:4,3

Após a separação do aglutinante e do agregado, podemos seguir realizando a peneiração do material, onde o resultado será dado pela fração retida nas peneiras.

Os métodos de teste padrão empregam procedimentos analíticos gravimétricos e volumétricos clássicos, de acordo com as normativas.

3.4.1.2. Porosimetria

Os ensaios serão realizados de acordo com a Norma ISO 15901-1:2016. Para tal será utilizado um porosímetro de mercúrio com capacidade de efetuar duas medições sequenciais: um ensaio a baixa pressão, capaz de atingir uma pressão de pelo menos 0,2 MPa (30 psi) e um ensaio de alta pressão que atinja a capacidade máxima do porosímetro, cerca de 400 MPa (60 000 psi).

As amostras ensaiadas serão representativas do material e quantidade apropriada.

No final do ensaio, o equipamento fornece informações acerca de

- Volume total intrudido
- Área total de poros
- Diâmetro médio dos poros
- Massa volúmica
- Densidade aparente do esqueleto
- Porosidade

Os resultados obtidos para a determinação da Porosimetria das argamassas em análise, determinados pelo método de ensaio descrito pela norma ISO 15901-1:2016, serão apresentados no mês de novembro.

16

Bibliografia

7.1 Lista de referências bibliográficas

Brito, J.; Dias, F.P.; Sousa, V.; **Rebocos Tradicionais: Principais Causas de Degradação**. Guimarães: Universidade do Minho. Departamento de Engenharia Civil. Engenharia Civil. 23 (2005) 5-18. ISSN 0873-1552. [Consult. 18 julho 2021] Disponível em WWW: <URL: <http://hdl.handle.net/10316/13431>

Barbosa, Teresa F.B.A.; **Comportamento de argamassas de cal aérea ao traço 1:2 com incorporação de resíduos cerâmicos**. Coimbra, Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Cazzala, O.; Navarro C. R.; Sebastián, E.; Cultrone, G; Torre, M.J. (2004) **Aging of Lime Putty: Effects on Traditional Lime Mortar Carbonation** Journal of the American Ceramic Society 83 : 1070-1076 DOI: 10.1111 / j.1151-2916.2000.tb01332.x

Costa, Pedro F.M.P.P. (2014). **Bases para um Plano de Acção da Salvaguarda dos Revestimentos e Acabamentos Tradicionais em Centros Históricos**, Dissertação (Doutorado em Arquitetura), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Porto, p. x

Coutinho, Joana S., (2002) **Ciências de Materiais – Engenharia Civil - Apontamentos - 1ª Parte** p. 33, Universidade do Porto [Consult. 01 agosto 2021] Disponível em WWW: <URL: https://civil.fe.up.pt/pub/apoio/ano1/CienciaDosMateriais/apontamentos/teorica_20022003/JSC_031a043.pdf

Domingues, (2017). **Caracterização tipológica e mecânica de paredes de alvenaria de pedra em centros urbanos antigos – Caso de estudo de Viseu**, Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Porto, p. 113.

FONTANA, F. (2018) **Técnicas de pesquisa**. Metodologia da pesquisa e do trabalho científico. Penápolis, SP: FUNEPE, 2018. p.66

Francisco, Vera A. G.; (2015) **Durabilidade de Argamassas de Revestimento a base de cal hidráulica Natural**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, p.iii

Horta, M. L. P.; Monteiro, A. Q.; Grumberg, E. (1999) **Guia Básico de Educação Patrimonial**. Brasília BR: IPHAN, 1999.

Kanan, Maria Isabel, (2008) **Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal**. – Brasília, DF : Iphan / Programa Monumenta, Caderno Técnico nº 8 - ISBN 978-85-7334-077-8

Loureiro, A. M. S., Paz, S.P.A., Angélica, R.S.; (2020), **How to Estimate the Binder: Aggregate Ratio From Lime-Based Historic Mortars for Restoration?**. Frontier in Mater. 07.597411. doi 10.3389/fmats.2020.597411

Margalha, M. Goretti, **Argamassas - Conservação e Recuperação do Património, Documento de Apoio as aulas de Conservação e Recuperação do Património** . [Consult. 20 julho 2021] Disponível em WWW: <URL: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/4969/1/Argamassas.pdf>

Marques, Vera C.N., (2012) Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – **Conservação das Argamassas de Cabo Verde** – Universidade de Aveiro , p.6

Matias, G., Faria, P., e Torres, I. (2014). **Argamassas de cal com argilas tratadas com calor e resíduos cerâmicos: uma revisão**. Construa. Construir. Mater, mater. 73, 125–136. doi:10.1016/j.conbuildmat.2014.09.028

Mouraz, C. P.; Neves, V.A.M.; Sá, C.M.A; **Technical performance, heritage preservation and sustainability: a new challenge in rehabilitation?**

Norma Portuguesa NP EN 998-1 2017 : especificação de argamassas para alvenarias : parte 1 : argamassas para rebocos interiores e exteriores / Instituto Português da Qualidade ; elab. CTCV

Ornelas, C., Guedes, J.M., Breda-Vásquez, I.(2012), **Reabilitação do Património Edificado: A Intervenção Mínima como Modelo** - 4º Congreso de patología y rehabilitación de edificios. PATORREB 2012 REHABILITACIÓN. 5. Rehabilitación y Normativa https://www.researchgate.net/publication/297007571_Reabilitacao_do_Patrimonio_Edificado_A_Intervencao_Minima_como_Modelo [acessado Sep 16 2021].

Paula, Manuel, <http://www.tipografos.net/portugal/manuel-paula.html> [acessado Sep 21 2021].

Pinto, Tomás M. S. R., (2017), Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – **Influência do suporte nas características da argamassa** – Universidade de Coimbra - p.10

Rodrigues, Paula N.– (2013), Dissertação de Mestrado - **Caracterização das argamassas históricas da ruína de São Miguel Arcanjo -RS** – Universidade Federal de Santa Maria - RS Brasil, p. 23-30

Rodrigues, M.Paulina S.F.F (2004)– Dissertação de Doutorado em Engenharia Civil **Argamassas para Revestimento de Alvenarias Antigas - Contribuição para estudo da influencia dos ligantes** Universidade Nova de Lisboa - p. ..

Rodrigues, Paulina F.– (2007), **Argamassas para a reabilitação Funções, constituintes e características**, “Pedra&Cal”, Revista da Conservação do Património Arquitectónico e da Reabilitação do Edificado. Lisboa : GECOPRA. ISSN 1645-4863. nº 35 Jul, Ago, Set, p. 1-4.

Silva, David A. F., (2017) **Reabilitação de Edifícios Antigos com Valor Patrimonial – Metodologia de Intervenção**. ISEP Instituto Superior de Engenharia do Porto- Engenharia Civil – Ramo de Construções

Silva, Raimundo Mendes - **Encontros e desencontros do tempo e do património: at TEDxCoimbra 12/11/2013** [Consult.18 junho 2021] https://www.youtube.com/watch?v=Sa5-JlgKG7o&ab_channel=TEDxTalks

Silva, Raimundo Mendes - **Bases para o restauro dos revestimentos do Centro Histórico de Coimbra (2003?)** [Consult.15 junho 2021] Coimbra http://home.fa.utl.pt/~jaguiar/doutoramentoarquitectura/Mendes-Silva_FAUTL-22MAI08.pdf

Silva, J.R. M.; Vicente, R. S.; Varum, H.; (2006) **Caracterização das Alvenarias dos Edifícios da Baixa de Coimbra - As Suas Anomalias Típicas** – 2º encontro sobre patologia e reabilitação de edifícios – Universidade do Porto [Consult. 10 julho 2021] Disponível em WWW: <URL: https://ria.ua.pt/bitstream/10773/6491/1/J_011.pdf

Souza, Inês F.N.- **Princípios da Reabilitação de Edifícios. Aplicação a casos de estudo**. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, (2016) p.4

SustentARQ – **Como construções sustentáveis contribuem para os objetivos de desenvolvimento Sustentável da ONU** : setembro 2019 [Consult.22 julho 2021] Disponível em WWW: <URL:<https://sustentarqui.com.br/como-construcoes-sustentaveis-contribuem-para-os-ods-da-onu/>>.

Torres, M. I. M.; Flores-Colen, I.; Silveira, D. S. G. da; Pinto, R. T.; Matias, G. M. L. (2020) **Interface argamassa-suporte: análise das características físicas com base em várias campanhas experimentais** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 332

TAVARES, A.; COSTA, A.; VARUM, H. – **Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios: Guia de Intervenção**. Aveiro: INOVADOMUS, 2011.

VEIGA, M. Rosário, (2003) – **As argamassas na conservação**. In Actas das 1^{as} Jornadas de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Avaliação e Reabilitação das Construções existentes. Aveiro, 26 de Novembro de 2003. Conferência convidada. Coleção Comunicações, COM 103, LNEC, Lisboa 2003.

Veiga, M. Rosário (2005) – **Comportamento de rebocos para edifícios antigos: Exigências gerais e requisitos específicos para edifícios antigos**. Seminário: Sais solúveis em argamassas de edifícios antigos. Lisboa, LNEC, 2005 p.1

Veiga, M. Rosário. (2018). **Conservação, Reabilitação e Restauro de Revestimentos Tradicionais** – da ciência a obra . In: http://db-heritage.lnec.pt/Apresentacoes/Veiga_Curso_Isel_Rebocos_out2017.pdf

Veiga, M. Rosário. (2018) **Argamassas de cal para conservação e reabilitação de edifícios: conhecimento consolidado e necessidades de investigação** - Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 85-96. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

Veiga, M.R.; TAVARES, M. –(2002) **Características das paredes antigas. Requisitos dos revestimentos por pintura**, in PINTUMED - A Indústria das Tintas no início do século XXI, Lisboa: APTETI , Outubro 2002.

VELOSA, Ana Luísa L.(2006) Dissertação de Doutoramento , **Argamassas de Cal com Pozolanas para Revestimento de Paredes Antiga**, Universidade de Aveiro

Velosa, A. L.; Coroado, J.; Veiga, M. R.; Rocha, F. (2003) **“A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos” Estudo da prática ancestral romana de incorporação de resíduos de tijolo para argamassas com presa hidráulica**. - Coimbra 2003 . Imprensa da Universidade [Consult. 11 setembro 2021] URI:<http://hdl.handle.net/10316.2/39235> - DOI:http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0322-3_28

Jornal Expresso Imobiliário, artigo on-line (2020) [Consult.20 setembro 2021] Disponível em WWW: <URL: <https://expresso.pt/economia/2020-11-08-Ha-730-mil-casas-vazias-e-abandonadas-em-Portugal>

https://www.researchgate.net/publication/297007571_Reabilitacao_do_Patrimonio_Edificado_A_Intervencao_Minima_como_Modelo [accessed Sep 16 2021].