

**Argamassas de restauro: uma revisão dos desafios e inovações na  
preservação do patrimônio construído**

**Joyce Ketlly Soares da Silva**

Mestranda, UPE, Brasil.  
jkss@poli.br  
<https://orcid.org/0009-0004-0119-9258>

**Júlia Oliveira dos Santos**

Mestranda, UPE, Brasil.  
juliaoliveiras@icloud.com  
<https://orcid.org/0009-0005-4217-3975>

**Eudes de Arimatéia Rocha**

Professor Doutor, UPE, Brasil.  
eudes.rocha@poli.br  
<https://orcid.org/0000-0001-7668-7484>

**Victor Marcelo Estolano de Lima**

Professor Doutor, UPE, Brasil.  
vmel@poli.br  
<https://orcid.org/0000-0003-0862-2966>

Submissão: 20/09/2024

Aceite: 08/11/2024

SILVA, Joyce Ketlly Soares da; SANTOS, Júlia Oliveira dos; ROCHA, Eudes de Arimatéia; LIMA, Victor Marcelo Estolano de. Argamassas de Restauro: Uma revisão dos desafios e inovações na preservação do patrimônio construído. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 12, n. 87, 2024.

DOI: [10.17271/23188472128720245179](https://doi.org/10.17271/23188472128720245179).

Disponível em:

[https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/5179](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/5179)

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## **Argamassas de restauro: uma revisão dos desafios e inovações na preservação do patrimônio construído**

### **RESUMO**

A argamassa de restauro é imprescindível na conservação do patrimônio histórico, pois é formulada para atender às necessidades específicas de compatibilidade estética e funcional entre o material antigo e o novo. No entanto, sua eficácia e durabilidade são desafios complexos que exigem profundo entendimento de suas características. Por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL), este artigo objetiva identificar os avanços na formulação dessas argamassas, além de destacar a importância de escolher ligantes, agregados e aditivos que se aproximem das características físico-químicas das argamassas históricas e dos métodos de avaliação de desempenho, garantindo maior durabilidade das intervenções. Técnicas modernas, como a nanotecnologia, são exploradas para melhorar a resistência das argamassas a agentes ambientais e ao desgaste. A revisão literária resultou em 496 trabalhos de quatro bases de dados, sendo 56 selecionados para estudo detalhado, proporcionando uma visão abrangente sobre a aplicação de materiais, tecnologias e diferentes critérios de análise. Conclui-se que, apesar do aumento das pesquisas nos últimos anos, o desenvolvimento de argamassas de restauro ainda requer aprimoramentos em ensaios de caracterização e testes a longo prazo. Ademais, a colaboração entre setores acadêmicos e industriais torna-se essencial para o desenvolvimento de argamassas mais resistentes, compatíveis e sustentáveis. A conservação eficaz do patrimônio histórico por meio do uso de argamassas de restauro promove a preservação da identidade cultural e arquitetônica, enquanto o desenvolvimento de materiais sustentáveis e de maior durabilidade contribui para a redução do impacto ambiental ao minimizar a necessidade de reparos frequentes e o uso de recursos naturais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Argamassas de restauro. Materiais de construção históricos. Conservação.

## **Restoration mortars: a review of challenges and innovations in the preservation of built heritage**

### **ABSTRACT**

Restoration mortar is essential for the conservation of historical heritage, as it is formulated to meet specific aesthetic and functional compatibility needs between old and new materials. However, its effectiveness and durability present complex challenges that require a deep understanding of its characteristics. Through a systematic literature review (SLR), this article aims to identify advances in the formulation of these mortars, as well as highlight the importance of choosing binders, aggregates, and additives that closely match the physicochemical characteristics of historical mortars and performance evaluation methods, ensuring greater durability of interventions. Modern techniques, such as nanotechnology, are explored to improve mortar resistance to environmental agents and wear. The literature review resulted in 496 works from four databases, with 56 selected for detailed study, providing a comprehensive view of the application of materials, technologies, and different evaluation criteria. It is concluded that, despite the increase in research in recent years, the development of restoration mortars still requires improvements in characterization tests and long-term testing. Moreover, collaboration between academic and industrial sectors is essential for the development of more resistant, compatible, and sustainable mortars. Effective conservation of historical heritage through the use of restoration mortars promotes the preservation of cultural and architectural identity, while the development of more durable and sustainable materials contributes to reducing environmental impact by minimizing the need for frequent repairs and the use of natural resources.

**KEYWORDS:** Restoration mortars. Historic building materials. Conservation.

## **Morteros de restauración: una revisión de los desafíos e innovaciones en la preservación del patrimonio construido**

### **RESUMEN**

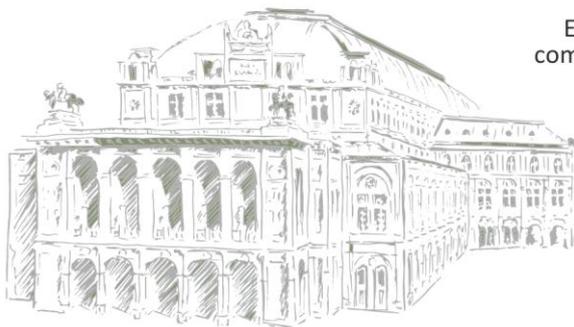
El mortero de restauración es imprescindible para la conservación del patrimonio histórico, ya que está formulado para satisfacer las necesidades específicas de compatibilidad estética y funcional entre el material antiguo y el nuevo. Sin embargo, su eficacia y durabilidad presentan desafíos complejos que exigen un profundo entendimiento de sus características. A través de una revisión sistemática de la literatura (RSL), este artículo tiene como objetivo identificar los avances en la formulación de estos morteros, además de destacar la importancia de elegir ligantes, agregados y aditivos que se asemejen a las características físico-químicas de los morteros históricos y los métodos de evaluación del rendimiento, garantizando una mayor durabilidad de las intervenciones. Se exploran técnicas modernas, como la nanotecnología, para mejorar la resistencia de los morteros a los agentes ambientales y al desgaste. La revisión bibliográfica resultó en 496 trabajos de cuatro bases de datos, de los cuales 56 fueron seleccionados para un estudio detallado, proporcionando una visión amplia sobre la aplicación de materiales, tecnologías y diferentes criterios de

análisis. Se concluye que, a pesar del aumento de las investigaciones en los últimos años, el desarrollo de morteros de restauración aún requiere mejoras en las pruebas de caracterización y ensayos a largo plazo. Además, la colaboración entre los sectores académicos e industriales es esencial para el desarrollo de morteros más resistentes, compatibles y sostenibles. La conservación eficaz del patrimonio histórico mediante el uso de morteros de restauración promueve la preservación de la identidad cultural y arquitectónica, mientras que el desarrollo de materiales más sostenibles y duraderos contribuye a reducir el impacto ambiental al minimizar la necesidad de reparaciones frecuentes y el uso de recursos naturales.

**PALABRAS CLAVE:** Morteros de restauración. Materiales de construcción históricos. Conservación.

**RESUMO GRÁFICO**

**ARGAMASSAS DE RESTAURO: DESAFIOS E INOVAÇÕES**



Estudo da compatibilidade de materiais modernos com materiais originais para assegurar a preservação do patrimônio cultural.



Revisão sistemática da Literatura de 56 artigos internacionais identificando o estado da arte acerca das argamassas de restauro.

**Análises químicas, físicas e mineralógicas de:**



Além de outros componentes, como fibras e aditivos.



Com o uso de ferramentas analíticas como Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Difração de Raios X (DRX).



**Perspectiva tecnológica VS Percepção dos profissionais do restauro**



**DESAFIOS**



Sustentabilidade e colaboração



Testes em condições variadas



Estudos de longo prazo



Custos elevados

**CONCLUSÃO**

A revisão destaca a importância das argamassas de cal hidráulica natural por sua compatibilidade e aponta desafios nas argamassas de Cimento Portland, além da falta de padronização e colaboração prática entre instituições. A sustentabilidade emerge como prioridade, com argamassas ecológicas sendo promissoras para a preservação histórica.



O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, as argamassas desempenharam um papel fundamental na construção de diversas civilizações ao redor do mundo. Utilizadas de variadas formas: como argamassa de assentamento, revestimentos internos e externos, ou estuques, suas composições variavam conforme a localidade, evidenciando um desenvolvimento único em cada cultura à medida que a arquitetura permanente se estabelecia. Historicamente, o tipo de ligante empregado nas argamassas era determinado pela disponibilidade de matérias-primas naturais (Wilkie e Dyer, 2023).

Mencionada na literatura desde 10.000 a.C., a cal foi um importante aglomerante para argamassas e rebocos em várias sociedades. Seu processo de produção evoluiu ao longo dos séculos, resultando em argamassas de cal com comportamentos variados (Aggelakopoulou *et al.*, 2019). As argamassas de cal hidráulica natural têm sido amplamente empregadas na restauração de edifícios históricos, e esse uso extensivo tem motivado estudos recentes, a nível internacional, acerca das características físico-químicas da pasta e do pó de cal como aglomerantes. Segundo Apostolopoulou *et al.* (2019), isso se deve principalmente à sua melhor compatibilidade com os materiais históricos usados em alvenaria.

É importante enfatizar que o Cimento Portland, desde sua invenção no século XIX, se tornou o ligante mais utilizado no mundo – essencial na argamassa moderna e no concreto. No entanto, sua produção contribui com cerca de 7% das emissões globais de CO<sub>2</sub> (Cruz *et al.*, 2023).

Diante desses desafios, é necessário investigar o papel que os materiais tradicionais podem desempenhar, tanto na preservação do patrimônio edificado existente. Quanto como alternativas mais sustentáveis em novas construções, substituindo materiais com alto consumo de energia e emissões, como o cimento (Medeghini *et al.*, 2024). De acordo com Wilkie e Dyer (2023), argamassas modernas à base de Cimento Portland são frequentemente incompatíveis com muitos materiais de construção tradicionais, o que pode levar à deterioração acelerada das estruturas históricas. No entanto, essa compatibilidade deve ser analisada isoladamente e direcionada para cada caso específico, buscando a utilização de ensaios de caracterização avançada de materiais de construção para auxiliar na compreensão do desempenho dos materiais e embasar tecnicamente os diagnósticos.

Neste sentido, este artigo identifica e analisa o estado da arte relativo às argamassas de restauro. Através da análise de estudos acadêmicos e técnicos atualizados, a revisão examina as características das argamassas de restauro, incluindo propriedades físicas, mecânicas, químicas, durabilidade e compatibilidade com materiais e substratos originais. A investigação de técnicas contemporâneas de conservação e restauro também é um componente central da revisão. Além disso, são identificadas lacunas de conhecimento, tendências emergentes e desafios relevantes, auxiliando na definição de prioridades para pesquisas futuras e no direcionamento de esforços para o aprimoramento das práticas de conservação e restauro.

## 2 MÉTODO

Para conduzir esta revisão sistemática, será utilizado o método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), conforme descrito por Moher *et*

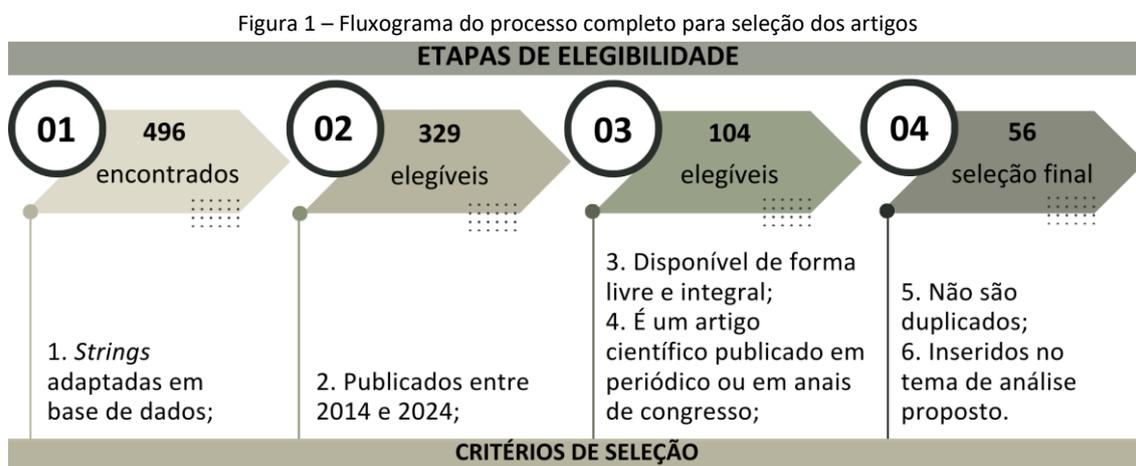
al. (2009). De acordo com o autor supracitado, este método oferece um guia claro para a elaboração de revisões sistemáticas, estabelecendo critérios mais rigorosos para a busca, seleção e avaliação de estudos.

## 2.1 Critérios de elegibilidade

A fim de assegurar as informações a serem levantadas, o processo consiste inicialmente na identificação dos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Os critérios de exclusão consistiram em: (1) Não apresentar as *strings* adaptadas como palavras chaves, tema principal ou no título; (2) A pesquisa não foi publicada entre 2014 e 2024; (3) A pesquisa não está disponível para leitura de forma livre e integral; (4) Não é um artigo científico publicado em periódico ou anais de congresso, e não se apresenta como revisão bibliométrica, análise experimental ou estudo de caso; (5) Há duplicações; (6) Há fuga parcial ou total do tema em análise.

## 2.2 Estratégias de busca

A fim de assegurar validade para a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), a pesquisa fundamentou a seleção em bases de dados reconhecidas como Scopus, Science Direct, Web of Science e Springer Link. Por meio da ferramenta de busca, foram introduzidas as *strings* em língua inglesa: “RESTORATION MORTAR” AND “HISTORIC”, selecionando um total de 496 publicações. O processo completo de elegibilidade é descrito na Figura 1.



Fonte: Autores (2024).

O primeiro critério de elegibilidade foi aplicado ainda nas bases de dados, totalizando 329 trabalhos publicados entre os anos de 2014 e 2024. Os filtros que atendem aos terceiro e quarto critérios de exclusão selecionaram um total de 104 artigos científicos publicados em periódicos ou anais de congresso que se apresentem em livre e integral acesso. Estas etapas foram realizadas diretamente nas bases de dados sinalizadas acima, que auxiliam numa busca prática e ao mesmo tempo, robusta.

Desta forma, a listagem foi lançada à plataforma Parsifal – ferramenta online destinada a auxiliar pesquisadores na condução da RSL – com o objetivo de facilitar na verificação dos artigos duplicados. A análise sintetizada permitiu a classificação final dos periódicos totalizando 56 seleções. Ainda na Parsifal, é possível realizar a extração e análise precisa dos dados, respeitando as respostas para as questões pré-estipuladas, indicadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Perguntas a serem respondidas pela análise

Ordem	Pergunta
1	Quais são as abordagens utilizadas nas pesquisas?
2	Como as propriedades físicas e mecânicas influenciam na durabilidade e resistência ao envelhecimento ao longo do tempo?
3	Os efeitos da compatibilidade dos materiais e substratos na integridade estrutural e estética?
4	Quais tecnologias estão sendo utilizadas no desenvolvimento de argamassas de restauro e quais as percepções dos profissionais?
5	Quais as lacunas e os desafios identificados pelos autores?

Fonte: Autores (2024).

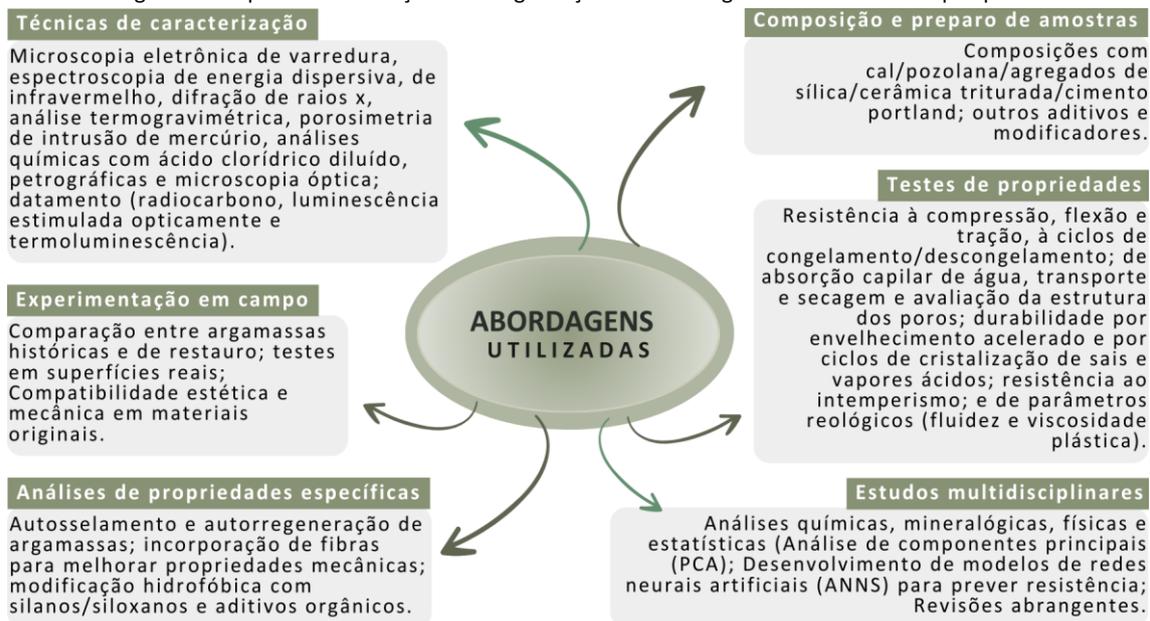
Após a triagem inicial, os estudos que atenderam aos critérios estabelecidos foram lidos integralmente, permitindo a extração de informações detalhadas. Esse processo incluiu a identificação das abordagens utilizadas, os objetivos principais dos trabalhos e uma compreensão abrangente das práticas e desafios no campo de argamassas de restauro na busca pela progressão do restauro e preservação de edificações históricas. Com a seleção, leitura e análise dos estudos, elaborou-se uma discussão abrangente sobre os temas identificados. Os resultados da análise detalhada são apresentados na próxima seção.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Identificação dos estudos

A proposta da pesquisa em incluir análises mais dispersas neste tema, a fim de apurar o avanço e direcionamento do estudo sobre argamassas de restauro em edificações históricas nos últimos dez anos, levou à captação de pesquisas abordando diversos métodos e discussões. Desta forma, a Figura 2 apresenta um resumo de todas as abordagens identificadas no material selecionado.

Figura 2 – Esquema de descrição da categorização das abordagens identificadas nas pesquisas

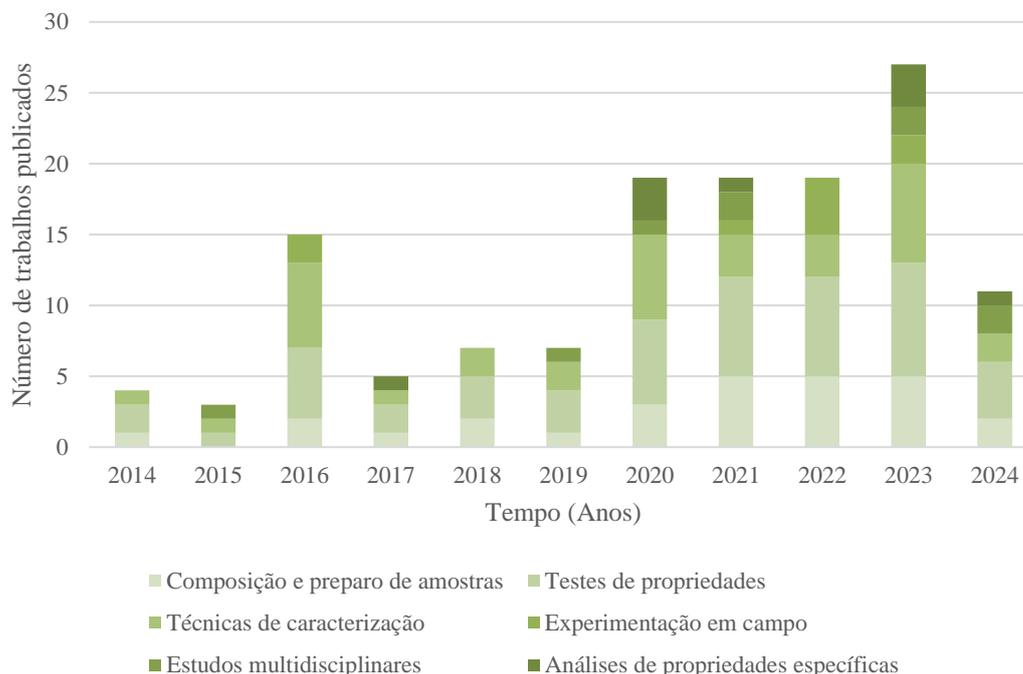


Fonte: Autores (2024).

Neste contexto, a análise temporal apresentada na Figura 3 revela uma trajetória de crescimento significativo no interesse e na pesquisa sobre argamassas de restauro ao longo da última década. Esse aumento é notável a partir de 2020, refletindo um período de intensificação nas investigações deste campo. A figura ilustra a quantidade de artigos publicados anualmente e destaca a diversificação das abordagens utilizadas.

Entre 2014 e 2015, observa-se um número limitado de estudos, indicando um período de menor foco ou desenvolvimento nas pesquisas sobre este tema. A partir de 2020, começa a surgir uma tendência de aumento, culminando em um pico notável em 2023, ano que apresenta o maior número de publicações. A figura também enfatiza a diversificação das abordagens ao longo do tempo, representadas por diferentes categorias de investigação. Essa diversificação indica um amadurecimento nas pesquisas, onde diferentes aspectos das argamassas de restauro são explorados de maneira mais abrangente. Em 2020 e 2021, por exemplo, há uma notável intensificação nas técnicas de caracterização e nos testes de propriedades, refletindo uma busca por entender profundamente os materiais em uso.

Figura 3 – Gráfico da quantidade de artigos selecionados por ano



Fonte: Autores (2024).

O ano de 2023 destaca-se não apenas pelo volume de publicações, mas também pela variedade de abordagens, sugerindo um avanço significativo na compreensão e aplicação das argamassas de restauro. Apesar de 2024 aparecer com menos estudos devido à pesquisa ter sido realizada na metade do ano, é esperado que a tendência de crescimento se mantenha, dada a relevância crescente do tema.

As abordagens descritas na Figura 3 revelam um panorama diversificado. A precisão de testes laboratoriais, aliada a análises multidisciplinares como PCA (análise de componentes principais) e o desenvolvimento de sensoriamento para prever a resistência do material, mostram avanços na eficácia das técnicas de restauro, integrando conhecimento para melhorar as soluções de conservação.

Apesar de algumas pesquisas combinarem múltiplas abordagens, observa-se uma ênfase em testes de propriedades e caracterização de argamassas, sugerindo foco na avaliação detalhada. A menor quantidade de experimentos em campo aponta para possíveis desafios metodológicos, enquanto avanços inovadores, como o uso de fibras e modificações hidrofóbicas, destacam soluções tecnológicas promissoras no restauro.

### 3.2 Caracterização: Materiais, propriedades, durabilidade e compatibilidade

A revisão dos principais materiais utilizados em argamassas de restauro ao longo dos últimos dez anos revelou o impacto de uma variedade de composições tanto na durabilidade quanto na compatibilidade com estruturas históricas. Ressalta-se que a durabilidade das argamassas de restauro é influenciada por fatores externos, como poluição e condições

ambientais, que podem acelerar a degradação dos materiais (Loke, *et al.*, 2023). A seguir, são discutidos, pelos autores revisados, os principais materiais e suas influências:

### 3.2.1 Cal hidráulica natural (NHL)

A cal hidráulica é amplamente utilizada na restauração de patrimônios históricos devido à sua autosselagem, autorregeneração e permeabilidade ao vapor, mantendo suas propriedades até 800°C. Além disso, sua alta compatibilidade com substratos históricos acomoda movimentos diferenciais entre materiais como tijolos e pedras, prevenindo fissuras e garantindo durabilidade e preservação estética (Angiolilli, *et al.*, 2020; Apostolopoulou, *et al.*, 2019; Bompa e Elghazouli, 2021; Bustos, *et al.*, 2020; Chantzi, *et al.*, 2016; De Nardi, *et al.*, 2017; Drougkas, *et al.*, 2023; Espitia-Morales *et al.*, 2022; Frangedaki, *et al.*, 2020; Garcia-Castillo, *et al.*, 2023; Granneman, *et al.*, 2018; Hareendranathan, *et al.*, 2020; Isebaert, *et al.*, 2016; Kalagri, *et al.*, 2014; Karatasios, *et al.*, 2018; Loke, *et al.*, 2023; Lopez-Arce, *et al.*, 2016; Mahmoud, *et al.*, 2024; Matouskova, *et al.*, 2021; Medeghini, *et al.*, 2024; Navarro-Mendoza, *et al.*, 2023; Pachta, 2021; Pesce, *et al.*, 2021; Ruegenberg, *et al.*, 2021, 2022; Santhanam e Ramadoss, 2020; Shuqiang Xu, *et al.*, 2023; Stogia, *et al.*, 2022; Tirelli, *et al.*, 2020; Vasovic, *et al.*, 2021; Zhang, *et al.*, 2023).

### 3.2.2 Metacaulim (MK)

Apresenta alta resistência à expansão, retração e ataques químicos, além de proporcionar excelente resistência mecânica. Ajuda a manter a integridade estrutural, evitando a formação de grandes poros, o que contribui para a durabilidade da argamassa. Além disso, o metacaulim apresenta alta compatibilidade estética e estrutural com substratos históricos, protegendo alvenarias antigas sem causar danos, ao mesmo tempo que oferece proteção contra ações externas (Chantzi, *et al.*, 2016; Espitia-Morales, *et al.*, 2022; Su-Cadirci, *et al.*, 2023; Clausi, *et al.*, 2016; Stogia, *et al.*, 2022; Moropoulou, *et al.*, 2016).

### 3.2.3 Cimento Portland

O cimento Portland é conhecido por oferecer uma resistência inicial superior e baixa permeabilidade, o que o torna atrativo para diversas aplicações. No entanto, ele pode causar problemas como manchas de umidade, eflorescências salinas, descamações e fissuras, além de comprometer a permeabilidade e a capacidade de secagem das estruturas. Sua baixa flexibilidade e a tendência à cristalização de sais podem acelerar a deterioração, especialmente em estruturas históricas, devido à sua incompatibilidade com materiais antigos (Ruegenberg, *et al.*, 2022; Espitia-Morales, *et al.*, 2022; Loke, *et al.*, 2023; Silva Loureiro, *et al.*, 2020; Bompa e Elghazouli, 2021; Pachta, 2021).

3.2.4 Sílica ativa, pó de tijolo e demais materiais pozzolânicos como cinzas volantes, diatomita, sílica fume, perlita expandida e escória

A adição de pó de tijolo, por exemplo, acelera o tempo de pega e aumenta a resistência mecânica, além de melhorar a repelência à água. As cinzas volantes, ativadas com reagente alcalino, conferem características vantajosas após a polimerização. A sílica ativa melhora a trabalhabilidade e resistência das argamassas, mas sua durabilidade a longo prazo pode ser comprometida por danos causados por sais, apesar da alta resistência à compressão inicial. Esses materiais também contribuem para a resistência a altas temperaturas e a sustentabilidade das argamassas, sendo percebidos como inovações importantes pelos profissionais. No entanto, ainda há a necessidade de estudos mais aprofundados sobre sua compatibilidade com substratos históricos (Shuqiang Xu, *et al.*, 2023; Garcia-Castillo, *et al.*, 2023; Su-Cadirci, *et al.*, 2023; Mahmoud, *et al.*, 2024; Lopez-Arce, *et al.*, 2016).

### 3.2.5 Fibras e microfibras

Fibras de polipropileno podem ser utilizadas para aumentar a resistência à tração e a durabilidade. Minimizam fissuras causadas por retração, o que contribui para uma maior durabilidade ao longo do tempo. Contudo, sua compatibilidade com estruturas antigas pode ser limitada devido à rigidez adicional que introduzem na argamassa e necessita de investigações mais aprofundadas (Chantzi, *et al.*, 2016; Shuqiang Xu, *et al.*, 2023).

As fibras vegetais aumentam a tenacidade das argamassas, melhorando o comportamento pós-fissuração e a resistência a ciclos de congelamento-degelo. No entanto, ainda são necessárias mais investigações sobre sua durabilidade e compatibilidade em longo prazo (Shuqiang Xu, *et al.*, 2023; Pachta, 2021).

Fibras de basalto proporcionam maior resistência à flexão e compressão, resultando em falhas mais dúcteis. Fibras mais longas também contribuem para a redução da densidade a seco e da absorção de água, ao mesmo tempo que aumentam a condutividade térmica. Compatíveis com materiais tradicionais, essas fibras melhoram a ductilidade e a capacidade de absorver energia antes da ruptura, preservando a integridade estrutural e estética de edifícios antigos (Escamilla, *et al.*, 2024; Shuqiang Xu, *et al.*, 2023; Bustos, *et al.*, 2020).

A fibra de vidro melhora o desempenho em termos de energia de fratura, flexibilidade, tração e compressão, além de assegurar a integridade estrutural e a compatibilidade com materiais históricos. Essas fibras também apresentam alta capacidade de difusão de vapor, aumentando a ductilidade das argamassas (Bustos, *et al.*, 2020; Shuqiang Xu, *et al.*, 2023; Angiolilli, *et al.*, 2020; Pachta, 2021).

Fibras de carbono oferecem uma excelente resistência pós-fissuração e capacidade de absorção de energia, o que auxilia na manutenção da estabilidade e aparência das edificações ao longo do tempo (Bustos, *et al.*, 2020).

A microfibra de carbono melhora a resistência mecânica à flexão, compressão e perfuração, sem comprometer a trabalhabilidade ou alterar a cor das argamassas. Apesar de proporcionar uma maior absorção de água, apresenta uma leve redução na durabilidade em testes de cristalização de sal, mas ainda é considerada viável para intervenções patrimoniais (Drougkas, *et al.*, 2023).

### 3.3 Perspectiva tecnológica versus percepção dos profissionais do restauro

Na busca por atender às demandas de restauro em edificações de diversos locais e datações, as tecnologias aplicadas ao desenvolvimento de argamassas de restauro têm evoluído significativamente, explorando ferramentas para a caracterização, aprimoramento e avaliação das propriedades desses materiais. As percepções dos profissionais reforçam a importância dessas inovações, reconhecendo sua contribuição para a eficácia e a durabilidade das intervenções de conservação em edifícios históricos.

A evolução das tecnologias aplicadas ao desenvolvimento de argamassas de restauro tem permitido avanços significativos na conservação de edifícios históricos. A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV/SEM) combinada com Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDAX) têm sido amplamente utilizadas nas análises morfológicas e elementares das argamassas, e juntos permitem realizar análises rápidas da composição química elementar (Klimek, 2023). Em adição, a Difração de Raios-x (XRD/DRX) se mostrou essencial ao identificar a composição mineralógica das argamassas, garantindo precisão nas análises de compatibilidade com materiais históricos (Perez-Rodriguez, *et al.*, 2023) – assim como também em análises de interação dos modificadores de cristalização (ferrocianeto de sódio e bórax) diretamente na mistura de argamassa, após testes de carbonatação em laboratório (Granneman, *et al.*, 2018).

A MEV foi aplicada também por Bustos, *et al.*, (2020) na análise de microestrutura e dos mecanismos de falhas nas argamassas reforçadas para analisar o comportamento da adição de fibras de carbono, vidro e basalto em argamassas. Foi comprovado que as soluções são promissoras nas melhorias das propriedades mecânicas – especialmente na resistência pós-fissuração – e neste sentido, o uso de aditivos junto às fibras também tem se mostrado bastante promissores.

A adição de metacaulim substituindo 25% da parte do ligante em argamassa de cal com pozolana e fibras de polipropileno (bom custo-benefício) melhorou a resistência e durabilidade das argamassas de restauro, bem como a consistência entre a estrutura antiga e a reparada evitando formação de fissuras nas interfaces (Stogia, *et al.*, 2022). As pozolanas artificiais (cinzas volantes e escória de alto-forno) juntamente com fibras de basalto têm demonstrado melhorar as propriedades mecânicas e térmicas das argamassas, promovendo uma maior compatibilidade com materiais históricos (Shuqiang Xu, *et al.*, 2023; Escamilla, *et al.*, 2024).

Os métodos de teste e avaliação desempenham um papel fundamental na validação das propriedades das argamassas de restauro, incluindo avaliação da capacidade de resistirem a condições climáticas adversas. A porosidade e o transporte de água pelas estruturas são medidos utilizando métodos como porosimetria por intrusão de mercúrio (MIP) e testes de absorção de água por capilaridade, proporcionando uma compreensão aprofundada da estrutura dos poros e da capacidade das argamassas de resistirem à penetração e água (Loke, *et al.*, 2023; Moropoulou, *et al.*, 2016; Isebaert, *et al.*, 2016).

Em termos de inovação e monitoramento, técnicas de soft computing, especialmente de redes neurais artificiais (ANNs) estão sendo exploradas para prever a resistência à compressão das argamassas de cal hidráulica natural (Apostolopoulou, *et al.*, 2019). O desenvolvimento de argamassas inteligentes com capacidades de autossensoriamento,

utilizando fillers condutivos como grafite e nanotubos de carbono é outra área emergente (Drougkas *et al.*, 2023). Além disso, aditivos cristalinos podem ser usados para promover a autosselagem e a autorregeneração das argamassas, melhorando a durabilidade e a recuperação de propriedades mecânicas, ao mesmo tempo que mantém a autenticidade dos elementos estruturais, de acordo com De Nardi, *et al.*, (2017).

#### **4 DISCUSSÕES**

A restauração de edificações históricas exige o uso de argamassas compatíveis com os materiais originais, assegurando a integridade e a longevidade das intervenções. Embora tenham sido realizados muitos estudos sobre argamassas de restauro, várias lacunas permanecem, dificultando o avanço para práticas mais eficazes e padronizadas.

Este capítulo aborda as principais lacunas e desafios identificados pelos autores. Destacam-se a necessidade de mais pesquisas em áreas específicas, a falta de padronização em métodos e normas, e a importância de investigações aprofundadas para garantir a compatibilidade e durabilidade das argamassas utilizadas em projetos de restauro. Ao identificar e analisar esses aspectos, busca-se orientar futuras pesquisas e melhorias nas práticas de conservação do patrimônio histórico edificado.

##### **4.1 Necessidade de métodos padronizados e econômicos**

Diversos estudos indicam a falta de métodos padronizados e econômicos para a caracterização de materiais históricos e argamassas de restauração, o que resulta em análises subjetivas e inconsistentes, dificultando comparações e replicações (Chantzi e Dotsika, 2016; Ruegenberg *et al.*, 2022; Lopez-Arce *et al.*, 2016; Wilkie e Thomas, 2023). O desenvolvimento de métodos custo-efetivos é essencial, especialmente em países em desenvolvimento, com recursos limitados para pesquisa (Loke *et al.*, 2023), além da necessidade de minimizar danos durante a extração de amostras (Santhanam e Ramadoss, 2020).

##### **4.2 Testes e validações em condições variadas**

Há a necessidade de testar e validar a eficácia das argamassas de restauro em variadas condições ambientais e diferentes tipos de substratos históricos (Granneman *et al.*, 2018). A maioria dos estudos se concentra em condições específicas, deixando de lado a variabilidade ambiental que pode influenciar o desempenho das argamassas a longo prazo. Estudos que avaliem a durabilidade das argamassas em exposições a sais, variações climáticas e diferentes tipos de pedra são essenciais para garantir intervenções duradouras e eficientes (Espitia-Morales e Torres-Castellanos, 2022; Mahmoud *et al.*, 2024; Bompa e Elghazouli, 2021; Torney *et al.*, 2014).

##### **4.3 Propriedades e aplicações de argamassas com NHL**

O estudo de Vasovic *et al.* (2021) indica a necessidade de investigar mais detalhadamente as propriedades aplicadas das argamassas baseadas no sistema de ligante de cal hidráulica natural (NHL) combinada com Cimento Portland. A dificuldade em determinar

valores gerais para a densidade ideal sem considerar a compatibilidade com o substrato é um desafio que precisa ser abordado. A avaliação específica de casos para selecionar e arranjar materiais de forma a prever como o cimento afetará o comportamento geral da alvenaria é fundamental (Ruegenberg *et al.*, 2022).

#### **4.4 Ausência de documentação e colaboração entre setores**

A falta de registro e mapeamento das intervenções anteriores dificulta a diferenciação entre materiais originais e de reparo. Essa lacuna impede uma análise precisa e a aplicação de técnicas de restauração compatíveis (Loke *et al.*, 2023). Além disso, a diferença entre a pesquisa acadêmica e a produção industrial de componentes de argamassas de restauro aponta para a necessidade de uma colaboração mais estreita entre esses setores (Ricciotti *et al.*, 2022).

#### **4.5 Estudos de longo prazo e modelos de previsão**

Boa parte das pesquisas atuais se concentra em períodos curtos de cura e regeneração das argamassas. No entanto, é necessário realizar estudos de longo prazo para compreender plenamente o comportamento das argamassas de reparo ao longo do tempo e garantir a sustentabilidade na conservação (De Nardi *et al.*, 2017; Branco *et al.*, 2021; Klimek, 2023). Além disso, a aplicação de modelos de previsão de parâmetros-chave em diferentes materiais e contextos deve ser investigada para melhorar a precisão das intervenções de restauro (Ruegenberg *et al.*, 2021; Hareendranathan *et al.*, 2020).

#### **4.6 Impacto de aditivos orgânicos e técnicas tradicionais**

A falta de compreensão completa sobre a coesão das argamassas de terra e os fatores que contribuem para suas propriedades mecânicas, bem como a necessidade de mais estudos sobre a interação química entre os componentes das argamassas e os materiais de construção originais, são lacunas importantes (Frangedaki *et al.*, 2020). A investigação do uso intencional de aditivos como cinzas de madeira/agricultura e seu impacto nas propriedades hidráulicas e isolantes das argamassas é igualmente essencial (Cantu *et al.*, 2015).

#### **4.7 Impacto de aditivos e processos de carbonatação**

Os efeitos de longo prazo da adição de metacaulim e pó de tijolo, especialmente no que diz respeito à formação de microfissuras devido à retração das misturas, ainda são pouco compreendidos (Mahmoud *et al.*, 2024). A variação das propriedades das argamassas com diferentes tipos e quantidades de aditivos destaca a importância de selecionar corretamente o tipo de metacaulim e a proporção adequada para otimizar as propriedades mecânicas e a durabilidade (Stogia *et al.*, 2022). Além disso, um entendimento mais profundo sobre o impacto da carbonatação acelerada em diferentes tipos de argamassas é necessário (Espitia-Morales e Torres-Castellanos, 2022).

#### **4.8 Bibliotecas espectrais regionais**

Matousova *et al.* (2021) apresenta uma válida lacuna relacionada a limitação geográfica das bibliotecas espectrais disponíveis e indica uma precisão limitada na determinação da composição de misturas de argamassas devido à variação na qualidade e composição da areia. A expansão da biblioteca espectral para incluir uma variedade maior de materiais históricos e o desenvolvimento de metodologias estabelecidas para o uso público e para documentar objetos de patrimônio cultural de forma não invasiva são necessidades identificadas.

#### **4.9 Sustentabilidade e integração de novas tecnologias**

A aplicação limitada de materiais à base de geopolímeros - polímeros inorgânicos cuja obtenção se dá pela polimerização de matérias-primas naturais de origem geológica contendo aluminossilicatos (Pinto, 2006) - nos setores de arte e restauração, apesar de suas propriedades adequadas, indica a necessidade de mais estudos para otimizar a compatibilidade estética e funcional desses materiais com materiais tradicionais de patrimônio (Clausi *et al.*, 2016). Além disso, a falta de integração rotineira de diretrizes de ecodesign no desenvolvimento de produtos para a indústria criativa e de restauração sublinha a necessidade de demonstrar usos reais e práticos de materiais sustentáveis para melhorar a competitividade dos ecomateriais no mercado e reduzir a pegada ambiental (Ricciotti *et al.*, 2023).

### **5 CONCLUSÕES**

A revisão realizada destaca a importância das argamassas de restauro na preservação do patrimônio histórico, revelando a eficácia das argamassas de cal hidráulica natural por sua compatibilidade com substratos antigos e propriedades como elasticidade e permeabilidade ao vapor. A inclusão de aditivos e fibras tem potencial para melhorar a durabilidade, mas requer mais estudos de longo prazo. Em contrapartida, as argamassas à base de cimento Portland apresentam incompatibilidades que comprometem a conservação de estruturas históricas.

A falta de padronização nos métodos de caracterização e análise das argamassas é um desafio que limita a aplicação prática dos resultados. Inovações tecnológicas, como o uso de microscopia eletrônica e difração de raios-X, ampliam o conhecimento sobre as interações entre materiais novos e históricos, mas sua implementação prática exige maior colaboração entre pesquisadores e profissionais do setor.

A sustentabilidade emerge como prioridade, com o desenvolvimento de argamassas ecológicas como uma área promissora. Este estudo contribui para a compreensão das práticas atuais e identifica lacunas que, quando superadas, podem avançar significativamente a preservação do patrimônio histórico.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- APOSTOLOPOULOU, M.; ARMAGHANI, D. J.; BAKOLAS, A.; DOUVIKA, M. G.; MOROPOULOU, A.; ASTERIS, P. G. Compressive strength of natural hydraulic lime mortars using soft computing techniques. **Procedia Structural Integrity**, v. 17, p. 914-923, 2019.
- AGGELAKOPOULOU, E.; BAKOLAS, A.; MOROPOULOU, A. Lime putty versus hydrated lime powder: Physicochemical and mechanical characteristics of lime based mortars. **Construction and Building Materials**, v. 225, p. 633-641, 2019.
- ANGIOLILLI, M.; GREGORI, A.; VAILATI, M. Lime-Based Mortar Reinforced by Randomly Oriented Short Fibers for the Retrofitting of the Historical Masonry Structure. **Materials**, v. 13, n. 16, p. 3462, 2020.
- BOMPA, D. V.; ELGHAZOULI, A. Y. Mechanical properties of hydraulic lime mortars and fired clay bricks subjected to dry-wet cycles. **Construction and Building Materials**, v. 303, n. 124458, 2021.
- BRANCO, F. G. *et al.* Mechanical Performance of Lime Mortar Coatings for Rehabilitation of Masonry Elements in Old and Historical Buildings. **Sustainability**, v. 13, n. 6, p. 3281, 2021.
- BUSTOS, A.; MORENO, E.; GONZALEZ, F.; COBO, A. Influence of the addition of carbon fibers on the properties of hydraulic lime mortars: comparison with glass and basalt fibers. **Materiales de construcción**. V.70:340,4, 2020.
- CALANDRA, S. *et al.* The San Giovanni Baptistery in Florence (Italy): Assessment of the State of Conservation of Surfaces and Characterization of Stone Materials. **Applied Sciences**, v. 12, n. 8, p. 4050, 2022.
- CANTÙ, M. *et al.* Characterization of XVIIIth century earthen mortars from Cremona (Northern Italy): Insights on a manufacturing tradition. **Materials Characterization**, v. 103, n. 103, p. 81–89, 2015.
- CHANTZI, P.; DOTSIKA, E. Advanced material technology for the conservation of historical buildings. **ICAMS Proceedings of the International Conference on Advanced Materials and Systems**. 2016.
- CLAUSI, M. *et al.* Metakaolin as a precursor of materials for applications in Cultural Heritage: Geopolymer-based mortars with ornamental stone aggregates. **Applied Clay Science**, v. 132-133, p. 589–599, 2016.
- CRUZ, M. C.; BATISTA, L.; CORREA, B.; QUEIROZ, L. **Coprocessamento: reutilização de resíduos industriais na produção de cimento**. 1º Simpósio Brasileiro da Ciência do Cimento, 2023.
- DE NARDI, C. *et al.* Effectiveness of crystalline admixtures and lime/cement coated granules in engineered self-healing capacity of lime mortars. **Materials and Structures**, v. 50, n. 4, p. 15, 2017.
- DE SOTO GARCÍA, I. S.; DE SOTO GARCÍA, M. DE LOS R.; GARCÍA GIMÉNEZ, R. Mineralogical Analysis of Mortars in the Walls of Ávila (Spain) and Its Surroundings. **Minerals**, v. 9, n. 6, p. 381, 2019.
- DROUGKAS, A. *et al.* Design of a smart lime mortar with conductive micro and nano fillers for structural health monitoring. **Construction and Building Materials**, v. 367, n. 130024, 2023.
- DROUGKAS, A. *et al.* Mechanical and Durability Testing and XCT Imaging of a Lime-Based Micro-Scale Modified Smart Intervention Mortar. **International journal of architectural heritage**, p. 1–16, 2023.
- ESCAMILLA, A. C. *et al.* Effect of basalt fiber length on the behavior of natural hydraulic lime-based mortars. **Reviews on advanced materials Science**. v. 63, n. 1, 2024, pp. 20230191.
- ESPITIA, F.; CASTELLANOS, N. T. Assessment of the Compressive Strength of Lime Mortars with Admixtures, Subjected to Two Curing Environments. **Ingeniería e Investigación/Ingeniería e Investigación**, v. 42, n. 2, p. e91364–e91364, 2021.
- FRANGEDAKI, E. *et al.* Fujian Tulou Rammed Earth Structures: Optimizing Restoration Techniques Through Participatory Design and Collective Practices. **Procedia Manufacturing**, v. 44, p. 92–99, 2020.
- GARCIA-CASTILLO, E.; PAYA-ZAFORTEZA, I.; HOSPITALER, A. Fire in heritage and historic buildings, a major challenge for the 21st century. **Developments in the Built Environment**, v. 13, n. 100102, 2023.

- GRANNEMAN, S. J. C.; LUBELLI, B.; VAN HEES, R. P. J. Characterization of lime mortar additivated with crystallization modifiers. **International Journal of Architectural Heritage**, v. 12, n. 5, p. 849–858, 2018.
- GRAZZINI, A.; GIUSEPPE, L.; ZERBIN, M. Digital image correlation applied to lime-based mortars: Shrinkage tests for durability evaluations in restoration works. **Developments in the Built Environment**. V.10, n.100070. 2022.
- HAREENDRANATHAN, G. *et al.* Grouting and injection techniques to repair cracks and water leakage at the renuka devi temple, Chandragutti, India. **Materiali in tehnologije / Materials and technology**. V.54, n.5, p.633–642. 2020.
- ISEBAERT, A. *et al.* Pore-related properties of natural hydraulic lime mortars: an experimental study. **Materials and Structures**, v. 49, n. 7, p. 2767–2780, 2015.
- JIMÉNEZ-DESMOND, D.; POZO-ANTONIO, J. S.; ARIZZI, A. The fresco wall painting techniques in the Mediterranean area from Antiquity to the present: A review. **Journal of Cultural Heritage**, v. 66, p. 166–186, 2024.
- KALAGRI, A.; KARATASIOS, I.; KILIKOGLU, V. The effect of aggregate size and type of binder on microstructure and mechanical properties of NHL mortars. **Construction and Building Materials**, v. 53, p. 467–474, 2014.
- KARATASIOS, I.; AMENTA, M.; KILIKOGLU, V. Hydraulic mortars for joining archaeological stone fragments – A methodological approach. **Procedia Structural Integrity**, v. 10, p. 211–218, 2018.
- KLIMEK, B. Characteristics of 13th-century mortars from the tower at Lublin Castle. **Archives of Civil Engineering**. V.LXIX, n. 2, p.83-95. 2023.
- LENIN, M.; DAVID S. A.; PINO, D. Historic mortars in the constructions of Quito of the 16th, 17th and 18th centuries. **Ge-conservación**, v. 17, n. 17, p. 71–81, 2020.
- LOKE, M. E.; KUMAR, P.; CULTRONE, G. Challenges in characterization and development of suitable historic repair mortars. **International Journal of Conservation Science**. V.14, p. 783-802. 2023.
- LOPEZ-ARCE, P. *et al.* Durability of stone-repair mortars used in historic buildings from Paris. **Materials and Structures**, v. 49, n. 12, p. 5097–5115, 2016.
- LOPEZ-ARCE, P. *et al.* Physico-chemical stone-mortar compatibility of commercial stone-repair mortars of historic buildings from Paris. **Construction and Building Materials**, v. 124, p. 424–441, 2016.
- LOUREIRO, A. M. S.; DA PAZ, S. P. A.; ANGÉLICA, R. S. How to Estimate the Binder: Aggregate Ratio From Lime-Based Historic Mortars for Restoration? **Frontiers in materials**. V.7 :597411. 2020.
- MAHMOUD, H. H. M.; KAMEL, A. M. A.; ALI, M. F. Developing Low Cost Eco-friendly Restoration Mortars for Historic Lime-based Stucco and Building Materials. **Periodica Polytechnica Civil Engineering**, v. 68, n. 2, p. 657–668, 2024.
- MATOUŠKOVÁ, E.; PAVELKA, K.; IBRAHIM, S. Creating a Material Spectral Library for Plaster and Mortar Material Determination. **Materials**, v. 14, n. 22, p. 7030, 2021.
- MEDEGHINI, L. *et al.* How the materials knowledge of Roman mortars could be helpful for the production of future materials: The case of the Aqua Traiana aqueduct (Rome, Italy). **Cement and Concrete Research**, v. 179, n. 107478, 2024.
- MENNINGEN, J. *et al.* Development of restoration mortars and artificial stones for use in restoring cultural heritage sites made from volcanic tuffs. **Environmental earth sciences**, v. 81, n. 20, 2022.
- MOHER, D. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. **Annals of Internal Medicine**, v. 151, n. 4, p. 264, 2009.
- MORENO, M.; ORTIZ, R.; ORTIZ, P. Remote sensing to assess the risk for cultural heritage: forecasting potential collapses due to rainfall in historic fortifications. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**. V.42. p.92-113. 2024.
- MOROPOULOU, A. *et al.* The role of restoration mortars in the earthquake protection of the Kaisariani Monastery. **ECCOMAS Congress 2016 - Proceedings of the 7th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering**. V.3, p.5340-5358. 2016.
- NAVARRO-MENDOZA, E. G. *et al.* Physical and Mechanical Characterization of Lime Pastes and Mortars for Use in Restoration. **Heritage**, v. 6, n. 3, p. 2582–2600, 2023.
- OLIVEIRA, C. *et al.* Study of historical value mortars. **Procedia Structural Integrity**, v. 22, p. 125–129, 2019.
- PACHTA, V. The Role of Glass Additives in the Properties of Lime-Based Grouts. **Heritage**, v. 4, n. 2, p. 906–916, 2021.

- PEREZ-RODRIGUEZ, J. L. *et al.* Seville history insight through their construction mortars. **Journal of thermal analysis and calorimetry**, v. 148, n. 23, p. 13157–13174, 2023.
- PESCE, C. *et al.* Towards a better understanding of hot-mixed mortars for the conservation of historic buildings: the role of water temperature and steam during lime slaking. **Heritage Science**, v. 9, n. 1, 2021.
- RAPOSO, P. C. *et al.* Petrographic Characterization of Partition Wall Mortars of a 19th Century Building. **Procedia Structural Integrity**, v. 5, p. 1092–1096, 2017.
- RICCIOTTI, L. *et al.* Development of Geopolymer-Based Materials with Ceramic Waste for Artistic and Restoration Applications. **Materials**, v. 15, n. 23, p. 8600, 2022.
- RUEGENBERG, F. *et al.* Assessing the effect of a white Portland cement admixture on the early frost-thaw resistance of NHL-based masonry mortar. **Materials and structures**, v. 55, n. 10, 2021.
- RUEGENBERG, F. *et al.* Assessing the influence of the mixing method on porosity and durability of NHL-based renders based on key parameters. **Construction and Building Materials**, v. 276, n. 122197, 2021.
- RUEGENBERG, F. *et al.* NHL-based mortars in restoration: Frost-thaw and salt resistance testing methods towards a field related application. **Case Studies in Construction Materials**, v. 14, n. e00531, 2021.
- SANTHANAM, K.; RAVI R. Investigation on Alamparai Fort by utilization of organic materials for improvement of stability of heritage structure. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 57, p. 86036–86054, 2021.
- STEFANIDOU, M.; PAVLIDOU, E. Scanning Mortars to Understand the Past and Plan the Future for the Maintenance of Monuments. **Scanning**, v. 2018, p. 1–8, 2018.
- STOGIA, M.-E. *et al.* Study of different binders for restoration applications. **Procedia Structural Integrity**, v. 41, p. 744–751, 2022.
- SU-CADIRCI, T. B. *et al.* Freeze-thaw resistance of pozzolanic hydrated lime mortars. **Construction and Building Materials**, v. 394, n. 131993, 2023.
- TIRELLI, G. *et al.* Integrated Dating of the Construction and Restoration of the Modena Cathedral Vaults (Northern Italy): Preliminary Results. **Radiocarbon**, v. 62, n. 3, p. 667–677, 2020.
- TORNEY, C.; FORSTER, A. M.; SZADURSKI, E. M. Specialist “restoration mortars” for stone elements: a comparison of the physical properties of two stone repair materials. **Heritage Science**, v. 2, n. 1, p. 1, 2014.
- VASOVIC, D. *et al.* The Influence of Water/Binder Ratio on the Mechanical Properties of Lime-Based Mortars with White Portland Cement. **Crystals**, v. 11, n. 8, p. 958, 16 ago. 2021.
- WILKIE, S.; DYER, T. Mortar and Concrete: Precursors to Modern Materials. **International Journal of Architectural Heritage**, p. 1–24, 2023.
- XU, S. *et al.* Effect and mechanism of two different types of waterproof admixtures and silica fume on the hydration and mechanical properties of natural hydraulic lime. **Case Studies in Construction Materials**, v. 18, n. e01925, 2023.
- ZHANG, S. *et al.* Study on the Mechanical Properties and Durability of Hydraulic Lime Mortars Based on Limestone and Potassium Feldspar. **Applied Sciences**, v. 13, n. 4, p. 2412, 2023.

---

## DECLARAÇÕES

---

### CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

- **Concepção e Design do Estudo:** Joyce Ketlly Soares da Silva e Júlia Oliveira dos Santos e Eudes de Arimatéa Rocha.
  - **Curadoria de Dados:** Joyce Ketlly Soares da Silva e Júlia Oliveira dos Santos.
  - **Análise Formal:** Joyce Ketlly Soares da Silva.
  - **Aquisição de Financiamento:** Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco.
  - **Investigação:** Joyce Ketlly Soares da Silva e Júlia Oliveira dos Santos.
  - **Metodologia:** Júlia Oliveira dos Santos.
  - **Redação - Rascunho Inicial:** Joyce Ketlly Soares da Silva e Júlia Oliveira dos Santos.
  - **Redação - Revisão Crítica:** Joyce Ketlly Soares da Silva, Júlia Oliveira dos Santos, Eudes de Arimatéa Rocha e Victor Marcelo Estolano de Lima.
  - **Revisão e Edição Final:** Joyce Ketlly Soares da Silva.
  - **Supervisão:** Eudes de Arimatéa Rocha e Victor Marcelo Estolano de Lima.
- 

### DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, **Joyce Ketlly Soares da Silva, Júlia Oliveira dos Santos, Eudes de Arimatéa Rocha e Victor Marcelo Estolano de Lima** declaramos que o manuscrito intitulado "**Argamassas de restauro: uma revisão dos desafios e inovações na preservação do patrimônio construído**":

1. **Vínculos Financeiros:** O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.
2. **Relações Profissionais:** Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito, que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados, foi estabelecida.
3. **Conflitos Pessoais:** Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado.