

# ENCORE 2020



4º encontro de conservação  
e reabilitação de edifícios

Lisboa | LNEC | 3-6 novembro 2020

LIVRO DE ATAS



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

Editores:

Marluci Menezes, Maria do Rosário Veiga, António Santos Silva, Lina Nunes & José Saporiti Machado



# ENCORE 2020



4º encontro de conservação  
e reabilitação de edifícios

Lisboa | LNEC | 3-6 novembro 2020

## LIVRO DE ATAS



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

**Editores:**

Marluci Menezes, Maria do Rosário Veiga, António Santos Silva, Lina Nunes & José Saporiti Machado

**Aviso Legal**

A qualidade científica e os conteúdos das comunicações são da inteira responsabilidade dos respetivos autores. O editor não aceita qualquer responsabilidade pela informação contida nas comunicações inseridas na presente publicação.

Nos termos legais em vigor, é expressamente proibida a reprodução total ou parcial desta publicação, no seu todo ou em parte, não podendo ser reproduzida ou transmitida por qualquer forma ou processo eletrónico, mecânico ou outros, incluindo cópia, sem autorização expressa do editor.

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.  
Divisão de Divulgação Científica e Técnica  
AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA  
e-e: livraria@lnec.pt  
www.lnec.pt

Editor: LNEC

Coleção: Reuniões Nacionais e Internacionais

Série: RNI 108

1ª edição: 2020 (pdf)

Descritores: Conservação de edifícios / Reabilitação de edifícios / Congresso / PT

Descriptors: Conservation of buildings / Rehabilitation of buildings / Congress / PT

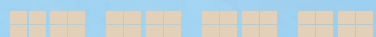
CDU 624.059.1(063)(469)(1)

ISBN 978-972-49-2313-0

DOI: 10.34638/yzys-hn57



ENCORE 2020



4º encontro de conservação  
e reabilitação de edifícios

# COMUNICAÇÕES









## A PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DOS CIMENTOS ENTRE O FINAL DO SÉCULO XIX E O PRIMEIRO QUARTEL DO SÉCULO XX

*PRODUCTION AND USE OF CEMENT FROM THE END OF THE 19TH CENTURY AND FIRST QUARTER OF THE 20TH CENTURY*

**Cristiano Figueiredo <sup>(1)</sup>, Sara Moutinho <sup>(1)</sup>, Clara Pimenta do Vale <sup>(2)</sup>, Slavka Andrejkovičová <sup>(3)</sup>, Ana Velosa <sup>(1)</sup>, Alice Tavares <sup>(1)</sup>, Luís Almeida <sup>(4)</sup>, Ana Rita Santos <sup>(4)</sup>, António Santos Silva <sup>(4)</sup>, Manuel Vieira <sup>(4)</sup>, Rosário Veiga <sup>(4)</sup>**

*(1) RISCO – DEC da Universidade de Aveiro, Portugal, [cristianofigueiredo@ua.pt](mailto:cristianofigueiredo@ua.pt); [sara.moutinho@ua.pt](mailto:sara.moutinho@ua.pt); [avelosa@ua.pt](mailto:avelosa@ua.pt); [tavares.c.alice@ua.pt](mailto:tavares.c.alice@ua.pt)*

*(2) CEAU – Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, Portugal, [clara\\_vale@arq.up.pt](mailto:clara_vale@arq.up.pt)*

*(3) GEOBIOTEC – DG da Universidade de Aveiro, Portugal, [slavka@ua.pt](mailto:slavka@ua.pt)*

*(4) LNEC, Portugal, [lalmeida@lnec.pt](mailto:lalmeida@lnec.pt); [arsantos@lnec.pt](mailto:arsantos@lnec.pt); [ssilva@lnec.pt](mailto:ssilva@lnec.pt); [mvieira@lnec.pt](mailto:mvieira@lnec.pt); [rveiga@lnec.pt](mailto:rveiga@lnec.pt)*

### RESUMO

A partir da primeira metade do século XIX inicia-se a produção industrial de um conjunto de ligantes hidráulicos que, embora com características distintas, foram unificados sob a designação comum de cimento. A esta denominação juntaram-se adjetivos ou nomes, para identificar as diferentes características ou os distintos lugares de produção. Passados quase dois séculos pouco resta dessa grande variedade e variabilidade inicial, e a maior parte da produção atual corresponde quase exclusivamente ao cimento Portland. Contudo esses vários cimentos - naturais, ou romanos, de jorra, de rolão, de Vassy, Voreppe, de Portland, de Glasgow, nas designações coevas - foram utilizados em diversos edifícios ou estruturas, construídos entre o final do século XIX e as primeiras décadas do século XX, e ainda atualmente em uso. A necessidade de manutenção dessas construções, ou da sua reparação, determina a importância do reconhecimento das características dessas argamassas e betões e das suas condições de aplicação originais.

Tomando como base algumas revistas e manuais de construção de divulgação corrente em Portugal na mudança de século, pretende-se fazer uma análise das descrições referentes ao fabrico dos diferentes cimentos e das prescrições técnicas relativas à execução de argamassas e betões, bem como do seu contexto de utilização. São também apresentadas as origens do cimento natural em Portugal que passou por um período inicial de importação, passando pela produção local competindo com os cimentos estrangeiros até que foi gradualmente substituído pelo cimento Portland. O presente artigo inscreve-se no projeto de investigação CemRestore – Argamassas para a conservação de edifícios do início do séc. XX. Compatibilidade e Sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Cimento Natural / Reabilitação / História da Construção / Literatura Técnica / Património Edificado

## 1. INTRODUÇÃO

A conservação e reabilitação de edifícios históricos assume cada vez mais um importante papel na construção civil, motivado pela observação da degradação do património edificado e da necessidade de atribuir novos usos a edifícios até agora esquecidos. O elevado interesse na recuperação do património requer o conhecimento das técnicas e materiais originalmente utilizados, para assegurar a compatibilidade entre os materiais novos e os existentes, assim como a durabilidade e a qualidade nas intervenções de reabilitação.

De maneira geral, até ao final do século XVIII, os ligantes utilizados eram de base calcária, seja a cal área ou a cal hidráulica, podendo ser encontrados em argamassas interiores, exteriores ou elementos estéticos (Damas *et al.*, 2016). Após esse período, do desenvolvimento dos ligantes hidráulicos apareceram os cimentos naturais, nomeadamente com a patente de James Parker do nomeado “cimento romano”. Este cimento resulta da queima de rochas do tipo marga septaria, seguida de moagem e produzindo um pó de cor castanha que quando misturado com água resulta numa presa rápida. Os cimentos naturais são caracterizados por não sofrerem modificações de composição das materiais primas, sendo as propriedades destes ligantes o resultado das características químicas e mineralógicas dos materiais originais, diretamente relacionadas com o local de extração e com as condições de queima. As margas calcárias originais deveriam ter um teor de argilas de 22-35%, resultando num ligante maioritariamente hidráulico devido ao alto teor de argila e baixo teor de cal livre (Hughes *et al.*, 2009; Kozłowski *et al.*, 2010; Cantisani *et al.*, 2018; Weber *et al.*, 2007).

Do final do séc. XVIII até ao início do séc. XIX este ligante foi produzido maioritariamente em Inglaterra. A partir de 1802, a produção industrial inicia-se em França com vários locais de produção a surgir mais tardiamente a partir de 1940. Paralelamente, arranca também na Alemanha a produção em massa, após um período inicial de importação de Inglaterra e da primeira produção local em 1820. A Áustria, um dos maiores produtores de cimento natural, iniciou a produção em larga escala a partir de 1842 (Gurtner *et al.*, 2012). Com o desenvolvimento dos cimentos artificiais, em particular do cimento Portland, a produção de cimento natural diminui, inicialmente afetando o fabrico inglês, mas acabando por ficar limitada a um número reduzido de produtores europeus.

Os cimentos naturais são, de uma forma geral, produzidos a temperaturas mais baixas, entre 850 a 1100 °C quando comparados com o moderno cimento Portland (OPC), resultando num cimento maioritariamente belítico, donde provém a sua hidráulidade. Simultaneamente, é habitual também a formação de aluminatos de cálcio que ao hidratarem proporcionam uma presa rápida (Hughes *et al.*, 2007; Gosselin *et al.*, 2012; Wilk *et al.*, 2013). Esta característica, em conjunto com a resistência elevada das argamassas produzidas por estes ligantes, a durabilidade por boa resistência aos elementos meteorológicos e a sua capacidade de impermeabilização, leva a que estes cimentos sejam encontrados com frequência em elementos decorativos de fachadas do séc. XIX até ao início do séc. XX. Foram também usados em obras tão diversas como no túnel sob o rio Tamisa em Londres ou em França na reparação ou construção das pontes de Paris, na sua rede de esgotos e abastecimentos de águas, em praças e fortes. Há registos também da sua utilização em edifícios industriais, nomeadamente uma fábrica de produção de cimento, no restauro da catedral de Nevers, na abóbada do salão nobre da Câmara Municipal de Clermon-Ferrand, nos túneis do metro de Paris e em elementos Rocaille para o Bois de Bologne e Exposição Universal de 1900. Este ligante foi também utilizado em elementos de betão armado e elementos pré-fabricados. Em países como a Áustria e a Polónia ainda hoje pode ser verificada a disseminação deste ligantes pela presença num elevando número de edifícios (Kozłowski *et al.*, 2010; Pintér & Gosselin 2018; Vale *et al.*, 2019).

Considerando os requisitos de compatibilidade dos trabalhos de conservação, a escolha dos materiais mais adequados para estas intervenções é um dos mais importantes elementos de decisão. O conhecimento acerca do uso de cimentos naturais, a sua produção e os períodos de utilização são assim essenciais. Este trabalho

expõe os primeiros passos do projeto CemRestore debruçando-se particularmente acerca do estudo da presença dos cimentos naturais em Portugal.

## 2. OS CIMENTOS NA LITERATURA TÉCNICA ENTRE O FINAL DO SÉCULO XIX E O PRIMEIRO QUARTEL DO SÉCULO XX

No âmbito das intervenções de conservação e restauro levadas a cabo em edifícios europeus, onde a construção recorreu a cimento natural nos seus revestimentos, decorações ou a um nível mais estrutural, tem vindo a ser identificado uma generalizada falta de conhecimento acerca deste grupo de ligantes. Ao mesmo tempo, em Portugal, este problema foi também identificado por trabalhos académicos recentes (Rocha 2015; Velosa *et al.*, 2011; Velosa *et al.*, 2013; Almeida *et al.*, 2016; Almeida *et al.*, 2018), não havendo ainda um estudo sistematizado acerca da presença deste ligante e do papel deste na transição entre os ligantes de base cal e os modernos cimentos artificiais no contexto português.

O uso comum da palavra “cimento” para a identificação dos cimentos utilizados na época temporal em análise e que pode ser encontrada em processos de licenciamento e cadernos de encargo não ajuda na identificação do tipo de ligante usado para a execução dos elementos. Uma das abordagens que pode ser usada será a análise de manuais de construção identificando o conhecimento técnico e a disponibilidade dos materiais (Vale *et al.*, 2019). O resultado desta análise, complementada com estudos laboratoriais de caracterização e identificação dos materiais permitirá adquirir conhecimento mais sustentado acerca dos materiais utilizados.

Clara Vale (2019) identifica duas obras, de uso generalizado entre o final do séc. XIX e a primeira metade do séc. XX em Portugal, onde este conhecimento da época pode ser analisado: O livro “Bases para Orçamentos” de David Xavier Cohen, obra que teve 4 edições entre 1880 e 1930, refletindo assim meio século de mudanças na construção; e a coleção de livros “Biblioteca de Instrução Profissional”, publicada em 1904, com múltiplas reedições durante a primeira metade do séc. XX.

Os livros de David Xavier Cohen, “Bases para Orçamentos” (citados por Clara Vale (Vale, 2018; Vale *et al.*, 2019)) procuram divulgar os métodos de cálculo dos preços de diversas obras de construção civil, como estradas, pontes, portos, vias férreas, edifícios, entre vários outros, apresentando um pequeno caderno de encargos e onde podemos encontrar também tabelas de preços de alguns materiais. Nas subsequentes edições da obra este conhecimento vai sendo atualizado e complementado impulsionado pelos avanços técnicos e a própria experiência do autor.

Os ligantes hidráulicos estão presentes nas bases para orçamentos e nos cadernos de encargos. Na primeira edição não há referência a cimento natural ou cimento romano, apenas a cimento de Vassy (cimento natural de produção francesa). São feitas comparações entre o cimento de Vassy e o cimento Portland, sendo o cimento de Vassy indicado para quando o requisito for uma presa rápida e impermeabilidade, sendo que este cimento deveria ser utilizado apenas por operários especializados com experiência no uso destes materiais. Nesta primeira edição, de 1880, são também encontradas formulações equivalentes de argamassas de cimento Portland e cimento de Vassy onde, analisando traços semelhantes, se verificam as diferentes características dos ligantes, verificando-se a menor massa volúmica do cimento de Vassy e o mais requisito de água.

Em 1986, na segunda edição da obra os cimentos naturais passam a ser referidos dentro das argamassas de cimentos de presa rápida sem especificação de marcas ou tipos por oposição ao grupo do cimento Portland que se designa argamassas de cimento de presa lenta, aparecendo a designação “cimento Portland” na composição destas argamassas. Aparece nesta edição a designação de cimento de jorra de origem nas escórias dos altos fornos de fabrico de ferro. Este livro apresenta também um salto na descrição e detalhe das características dos cimentos, como a composição química, o peso específico, a baridade e a resistência mecânica das argamassas



realizadas com estes ligantes, aconselhando acerca da adequabilidade em função da utilização esperada das argamassas. Há especial descrição de argamassas e betões utilizados em obras marítimas onde o cimento natural parece não ter sido utilizado, sendo referidos as argamassas de presa rápida nas bases para rebocos hidráulicos de 1 a 5 cm de espessura em paramentos verticais, pavimentos e extradorsos de abobadas. Nos restantes trabalhos são indicados a cal hidráulica e o cimento Portland.

Em 1913 é publicada a terceira edição das “Bases para Orçamentos” onde aparece uma segunda seção nos cadernos de encargos dedicada às condições de fornecimento de *aglomerantes* hidráulicos. Nos cimentos de presa lenta aparece o cimento de rolão proveniente dos resíduos da produção de cal hidráulica. O grupo onde podemos encontrar os cimentos naturais passa agora a designar-se por argamassas hidráulicas de cimento romano ou de presa rápida e aparece novamente uma marca, Voreppe fabricado por Thorrand & C.<sup>o</sup> em Voreppe, departamento de Isère, França. Nesta altura são considerados os melhores cimentos romanos franceses. Os traços apresentados nesta edição são mais rigorosos, em massa de cimento por metro cúbico de areia e deixando de ser mencionadas as formulações mais ricas.

A quarta edição, de 1930, reflete apenas ligeiras alterações, sendo os regulamentos estrangeiros presentes nas edições anteriores substituídos pelo primeiro regulamento português para utilização de betão armado.

A outra publicação, ou conjunto de publicações, referida por Clara Vale (Vale *et al.*, 2019), a “Biblioteca de Instrução Profissional” apresenta uma série dedicada à construção civil. A publicação inicia-se em 1904, sendo os volumes comercializados em Portugal e no Brasil. A série de construção civil fica a cargo de José Emílio dos Santos Segurado sendo responsável por um aumento de conteúdo e importância deste tema.

Nos primeiros fascículos do livro “Materiais de Construção”, que se pensa ter sido publicado em 1905, é feita a referência à produção de cimentos distinguindo-se os cimentos de presa rápida, cimento romano e os cimentos Portland de presa lenta. Alerta-se para que a designação cimento romano pode ser errónea ligando este cimento às características que se pensava para as argamassas dos romanos. São explicadas as diferenças de volume depois de endurecido da Cal para o cimento, manifestando este último uma diminuição de volume ao ganhar presa. Salienta-se que as propriedades do cimento são dependentes das características da rocha mãe e do sistema de fabrico. Nestes fascículos são também apresentadas as composições do cimento romano de Vassy e de outros cimentos naturais e artificiais. Destes últimos, salienta-se que se podem obter cimentos naturais por uma mistura de cal e argila ajustando-se as proporções. Nesta edição de 1905(?) referem-se estes cimentos para o uso debaixo de água ou em ambiente com bastante humidade devido à sua desagregação em ambientes secos. Para evitar esta contração e fissuração ao ar livre, originada pela elevada quantidade de água requerida por estes cimentos, aconselha-se o uso de areia. Estes cimentos são assim indicados para *molduras delicadas* que podem ser cobertas por estuques e serem pintadas. Servem também para cantarias, chapa de abobadas e para o fabrico de tubagens de gás e água. O cimento Vassy é destacado pela sua presa de um ou dois minutos. Há também referência ao cimento natural francês de Boulogne-sur-Mer explicando o seu processo de fabrico.

Da comparação entre o cimento de Vassy, cimento natural Inglês, cimento de Boulogne, cimento artificial Inglês e cimento artificial Francês é possível ver-se as composições químicas dos ligantes nomeadamente as proporções entre a cal, a sílica e alumina e a presença ou ausência de ferro assim como de magnésio. Estas proporções dariam diferentes características aos cimentos aqui discutidos.

Nos livros de 1908, “Alvenaria e Cantaria” e de 1911, “Acabamento das construções”, não há referência explícita a cimentos naturais ou romanos. Encontram-se referências genéricas ao uso de cimento para argamassas e, em alguns casos, refere-se explicitamente o cimento Portland. Em 1923 no livro “Cimento Armado” não há referência a cimentos naturais, à semelhança do livro “Alvenaria e Cantaria” publicado em 1947 onde se verifica a ausência da menção a este tipo de ligantes.

Em 1948, a sexta edição do livro “Materiais de Construção” apresenta uma classificação dos cimentos em três grupos de acordo com o tempo de presa: cimentos de presa rápida ou romanos, cimentos de presa lenta ou Portland e cimentos especiais. Refere-se o mais importante como sendo o cimento Portland, dando o exemplo que o cimento romano perdeu a importância na Alemanha, sendo considerado agora do grupo das cals hidráulicas. Das características do cimento romano é referida a cor amarela e os traços habituais para as argamassas. São referidas as produções nacionais de cimento, as fábricas Liz, Secil e Tejo e a fábrica da Rasca pertencente à Secil no Outão. Descreve-se a evolução da produção de cimento, que inicialmente era natural, por cozedura de um calcário argiloso e mais tarde, sendo aperfeiçoado, passando a ser artificial por ajuste das composições sendo comercializado sob as marcas *Audaz* e *Tenaz* (Vale *et al.*, 2019).

### 3. A PRODUÇÃO E IMPORTAÇÃO DO CIMENTO NATURAL EM PORTUGAL

#### 3.1. Distribuição dos recursos geológicos para a produção de cimento

Apesar da abundância de recursos geológicos e materiais primas para a produção, durante a primeira metade do séc. XIX o cimento natural utilizado em Portugal era maioritariamente importado de Inglaterra e de França (Vassy). Esta abundância de matérias primas foi um fator de estímulo para o desenvolvimento de uma indústria nacional de cal e cimento (Rocha 2015).

Na Figura 1 temos a distribuição geral da geologia em Portugal. Sendo os principais materiais para a produção de ligantes a rochas calcárias, argilas e margas, os principais locais de produção acabaram por se localizar junto a maciços destes materiais.

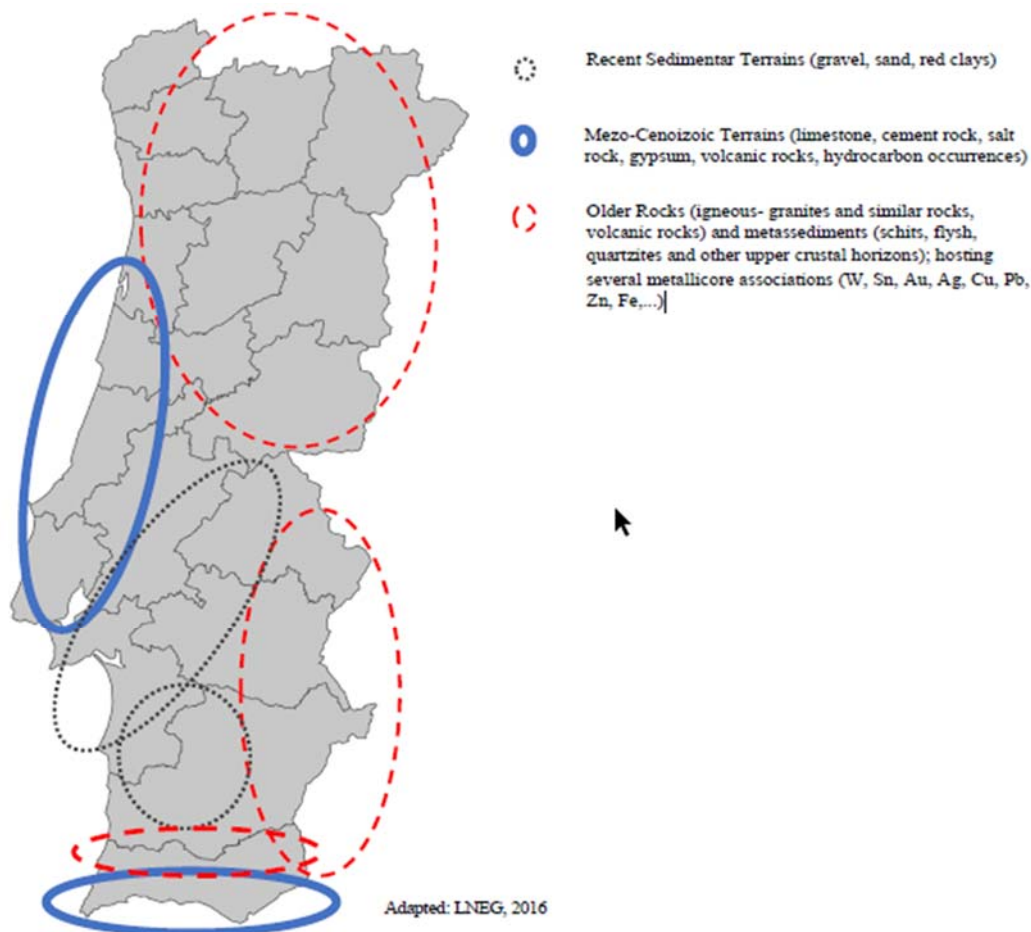


Figura 1 – Geologia de Portugal. Adaptado pelo LNEG, 2016  
([http://www.aniet.pt/fotos/editor2/jt/lneg\\_for\\_aniet\\_9\\_nov\\_2016\\_v1.pdf](http://www.aniet.pt/fotos/editor2/jt/lneg_for_aniet_9_nov_2016_v1.pdf))



Apesar de estarem distribuídos por todo o território continental português, os principais maciços calcários localizam-se no Sul de Portugal, estando os principais afloramentos distribuídos por diferentes regiões - Condeixa-Sicó-Alvaiázere-Tomar, Estremenho, Montejunto, Arrábida e Algarve. As formações calcárias e argilo-calcárias estendem-se desde o Centro de Portugal até à zona de Aveiro (Anadia e Mealhada), Coimbra (Cantanhede, Coimbra, Figueira da Foz, Verride e Montemor-o-Velho). Também localizadas no centro do país, um pouco a sul dos depósitos referidos anteriormente, as principais formações conhecidas localizam-se em Maceira e Pataias, Serra d'El Rei-Nazaré (Leiria), Vila Nova de Ourém, Alcanede, Rio Maior, Benedita, Turquel e Alcobaça. Lisboa mostra evidências de calcários perto de Montejunto e Alenquer-Vila Franca de Xira. Os afloramentos também podem ser encontrados na Península de Setúbal e Alentejo (Santiago do Cacém).

Assim, de uma forma geral, os locais de produção de cimento podem ser encontrados em diversos locais como: a foz do rio Sado, na região sul do país, uma zona geologicamente rica em sedimentos e onde se localizou a primeira produção de cimento (1866 a 1877); no centro do país na região do Cabo Mondego onde há produção de cal hidráulica e cimento natural; também em Pataias e S. Pedro de Moel os depósitos de calcários argilosos foram explorados para a produção de cal hidráulica e cimento, assim como em Maceira (Rocha 2015; Neves 1894).

### 3.2. Industrialização da produção dos cimentos em Portugal

O período de uso do cimento natural em Portugal não está bem definido. Na Europa central a produção industrial do cimento natural em larga escala ocorreu desde o final do séc. XVIII até final do séc. XIX. Em Portugal, o interesse neste material manifesta-se a partir da segunda metade do séc. XIX. A produção do cimento no contexto europeu beneficiou com a passagem dos métodos artesanais de produção para os métodos industriais refletindo os avanços introduzidos pela revolução industrial do séc. XVIII. Até ao final do séc. XIX, Portugal importava a maior parte do cimento presente no mercado nacional até que, beneficiado pela revolução industrial e consequente desenvolvimento de técnicas industriais e estratégia económica, se começa a instalar a indústria de produção de ligantes (Rocha 2015; Diogo 2000).

António Moreira de Rato & Filhos (1840) inaugura a primeira empresa de materiais de construção, importando e vendendo materiais incluindo cimento Portland. Em 1866 dá-se a primeira tentativa de produção de cimento natural a partir de calcários argilosos da Quinta da Rasca, inaugura-se assim a Companhia de Cimentos Rasca construída em Alcântara (Lisboa). A produção de cimento natural recorria assim a margas do Vale de Alcântara e dos depósitos calcários argilosos da Quinta da Rasca na foz do Sado. Devido a problemas de qualidade de produção, este cimento comercializado como “Rasca” foi rejeitado para obras marítimas, assim durou pouco tempo no mercado, tendo a companhia operado apenas por 11 anos. A Fábrica da Rasca (agora conhecida como Fábrica de Outão) que, entretanto, tinha sido deslocalizada para as instalações da Quinta da Rasca, depois ter passado pelo Altinho, onde não teve sucesso na produção de cimento natural por usar matérias primas não adequadas da pedreira do Alvito, viu-se obrigado a suspender a produção de cimento natural. Em 1906 passou a produzir cimento Portland (Mascarenhas-Mateus & Castro 2018; Rocha 2015; Diogo 2000; Neves 2007).

Em 1873 surgiu uma nova empresa do Cabo Mondego junto à Figueira da Foz, na região Centro de Portugal, onde se iniciou a produção industrial de cimento natural. A Companhia do Cabo Mondego começou por explorar o carvão betuminoso e as formações margo-carbonatadas disponíveis na região do Cabo Mondego. Esta exploração mineira é a mais antiga (1773), seguida da exploração de S. Pedro da Cova no Porto (1802). No início do séc. XIX, estas minas eram as únicas minas de carvão e permaneceram ativas até 1962 e 1970, respetivamente. Apesar dos diferentes tipos de indústrias instaladas na região do Cabo Mondego, as mais importantes foram as fábricas de cal hidráulica e de cimento natural pelo seu contributo para a economia local (Mascarenhas-Mateus & Castro 2018; Rocha 2015).

A partir de 1884, as indústrias do Cabo Mondego produziam cal branca, cal hidráulica e cimento natural sendo

provavelmente a melhor qualidade da produção de cimento natural em Portugal (Neves 1894).

Apesar dos avanços no fabrico de cimento em Portugal, ainda existiam muitas dificuldades técnicas. Os altos custos de extração e a baixa qualidade do carvão levaram à continuação das importações da França e do Reino Unido (Callapez *et al.*, 2014).

Assim que o cimento Portland apareceu na Europa, Portugal fez várias tentativas para a sua produção. A partir de 1881/82, iniciou-se uma abordagem científica ao estudo do cimento através dos engenheiros docentes da Escola Militar que criaram a disciplina Secção de Estudos sobre resistência de Materiais e do departamento de mecânica de materiais da Direção das Obras Portuárias de Lisboa (1886). José Paixão Castanheira das Neves (1849-1922) foi o seu primeiro diretor, apresentando vários estudos sobre os materiais de construção portugueses tendo em vista as diretrizes para um cimento Portland português (Mascarenhas-Mateus & Castro, 2018).

Em 1887, o aumento da produção industrial de materiais de construção e a necessidade de avaliar e controlar sua qualidade levaram ao desenvolvimento do primeiro laboratório oficial de controle de qualidade. Castanheira das Neves, o engenheiro responsável pelo laboratório, publicou um relevante estudo sobre os cimentos naturais portugueses (Mascarenhas-Mateus & Castro, 2018; Neves, 1894). Este estudo definiu os cimentos naturais portugueses em dois grupos: os cimentos naturais de presa lenta (Rasca e Cabo Mondego) e os cimentos de presa rápida (Pataias, Maceira e São Pedro de Moel) (Mascarenhas-Mateus & Castro, 2018). Além disso, Castanheira das Neves publicou diversos estudos sobre a construção e materiais de construção portugueses na Revista de Obras Públicas e Minas (1891).

Entre 1891 e 1894 seguiram-se vários estudos com destaque na produção de cal hidráulica, cimento romano e nas características dos materiais disponíveis no mercado. Foram analisadas várias amostras das marcas mais comuns de cimentos britânicos, franceses, belgas e alemães - naturais, Portland e escória - vendidas em Portugal e algumas amostras de Espanha e EUA. Em 1907 foi também publicado um estudo sobre a pozolana portuguesa dos Açores. Em 1892, foi fundada a primeira empresa produtora de cimento Portland artificial. Esta empresa, então Cimento Tejo, é a atual CIMPOR. Foi fundada em Alhandra, a poucos quilómetros de Lisboa, por António Teófilo de Araújo Rato. Possuía um forno Hoffman e capacidade de produção de 6.000 toneladas. A licença de produção foi atribuída em 1894, marcando o início de 10 anos de exclusividade para a produção de cimento Portland português (Mascarenhas-Mateus & Castro, 2018).

Alguns anos depois, continuaram as explorações que permitiram encontrar uma mina existente para a produção de cimentos naturais no terreno em Vale de Moz. O fabrico de cimento natural continuou na Quinta da Rasca que viria a ser designada por Fábrica da Falésia de Cimento da Rasca. Como mencionado anteriormente, a produção foi suspensa pouco tempo depois. Apesar disso há registos da produção de cimento natural de presa lenta (conjuntamente com cal hidráulica e mistura de cal/cimento) na zona de Maceira-Liz antes da inauguração oficial da Fábrica de Cimentos Maceira-Liz, a precursora da atual SECIL (Rocha, 2015).

Os novos avanços da investigação e desenvolvimento dos cimentos artificiais e em particular do cimento Portland levaram a que este último passasse a ser o recomendado para a generalidade das obras onde se desejasse um ligante hidráulico, particularmente em betão armado usado em construções como túneis, pontes e tubagens. As consequências da segunda guerra mundial tiveram também um impacto na produção industrial e, consequentemente, na arquitetura. Onde antes se poderiam encontrar edifícios ornamentados, elementos onde seria adequado o uso do cimento natural, passou-se a ter uma arquitetura mais simples e frugal (Mascarenhas-Mateus & Castro, 2018; Appleton, 2005; Rocha, 2015).



#### 4. CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DO INÍCIO DO SÉC. XX

Mais de um século após a sua construção, a evidente degradação dos edifícios do início do séc. XX levou a projetos de investigação compreendendo observações *in situ* e recolha de amostras (Vale *et al.*, 2019; Velosa *et al.*, 2013; Velosa *et al.*, 2011). Apesar de algumas intervenções de manutenção terem ocorrido, o estado daquelas edificações é frágil, verificando-se principalmente nas argamassas de ornamentos – causadas principalmente pela corrosão das armaduras.

Apesar destes estudos não se limitarem a estes dois edifícios, podemos verificar estes mecanismos de degradação no que se pensa ser argamassas de cimento natural, no Teatro Nacional de São João e no Mercado do Bolhão, ambos no Porto.

Foram desenvolvidos estudos no TNSJ que indicam o uso de cimento natural na sua construção (Rocha 2015; Velosa *et al.*, 2011; Velosa *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2014). Em 2009, foi realizada uma intervenção que permitiu a remoção de argamassas de estruturas degradadas, em particular de rebocos externos e elementos ornamentais. Os resultados das análises químicas e mineralógicas das argamassas revelaram a utilização de ligantes hidráulicos, compatíveis com as propriedades esperadas para os cimentos utilizados no início do séc. XX.

A recente intervenção de reabilitação do Mercado do Bolhão permitiu a recolha e análise de amostras de argamassas e betão. Verificando a tendência generalizada para a utilização de argamassas compostas por ligantes hidráulicos (Silva *et al.*, 2014; Rocha, 2015).

Integrada no projeto CemRestore – Argamassas para a conservação de edifícios do início do século XX – Compatibilidade e Sustentabilidade, a caracterização de exemplares recentes obtidos em edifícios do final do século XIX e início do século XX, incluindo o TNSJ e o Mercado do Bolhão entre outros, está a ser finalizada em complemento dos estudos já realizados ao longo dos últimos anos. Além disso, considerando que as ações de conservação e restauro devem responder aos requisitos de compatibilidade, durabilidade e reversibilidade, nas situações em que haja necessidade de intervenção, pretende-se estabelecer modelos de diagnóstico, conservação e reparo desses elementos, com o estudo de novos materiais de reparação compatíveis com as argamassas existentes.

#### 5. CONCLUSÕES

O cimento natural, apesar utilizado num relativo curto período de transição entre o uso da cal e a sua substituição geral pelo cimento Portland, está presente em elementos importantes do património edificado por toda a Europa. Esse ligante foi um importante material de construção na arquitetura da época, permitindo a realização dos seus vários elementos característicos como os ornamentos exteriores.

Em Portugal, em que o cimento natural terá sido utilizado principalmente no final do século XIX e início do século XX, estudos recentes parecem confirmar presença deste material em importantes edifícios históricos como o Teatro Nacional São João e o Mercado do Bolhão na região do país.

As fontes bibliográficas indicam que o cimento natural foi importado, fabricado e utilizado em Portugal. Apesar disso, restam muitos poucos registos desse uso. Da análise destas obras também é permitido concluir que muitos tipos de cimento da época podem caber na definição de *cimento natural*, refletindo-se isto numa variabilidade de características dos ligantes a nível de composição química e de propriedades físicas. Esta variação vai ser traduzida na variabilidade das características das argamassas produzidas com estes cimentos.

A indústria do cimento em Portugal surgiu mais tarde quando comparada com a da Europa Central. A competição comercial, o desenvolvimento técnico e a introdução de nova tecnologia aumentaram a produção e a qualidade dos materiais e impulsionaram uma evolução nas propriedades do cimento. Estes desenvolvimentos levaram a

que o cimento natural não conseguisse competir com o cimento Portland, sendo gradualmente substituído. Ao mesmo tempo, aconteceram mudanças importantes na arquitetura dos edifícios reduzindo-se os elementos ornamentais, onde o cimento natural era predominantemente importante, resultando numa estética mais simples.

O aumento generalizado de intervenções de conservação e restauro implica uma particular atenção na utilização de materiais com propriedades mecânicas, físicas e químicas desejavelmente compatíveis com os materiais originais. Assim, conjugada com a investigação de fontes bibliográficas da época, a caracterização de argamassas de edifícios dos finais do séc. XIX e séc. XX deverá resultar em melhores informações sobre as suas características e poderá ajudar a traçar um período mais preciso de utilização do cimento natural em Portland.

Além disso, os resultados permitirão determinar propriedades tais como traços, tipo de agregados e ligantes utilizados e as propriedades físicas e mecânicas das argamassas. A caracterização dos materiais originalmente aplicados permitirá a formulação de novas argamassas compatíveis para conservação e restauro, evitando-se intervenções danosas e salvaguardando as características do património edificado.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto CemRestore – Argamassas para a conservação de edifícios do início do século XX - Compatibilidade e Sustentabilidade referência POCI-01-0145-FEDER-031612 cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do COMPETE 2020 – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) e por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P. Teve também o apoio da FCT através do projeto UIDB/00145/2020.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. *et al.*, 2018 – **Betões de edifícios galardoados com o Prémio Valmor de Arquitectura. Caracterização e contributos para a sua salvaguarda.** Encontro Nacional Betão Estrutural – BE 2018.
- ALMEIDA, L. *et al.*, 2016 – **Caracterização de revestimentos de edifícios galardoados com o Prémio Valmor de Arquitectura (1902 a 2002).** Porto.
- APPLETON, J., 2005 – **Construções em betão – Nota histórica sobre a sua evolução.** Lisboa: Instituto Superior Técnico, (Figura 1), pp. 1-18.
- CALLAPEZ, P. *et al.*, 2014 – **A mina de carvão do Cabo Mondego: 200 anos de exploração e a paleontologia portuguesa.** In *Memórias do Carvão.*
- CANTISANI, E. *et al.*, 2018 – **Production of the roman cement in Italy: characterization of a raw material used in Tuscany between 19th and 20th century and its comparison with a commercialized French stone material.** *International Journal of Architectural Heritage.* 12(6), pp. 1038-1050.
- DAMAS, A.L.; Veiga, R.; Faria, P., 2016 – **Caraterização de argamassas antigas de Portugal – contributo para a sua correta conservação.** Congresso Ibero-Americano “Património, suas Matérias e Imatérias”, pp. 67\_021.
- DIOGO, M., 2000 – **Indústria e engenheiros no Portugal de fins do século XIX: o caso de uma relação difícil.** *Scripta Nova. Revista Eletrónica de Geografía y Ciencias Sociales.* 69(6).
- GOSELIN, C.; Girardet, F.; Feldman, S. B., 2012 – **Compatibility of roman cement mortars with gypsum stones and anhydrite mortars: The example of Valère Castle (Sion, Switzerland).** *Proceedings of the 12th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone.* New York, (October 2016), pp. 22-26.
- GURTNER, C. *et al.*, 2012 – **Manual on best practice in the application of roman cements. Roman cement, past and present.** *Conservation theory and practice.* (226898), p. 113.
- HUGHES, D. C. *et al.*, 2009 – **Roman cements – Belite cements calcined at low temperature.** *Cement and Concrete Research.*



- HUGHES, D. C.; SWANN, S.; Gardner, A., 2007 – **Roman cement: Part one: Its origins and properties.** *Journal of Architectural Conservation*. 13(1), pp. 21-36.
- KOZŁOWSKI, R.; Hughes, D.; Weber, J., 2010 – **Roman cements: key materials of the built heritage of the 19th century.** M. B. Dan, R. Pš\švrikryl, & Á. Török, eds. – *Materials, Technologies and Practice in Historic Heritage Structures*. pp. 259-277.
- MASCARENHAS-MATEUS, J.; CASTRO, C., 2018 – **The Portland cement industry and reinforced concrete in Portugal.** In 6th International Congress on Construction History.
- NEVES, J. C., 1894 – **Estudos sobre cimentos estrangeiros importados em Portugal.** *Revista de Obras Públicas e Minas*.
- NEVES, P., 2007 – **Grandes empresas industriais de um país Pequeno: Portugal. Da década de 1880 à 1.ª Guerra Mundial.** pp. 200–207.
- PINTÉR, F.; GOSELIN, C., 2018 – **The origin, composition and early age hydration mechanisms of Austrian natural Portland cement.** *Cement and Concrete Research*. 110, pp. 1-12.
- ROCHA, D. V. da, 2015 – **Argamassas de cimento romano utilizadas em edifícios do início do século XX.** Aveiro: Universidade de Aveiro.
- SILVA, A. P. C. P. da; Velosa, A. L., 2014 – **Revestimentos do início do século XX.** Aveiro: Universidade de Aveiro.
- VALE, C., 2018 – **Bases para orçamentos de David Xavier Cohen. Contributo para o (re)conhecimento das formas de construção correntes entre 1880 e 1930.** *Construção 2018*. (November), pp. 1452-1460.
- VALE, C. P. do *et al.*, 2019 – **O cimento natural em Portugal. Registos de uso entre o final do século XIX e o primeiro quartel do século XX.** In 3.º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira.
- VELOSA, A. *et al.*, 2011 – **Characterization of the conservation state of the façade of Teatro Nacional de S. João, Porto.** In International Conference on Durability of Buildings Materials and Components. pp. 1-8.
- VELOSA, A. *et al.*, 2013 – **Teatro Nacional de S. João (Porto, Portugal). Mortar characterization in early 20th century architecture.** In 3rd Historic Mortars Conference. Glasgow, Scotland.
- WEBER, J. *et al.*, 2007 – **Microstructure and mineral composition of roman cements produced at defined calcination conditions.** *Materials Characterization*. 58(11), pp. 1217-1228.
- WILK, D., Bratasz, Ł. & Kozłowski, R., 2013 – **Shrinkage cracking in roman cement pastes and mortars.** *Cement and Concrete Research*. 53, pp. 168-175.