

Reforço de alvenarias não armadas: uma revisão sistemática dos ganhos mecânicos e das limitações dos sistemas de reforço

Isaac Sérgio Araújo de Brito

Mestrando, UPE, Brasil
isab@poli.br
ORCID iD 0000-0003-0564-7113

Victor Marcelo Estolano de Lima

Professor Doutor, UPE, Brasil.
vmel@poli.br
ORCID iD 0000-0003-0862-2966

Tiago Ancelmo de Carvalho Pires de Oliveira

Professor Doutor, UFPE, Brasil.
tiago.poliveira@ufpe.br
ORCID iD 0000-0003-4861-4944

Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani

Professora Doutora, UPE, Brasil.
emilia.rabbani@upe.br
ORCID iD 0000-0002-4016-5198

1

Submissão: 21/01/2026

Aceite 10/03/2026

BRITO, Isaac Sérgio Araújo de; LIMA, Victor Marcelo Estolano de; OLIVEIRA, Tiago Ancelmo de Carvalho Pires de; RABBANI, Emilia Rahnemay Kohlman. Reforço de alvenarias não armadas: uma revisão sistemática dos ganhos mecânicos e das limitações dos sistemas de reforço. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 14, n. 91, p. e2544, 2026. DOI: [10.17271/23188472149120266364](https://doi.org/10.17271/23188472149120266364). Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/6364. Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Reforço de alvenarias não armadas: uma revisão sistemática dos ganhos mecânicos e das limitações dos sistemas de reforço

RESUMO

Objetivo - Analisar de forma sistemática as técnicas de reforço aplicadas à alvenaria não armada, com foco nos ganhos de resistência mecânica, especialmente à compressão e ao cisalhamento, bem como nas limitações associadas aos diferentes sistemas de reforço investigados na literatura científica.

Metodologia - Foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura, estruturada a partir de protocolo de busca definido, critérios claros de inclusão e exclusão e aplicação do método PRISMA para seleção dos estudos. Os artigos selecionados foram analisados quanto ao tipo de alvenaria, técnica de reforço empregada, configuração experimental, ganhos percentuais de resistência e limitações relatadas.

Originalidade/relevância - O estudo aborda uma lacuna relevante na literatura ao sistematizar, de forma comparativa, os ganhos mecânicos e as limitações dos principais sistemas de reforço aplicados à alvenaria não armada, contribuindo para uma avaliação crítica integrada do desempenho estrutural e da aplicabilidade dessas técnicas.

Resultados - Os resultados indicam que os maiores ganhos de resistência ocorrem, predominantemente, em solicitações de cisalhamento no plano, especialmente em sistemas baseados em argamassas reforçadas com têxteis ou fibras, como TRM e FRCM, com incrementos frequentemente superiores a duzentos por cento. Os ganhos em resistência à compressão mostraram-se mais moderados e associados, sobretudo, a mecanismos de confinamento. As limitações mais recorrentes envolvem variabilidade de desempenho, falhas prematuras na interface reforço-substrato, incompatibilidades químicas e restrições de aplicação em edificações históricas.

Contribuições teóricas/metodológicas - A pesquisa consolida um panorama comparativo dos sistemas de reforço, relacionando desempenho mecânico e limitações técnicas, além de evidenciar a necessidade de modelos de dimensionamento mais adequados para sistemas com matrizes inorgânicas.

Contribuições sociais e ambientais - Os achados subsidiam a escolha de soluções de reforço mais compatíveis com edificações existentes e patrimônio histórico, favorecendo intervenções mais seguras, duráveis e alinhadas a princípios de sustentabilidade e conservação do ambiente construído.

PALAVRAS-CHAVE: Alvenaria não armada. Reforço estrutural. Resistência ao cisalhamento. Resistência mecânica. Revisão sistemática da literatura.

Strengthening of unreinforced masonry: a systematic review of mechanical performance gains and limitations of reinforcement systems

ABSTRACT

Objective – To systematically analyze reinforcement techniques applied to unreinforced masonry, focusing on gains in mechanical strength, particularly compressive and shear resistance, as well as on the limitations associated with the different reinforcement systems reported in the scientific literature.

Methodology – A Systematic Literature Review was conducted based on a predefined search protocol, clear inclusion and exclusion criteria, and the application of the PRISMA method for study selection. The selected articles were analyzed according to masonry type, reinforcement technique, experimental configuration, percentage gains in strength, and reported limitations

Originality/Relevance – This study addresses a relevant gap in the literature by providing a comparative and integrated synthesis of mechanical performance gains and technical limitations of the main reinforcement systems applied to unreinforced masonry, supporting a critical assessment of their structural effectiveness and practical applicability.

Results – The results indicate that the highest strength gains are predominantly associated with in-plane shear loading, especially for systems based on textile- or fiber-reinforced mortars, such as TRM and FRCM, with increases frequently exceeding two hundred percent. Gains in compressive strength were generally more moderate and mainly related to confinement mechanisms. The most recurrent limitations include performance variability, premature failure at the reinforcement-substrate interface, chemical incompatibility, and restrictions on application in historic masonry.

Theoretical/Methodological Contributions – The study consolidates a comparative framework relating mechanical performance and technical limitations of reinforcement systems and highlights the need for more suitable design models for systems based on inorganic matrices.

Social and Environmental Contributions – The findings support the selection of reinforcement solutions that are more compatible with existing and historic buildings, contributing to safer, more durable interventions aligned with sustainability and built heritage conservation principles.

KEYWORDS: Unreinforced masonry. Structural strengthening. Shear strength. Systematic literature review

Refuerzo de albañilerías no armadas: una revisión sistemática de los incrementos de desempeño mecánico y las limitaciones de los sistemas de refuerzo

RESUMEN

Objetivo – Analizar de forma sistemática las técnicas de refuerzo aplicadas a la albañilería no armada, con énfasis en los incrementos de resistencia mecánica, especialmente a compresión y cortante, así como en las limitaciones asociadas a los distintos sistemas de refuerzo descritos en la literatura científica.

Metodología – Se llevó a cabo una Revisión Sistemática de la Literatura, estructurada a partir de un protocolo de búsqueda definido, criterios claros de inclusión y exclusión y la aplicación del método PRISMA para la selección de los estudios. Los artículos seleccionados fueron analizados según el tipo de albañilería, la técnica de refuerzo empleada, la configuración experimental, los incrementos porcentuales de resistencia y las limitaciones reportadas.

Originalidad/Relevancia – El estudio aborda un vacío relevante en la literatura al sistematizar de manera comparativa los incrementos de desempeño mecánico y las limitaciones técnicas de los principales sistemas de refuerzo aplicados a la albañilería no armada, permitiendo una evaluación crítica integrada de su eficacia estructural y aplicabilidad práctica.

Resultados – Los resultados indican que los mayores incrementos de resistencia se asocian predominantemente a sollicitaciones de cortante en el plano, especialmente en sistemas basados en morteros reforzados con textiles o fibras, como TRM y FRCM, con incrementos que frecuentemente superan el doscientos por ciento. Los aumentos de resistencia a compresión fueron más moderados y se relacionaron principalmente con mecanismos de confinamiento. Las limitaciones más recurrentes incluyen variabilidad del desempeño, fallas prematuras en la interfaz refuerzo–sustrato, incompatibilidades químicas y restricciones de aplicación en edificaciones históricas.

Contribuciones Teóricas/Metodológicas – La investigación consolida un marco comparativo que relaciona desempeño mecánico y limitaciones técnicas de los sistemas de refuerzo, además de evidenciar la necesidad de modelos de dimensionamiento más adecuados para sistemas con matrices inorgánicas.

Contribuciones Sociales y Ambientales – Los hallazgos respaldan la selección de soluciones de refuerzo más compatibles con edificaciones existentes y patrimoniales, promoviendo intervenciones más seguras, duraderas y alineadas con principios de sostenibilidad y conservación del patrimonio construido.

PALABRAS CLAVE: Albañilería no armada. Refuerzo estructural. Resistencia al cortante. Revisión sistemática de la literatura.

RESUMO GRÁFICO



1 INTRODUÇÃO

As estruturas de alvenaria não armada (URM) representam uma parcela significativa das construções históricas e contemporâneas em todo o mundo. Reconhecidas por sua eficiência construtiva, simplicidade e custo-benefício, esses sistemas são amplamente empregados em edificações residenciais, comerciais e industriais. Contudo, sua vulnerabilidade estrutural, especialmente frente a eventos sísmicos e cargas acidentais em regiões de alto risco, evidencia a limitação crítica da alvenaria: sua baixa resistência intrínseca à tração e ao cisalhamento (Lourenço, 2022; Preciado et al., 2020; Gonem, 2021). Apesar do desempenho elevado sob compressão, estruturas de alvenaria são particularmente suscetíveis a falhas decorrentes de tensões de tração e cisalhamento, que com frequência resultam em fissuras diagonais, deslocamentos excessivos e colapsos prematuros, sobretudo sob ações sísmicas, ventos extremos ou recalques diferenciais (Mezrea et al., 2021; Habieb et al., 2023; Kafodya et al., 2019).

Em função dessas vulnerabilidades, têm sido propostas e investigadas diversas estratégias de reforço estrutural visando ao incremento da resistência ao cisalhamento, à melhoria da ductilidade e à mitigação dos riscos de colapso total ou parcial das edificações (Yardımcı; Lalaj, 2016; Ismail; Ingham, 2016; Gattesco; Boem, 2015; Bitar et al., 2020). Dentre as soluções mais estudadas, destacam-se os polímeros reforçados com fibra (FRP), as argamassas reforçadas com tecido (TRM) e materiais sustentáveis, incluindo fibras naturais e malhas metálicas. O uso de materiais compósitos, como FRP e TRM, ganhou destaque em decorrência de sua eficácia na melhoria da resiliência estrutural e na prevenção de falhas progressivas. Os materiais FRP, caracterizados por sua alta resistência à tração e baixo peso, são particularmente adequados em intervenções que exigem preservação da integridade visual e arquitetônica, como nas edificações históricas; no entanto, desafios técnicos como custo elevado e resistência ao fogo limitada continuam sendo questões relevantes. Por outro lado, o TRM tem emergido como alternativa preferencial em contextos patrimoniais por apresentar desempenho compatível com matrizes tradicionais e potencial de reversibilidade (Kouris; Triantafyllou, 2018; Carozzi et al., 2018; Dong et al., 2021; Thomoglou et al., 2023; Rao; Pavan, 2015).

Embora a literatura internacional aborde uma ampla gama de sistemas de reforço para alvenaria não armada, lacunas permanecem quanto à aplicabilidade desses métodos em tipologias de grande relevância prática, como os conhecidos prédios do tipo caixa da Região Metropolitana do Recife (RMR). Esses edifícios, assim denominados em função de sua geometria e comportamento estrutural particular, foram amplamente construídos nas décadas de 1970 e 1980 no Grande Recife e têm sido associados a uma série de acidentes graves, incluindo pelo menos 18 desabamentos com dezenas de vítimas mortais no período de 1977 a 2023 (Folha de Pernambuco, 2025). Estudos técnicos e laudos disponíveis indicam que esses desabamentos decorrem de insuficiências de projeto, materiais de baixa qualidade, falhas construtivas, ausência de manutenção sistemática e influências ambientais, evidenciando as fragilidades inerentes a sistemas construtivos baseados em alvenaria resistente sem reforço adequado (Mélo, 2007).

Além disso, a análise do desempenho estrutural dessas edificações não pode ser dissociada do contexto urbano em que se inserem, uma vez que a configuração morfológica das

idades, a distribuição do tecido urbano e a disponibilidade de infraestrutura influenciam diretamente a qualidade de vida, o uso das edificações e os processos de degradação do ambiente construído (Castro et al., 2024). Nesse sentido, a compreensão das vulnerabilidades estruturais deve ser integrada a uma leitura mais ampla do território urbano, considerando aspectos espaciais, sociais e ambientais. Sob essa perspectiva ampliada, a avaliação de edificações vulneráveis, como os prédios tipo caixão, demanda instrumentos analíticos que ultrapassem abordagens pontuais, incorporando metodologias sistêmicas capazes de subsidiar o planejamento urbano e a gestão do ambiente construído. A mensuração da sustentabilidade urbana por meio de sistemas integrados de indicadores tem se mostrado fundamental para compreender a complexidade dos fenômenos urbanos, especialmente em cidades de pequeno e médio porte, ao permitir a avaliação conjunta das dimensões sociais, ambientais, econômicas e institucionais associadas ao desempenho urbano (Silva et al., 2024).

Dessa forma, a motivação central deste trabalho reside na necessidade de compreender criticamente, a partir de uma perspectiva global, como os diferentes sistemas de reforço pesquisados internacionalmente podem oferecer subsídios para a melhoria do desempenho de alvenarias não armadas vulneráveis, como aquelas presentes nos prédios tipo caixão da RMR do Recife. A contextualização regional dos eventos de colapso, aliada ao conhecimento internacional acumulado e à incorporação de abordagens urbanas e sistêmicas, justifica a condução de uma revisão sistemática da literatura que integre tanto os ganhos mecânicos quanto as limitações dos reforços estudados, com vistas a informar práticas de engenharia mais seguras, sustentáveis e adaptadas a contextos construtivos historicamente problemáticos.

2 OBJETIVOS

Esta Revisão Sistemática da Literatura tem como objetivo investigar e comparar os principais sistemas de reforço aplicados à alvenaria não armada, com ênfase na avaliação dos ganhos de resistência mecânica, especialmente à compressão e ao cisalhamento, bem como na análise crítica das limitações associadas a cada técnica, considerando sua contribuição para a melhoria do desempenho estrutural e da resistência a mecanismos de colapso sob ações sísmicas.

3 METODOLOGIA

Esta Revisão Sistemática da Literatura foi conduzida em conformidade com as diretrizes do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), assegurando transparência, rastreabilidade e reprodutibilidade dos procedimentos metodológicos adotados (Page et al., 2021). A estruturação da revisão e a definição da estratégia de investigação seguiram o método PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcomes), amplamente utilizado em revisões sistemáticas para organização e delimitação do escopo de análise.

A população considerada compreendeu estruturas de alvenaria não armada (URM), enquanto a intervenção envolveu as diferentes técnicas de reforço estrutural aplicadas a esse sistema construtivo. A comparação foi estabelecida a partir da análise dos resultados reportados

para distintos métodos de reforço, considerando seus efeitos sobre o desempenho estrutural. Os desfechos avaliados incluíram ganhos de resistência mecânica, especialmente à compressão e ao cisalhamento, bem como aspectos relacionados à eficiência, precisão dos métodos, custos relativos e impactos estruturais associados às intervenções, possibilitando uma visão abrangente das evidências disponíveis na literatura.

A estratégia de busca foi desenvolvida com o uso de operadores booleanos, combinando termos relevantes em bases de dados científicas consolidadas, a saber: Scielo, Scopus, Web of Science, Engineering Village e ScienceDirect. As palavras-chave empregadas foram: (“unreinforced masonry” OR “URM” OR “brick masonry” OR “stone masonry” OR “masonry”) AND (“structural reinforcement” OR “repair” OR “innovative reinforcement”) AND (“mechanical behavior” OR “structural performance” OR “compressive strength”). Os resultados foram restritos a artigos publicados em língua inglesa nos últimos dez anos, com o objetivo de contemplar estudos recentes e representativos sobre o reforço de alvenarias e seu desempenho estrutural, com ênfase em soluções inovadoras e aplicações práticas.

3.1 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO E INCLUSÃO

A seleção dos estudos incluídos nesta Revisão Sistemática da Literatura considerou artigos acadêmicos publicados entre 2014 e janeiro de 2025, disponíveis em texto completo e redigidos em língua inglesa, que abordassem de forma direta metodologias de reforço aplicadas à alvenaria não armada (URM). Foram priorizados estudos que apresentassem dados quantitativos oriundos de ensaios experimentais, permitindo a avaliação objetiva dos ganhos de resistência mecânica decorrentes da aplicação das técnicas de reforço. Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos de modo a garantir a consistência metodológica da amostra analisada e a pertinência dos estudos em relação aos objetivos da pesquisa. A Tabela 1 apresenta de forma sistematizada os critérios adotados nesta revisão.

Tabela 1 – Critérios de Inclusão e Exclusão da RSL

Critério	Descrição
Critério de Inclusão (IC)	C-I01: Estudos que tratassem especificamente do reforço de URM C-I02: Estudos que apresentassem dados quantitativos e ensaios experimentais C-E03: Opiniões, editoriais e revisões de literatura que não apresentassem novos dados quantitativos
Critérios de Exclusão (EC)	C-E01: Pesquisas que não abordassem reforços de alvenaria C-E02: Estudos que tratassem de alvenaria armada; C-E05: Artigos sem dados quantitativos ou ensaios experimentais C-E03: Artigos sem dados quantitativos ou ensaios experimentais C-E04: Reforços focados em colunas, vigas ou abóbadas C-E05: Artigos cujo tema principal fosse alheio ao reforço de alvenaria não armada

Fonte: Elaborado pelos autores

3.2 EXTRAÇÃO DE DADOS

As referências identificadas foram sistematicamente organizadas e importadas para o software bibliográfico START, utilizado como ferramenta de apoio à seleção, triagem e gerenciamento dos estudos analisados. O processo de triagem foi conduzido em duas etapas complementares: inicialmente, procedeu-se à avaliação dos títulos e resumos, com o objetivo de identificar estudos potencialmente relevantes; em seguida, realizou-se a leitura integral dos artigos selecionados, a fim de confirmar sua elegibilidade com base nos critérios previamente estabelecidos. A busca e a seleção final das referências foram concluídas em janeiro de 2025. Para cada estudo incluído na revisão, foram extraídas informações consideradas essenciais para a análise sistemática. Esses dados abrangeram aspectos bibliográficos, como afiliação institucional dos autores, ano de publicação e periódico, permitindo a caracterização temporal e geográfica da produção científica. Também foi registrada a justificativa do estudo, de modo a identificar a motivação e o foco principal da pesquisa em relação às técnicas de reforço aplicadas à alvenaria não armada.

Adicionalmente, foram coletadas informações técnicas relativas aos materiais empregados nos sistemas de reforço, ao tipo de técnica aplicada e à tipologia de alvenaria analisada. Sempre que disponíveis, foram extraídos dados quantitativos associados aos ganhos de resistência mecânica, bem como informações sobre vantagens e limitações reportadas pelos autores. A estrutura da extração de dados foi organizada a partir de perguntas previamente definidas, apresentadas na Tabela 2, assegurando consistência e padronização no tratamento das informações ao longo da revisão.

Tabela 2 – Perguntas de pesquisa e dados extraídos na Revisão Sistemática da Literatura

Código	Pergunta de Pesquisa	Dados Extraídos
P1	Quais foram os resultados bibliométricos encontrados?	Ano de publicação, país, afiliação dos autores, periódico científico
P2	Quais os principais escopos dos artigos selecionados?	Tipo de alvenaria não armada, técnica de reforço, contexto estrutural
P3	Quais estudos apresentaram ganhos na resistência à compressão ou ao cisalhamento?	Ganhos percentuais de resistência mecânica obtidos por ensaios experimentais
P4	Quais foram as limitações encontradas nos sistemas de reforço analisados?	Limitações técnicas, construtivas, de durabilidade e compatibilidade
P5	Como os ganhos de resistência mecânica se relacionam com as limitações técnicas dos diferentes sistemas de reforço analisados?	Análise comparativa entre desempenho mecânico e limitações dos sistemas de reforço

Fonte: Elaborado pelos autores

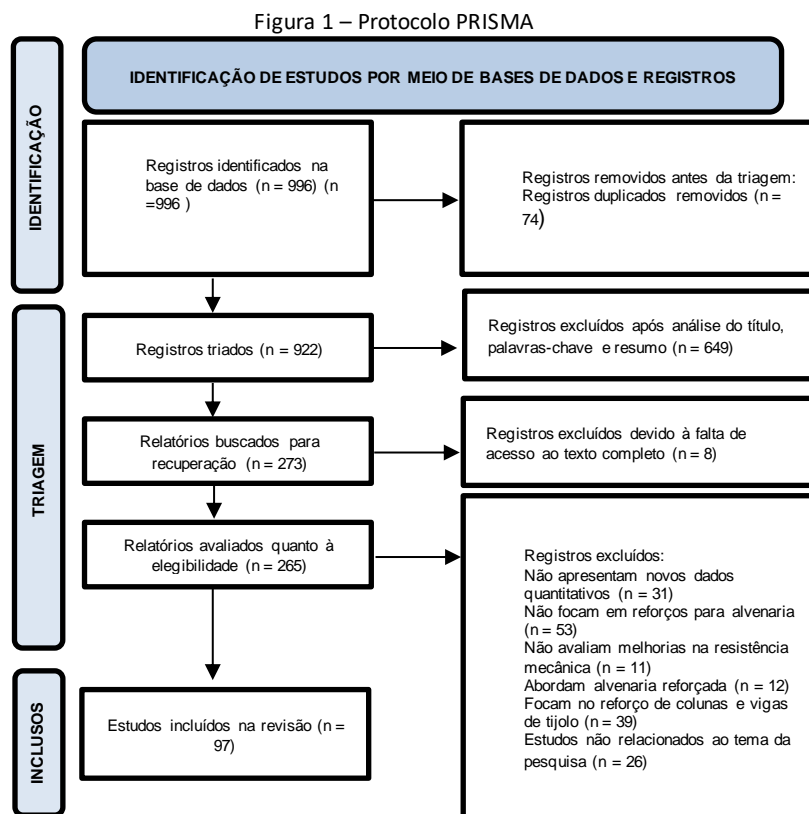
4 RESULTADOS

Os resultados apresentados neste capítulo decorrem da análise sistemática dos estudos selecionados, conforme os critérios metodológicos estabelecidos. A organização dos achados segue a estrutura das perguntas de pesquisa definidas, abrangendo inicialmente os resultados bibliométricos, seguidos pela caracterização do escopo dos artigos analisados. Em seguida, são apresentados os estudos que reportaram ganhos de resistência mecânica à compressão e ao cisalhamento em alvenarias não armadas, bem como as principais limitações associadas aos

sistemas de reforço investigados. Por fim, é realizada uma análise comparativa entre os ganhos obtidos e as limitações técnicas identificadas, permitindo uma visão integrada do desempenho e da aplicabilidade dos diferentes métodos de reforço.

P1 – QUAIS FORAM OS RESULTADOS BIBLIOMÉTRICOS ENCONTRADOS?

A Figura 1 apresenta o fluxograma PRISMA, que sintetiza o processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos considerados nesta revisão sistemática. O procedimento permitiu a seleção rigorosa de 97 artigos, a partir da exclusão de registros duplicados e de estudos que não atendiam aos critérios de escopo, metodologia ou disponibilidade de dados quantitativos, assegurando transparência, rastreabilidade e consistência metodológica ao processo de seleção.

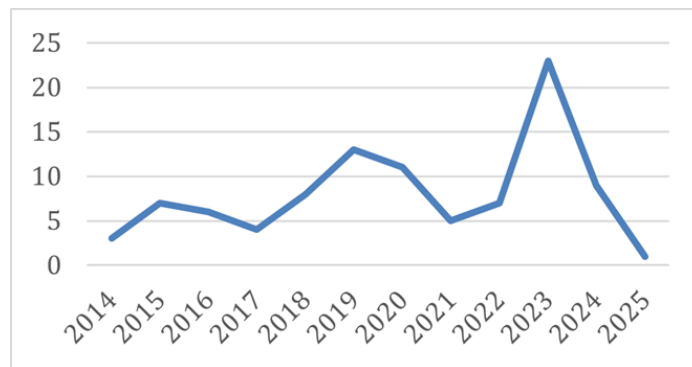


Fonte: Elaborado pelos autores

A análise temporal das publicações, apresentada na Figura 2a, evidencia que os estudos sobre reforço de alvenaria não armada concentram-se predominantemente na última década. Observa-se um crescimento progressivo da produção científica a partir de 2018, culminando em um pico no ano de 2023, com maior número de artigos publicados. Esse comportamento indica a consolidação recente do tema no meio acadêmico, associada ao avanço das técnicas de reabilitação estrutural e à ampliação das demandas por segurança e durabilidade em edificações existentes. A distribuição geográfica dos artigos, revela a predominância de países com tradição consolidada em pesquisa sobre alvenaria e engenharia estrutural. Destaca-se a Itália como

principal polo de produção científica, seguida por China, Irã e Espanha. A presença de estudos distribuídos por diferentes continentes evidencia o caráter global do tema e reforça a necessidade de soluções de reforço adaptáveis a distintos contextos construtivos, especialmente em regiões sujeitas a ações sísmicas ou degradação acelerada das edificações.

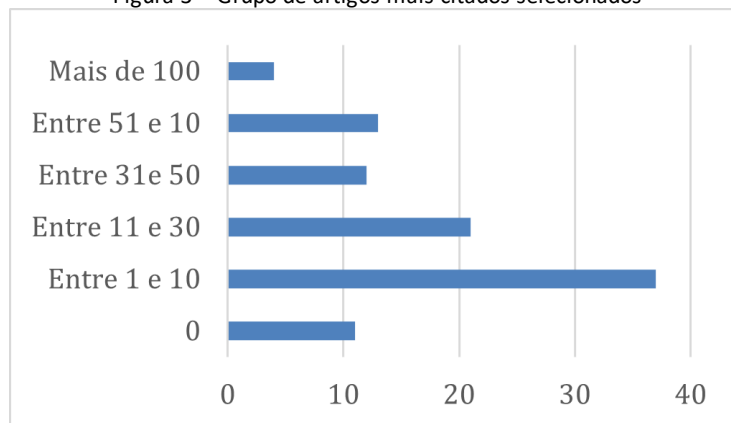
Figura 2 – Análise temporal das publicações



Fonte: Elaborado pelos autores

No que se refere aos periódicos científicos, observa-se que a maior parte das publicações está concentrada em revistas de reconhecida relevância nas áreas de engenharia civil, materiais e estruturas. O periódico *Construction and Building Materials* destaca-se como o principal veículo de divulgação, seguido pelo *Journal of Building Engineering*, *Engineering Structures* e *Structures*. Essa concentração demonstra que o tema do reforço de alvenaria não armada é tratado de forma transversal, envolvendo abordagens experimentais, analíticas e aplicadas. Por fim, a análise dos autores mais citados, apresentada na Figura 3, evidencia a influência de pesquisadores que contribuíram de maneira significativa para o avanço do conhecimento na área. Estudos desenvolvidos por Corradi et al. (2014), com 136 citações, Marcari et al. (2017), com 131 citações, e Ismail e Ingham (2016) com, 129 respectivamente apresentam elevado impacto científico, refletindo a relevância de investigações voltadas à compreensão do comportamento mecânico da alvenaria reforçada e ao desenvolvimento de sistemas de reforço eficientes e compatíveis com edificações existentes.

Figura 3 – Grupo de artigos mais citados selecionados



Fonte: Elaborado pelos autores

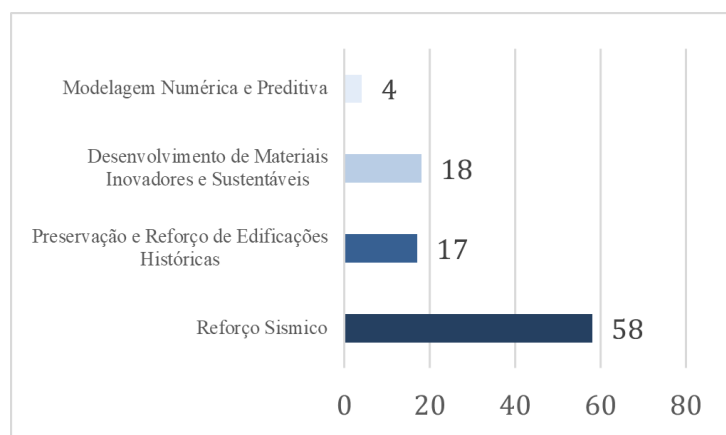
P2 – QUAIS OS PRINCIPAIS ESCOPO DOS ARTIGOS SELECIONADOS?

A análise quantitativa dos artigos incluídos nesta Revisão Sistemática da Literatura evidencia a organização das motivações de pesquisa em grupos temáticos bem definidos, conforme apresentado na Figura 4. O grupo predominante corresponde ao reforço sísmico, concentrando a maior parte dos estudos analisados. Esses trabalhos têm como objetivo principal o aprimoramento do desempenho estrutural de paredes de alvenaria não armada, com ênfase no aumento da resistência ao cisalhamento, na durabilidade e na capacidade de dissipação de energia em regiões sujeitas a ações sísmicas severas. Outro conjunto expressivo de pesquisas está relacionado à preservação e ao reforço de edificações históricas, cujo foco recai sobre a compatibilização entre o incremento da capacidade resistente e a manutenção das características arquitetônicas originais. Esses estudos priorizam soluções de reforço minimamente invasivas, alinhadas aos princípios da conservação patrimonial e à preservação da integridade estética das construções existentes.

O grupo voltado ao desenvolvimento de materiais inovadores e sustentáveis reúne investigações que buscam alternativas de reforço com menor impacto ambiental, associadas a desempenho mecânico adequado. Essas pesquisas refletem a crescente preocupação com a sustentabilidade na engenharia estrutural, destacando o uso de fibras de origem natural e sistemas de reforço com matrizes inorgânicas ou de menor pegada ambiental. Em menor proporção, os estudos relacionados à modelagem numérica e preditiva concentram-se no desenvolvimento de ferramentas computacionais capazes de simular o comportamento estrutural de alvenarias reforçadas.

Essas abordagens permitem análises prévias mais precisas e contribuem para a otimização das intervenções estruturais, reduzindo incertezas associadas ao desempenho dos sistemas de reforço. De forma conjunta, os grupos temáticos identificados evidenciam a abrangência e a relevância das pesquisas sobre reforço de alvenaria não armada, contemplando desde aplicações práticas até abordagens inovadoras e métodos avançados de análise estrutural.

Figura 4 - Principais grupos temáticos dos artigos selecionados



Fonte: Elaborado pelos autores

P3 – QUAIS FORAM OS ESTUDOS QUE APRESENTARAM GANHOS NA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO OU CISALHAMENTO?

Com o objetivo de responder à Pergunta de Pesquisa P3, a Tabela 3 sintetiza os estudos que reportaram ganhos quantitativos na resistência à compressão e ao cisalhamento de alvenarias

não armadas submetidas a diferentes técnicas de reforço. São apresentados, de forma comparativa, o grupo de técnica de reforço empregado, a tipologia predominante da alvenaria analisada, o tipo de solicitação avaliada, as faixas típicas de ganho percentual observadas, os principais mecanismos responsáveis pela melhoria do desempenho estrutural e os autores representativos de cada abordagem. Essa sistematização permite identificar tendências recorrentes, níveis de eficiência típicos e diferenças de comportamento associadas tanto ao sistema de reforço quanto ao material base da alvenaria.

Tabela 3 – Síntese dos principais ganhos de resistência mecânica e ao cisalhamento em alvenarias não armadas reforçadas

Grupo de Técnica de Reforço	Tipologia de Alvenaria Predominante	Tipo de Solicitação Avaliada	Faixa Típica de Ganho (%)	Principais Mecanismos de Melhoria	Autores	Observações Relevantes
TRM / FRCM (têxteis minerais e fibras)	Tijolo cerâmico, pedra, tufo	Cisalhamento no plano	130% a 440%	Confinamento superficial, controle da fissuração diagonal e redistribuição de tensões	Almeida et al. (2015); Angiolilli et al. (2021, 2023); Cassese et al. (2021)	Desempenho dependente da compatibilidade matriz-substrato; ganhos reduzidos em adobe
TRM / FRCM com têxtil de basalto (BTRM)	Tijolo cerâmico, pedra tufacea, adobe	Cisalhamento no plano	30% a 440%	Elevada resistência à tração do têxtil e boa aderência à matriz	Cassese et al. (2021); Marcari et al. (2017)	Alta variabilidade associada à resistência do material base
FRM (argamassa reforçada com fibras de alta ductilidade)	Prismas de alvenaria	Cisalhamento no plano	Até 620%	Aumento da ductilidade da matriz e atraso da ruptura frágil	Joo Ha Lee (2022)	Resultados elevados associados a condições específicas de ensaio
FRM aplicado fora do plano	Alvenaria de xisto	Flexão fora do plano	Até 900%	Aumento da capacidade resistente e da carga de pico	Colombo et al. (2016)	Aplicação direcionada a solicitações fora do plano
TRC (concreto reforçado com têxtil)	Prismas de alvenaria	Compressão axial	Até 85%	Confinamento parcial e melhoria da estabilidade global	Anuhya et al. (2019)	Ganhos moderados quando comparados ao cisalhamento
Reforço incorporado com aço (malhas e conectores)	Blocos cerâmicos e de concreto	Compressão axial	130% a 148%	Confinamento interno e aumento da rigidez	Oliveira et al. (2018); Sandoval et al. (2021)	Técnica mais invasiva
Sistemas híbridos (Reticolatus)	Alvenaria de pedra bruta e seixos	Cisalhamento no plano	17% a 112%	Costura estrutural e transferência direta de esforços	Borri et al. (2014)	Ganhos ampliados quando combinados com jaquetamento
Confinamento transversal metálico	Alvenaria de pedra bruta	Compressão e cisalhamento	45% a 152%	Restrição da expansão lateral e	Pinho et al. (2017);	Alta aplicabilidade

				aumento da coesão	Spinella et al. (2014)	em edificações históricas
NSM (Near-Surface Mounted) com FRP	Blocos cerâmicos	Cisalhamento no plano	28% a 325%	Ancoragem mecânica eficiente e reforço localizado	Jafari et al. (2018); Soleymani et al. (2023)	Sensível ao detalhamento e à execução
Reforço externo não aderente	URM não especificada	Cisalhamento no plano	Até 119%	Introdução de forças de pré-tensionamento	Hung et al. (2024)	Técnica recente, ainda pouco explorada
FRP orgânico (GFRP)	Tijolo maciço com argamassa de cal	Cisalhamento no plano	Até 755%	Elevada resistência à tração e boa interação com substrato compatível	Demaj et al. (2023)	Resultados associados a argamassas tradicionais

Fonte: Elaborado pelos autores

A análise dos estudos compilados na Tabela 3 evidencia que as técnicas baseadas em argamassas reforçadas com têxteis ou fibras apresentam os ganhos mais elevados e consistentes de resistência ao cisalhamento em alvenarias não armadas. Sistemas do tipo TRM e FRCM destacam-se de forma recorrente, com incrementos que variam amplamente em função do tipo de têxtil, da matriz empregada e da tipologia da alvenaria. Em alvenarias de tijolos cerâmicos e de pedra, esses sistemas alcançam frequentemente ganhos superiores a duzentos por cento, chegando a valores expressivos em configurações com têxteis de basalto, o que indica elevada eficiência no controle da fissuração diagonal e na mobilização da resistência ao cisalhamento. Entretanto, o desempenho desses sistemas não se mostra uniforme para todas as tipologias de alvenaria. Em alvenarias de adobe, por exemplo, os ganhos reportados são significativamente mais modestos, evidenciando a influência direta da baixa resistência mecânica do substrato e da limitada capacidade de transferência de tensões entre a matriz de reforço e o material base. Esse comportamento reforça a necessidade de compatibilização entre técnica de reforço e substrato, sobretudo em construções vernaculares ou em alvenarias de baixo desempenho mecânico.

Os sistemas de argamassa reforçada com fibras de alta ductilidade apresentaram os maiores incrementos pontuais de resistência ao cisalhamento, com ganhos superiores a seiscentos por cento em prismas de alvenaria. Esses resultados indicam que o aumento da ductilidade da matriz exerce papel fundamental no atraso da ruptura frágil e na redistribuição de tensões sob solicitações no plano. Contudo, tais valores elevados devem ser interpretados com cautela, considerando as condições específicas de ensaio, a escala dos corpos de prova e a representatividade estrutural dos modelos analisados. No que se refere à resistência à compressão, os ganhos observados tendem a ser mais moderados quando comparados aos resultados em cisalhamento. Técnicas baseadas em reforço incorporado com aço, confinamento transversal e sistemas híbridos apresentaram incrementos relevantes, geralmente associados ao aumento da capacidade de confinamento e à melhoria da estabilidade global da alvenaria. Esses sistemas demonstraram desempenho consistente tanto em prismas quanto em alvenarias de pedra, mostrando-se adequados para intervenções em edificações existentes nas quais a aplicação de reforços externos contínuos é limitada por restrições construtivas ou patrimoniais.

Os métodos baseados em confinamento metálico e em sistemas pré-tensionados apresentaram ganhos variáveis, porém significativos, tanto em compressão quanto em cisalhamento. A variabilidade dos resultados está associada a fatores como geometria da alvenaria, grau de coerência do material e eficiência da ancoragem dos elementos de confinamento. Ainda assim, esses sistemas se mostram particularmente relevantes para aplicações em edificações históricas, em razão de sua reversibilidade e do reduzido impacto visual.

De forma geral, os resultados indicam que os maiores ganhos percentuais estão associados às solicitações de cisalhamento, especialmente em sistemas de reforço externo contínuo ou semi-contínuo, enquanto os ganhos em compressão tendem a ser mais limitados e fortemente dependentes de mecanismos de confinamento. Assim, a Tabela 3 evidencia que a escolha da técnica de reforço deve considerar não apenas o nível de ganho desejado, mas também a tipologia da alvenaria, o modo de solicitação predominante e as restrições construtivas, funcionais e patrimoniais da edificação.

P4 – QUAIS FORAM AS LIMITAÇÕES ENCONTRADAS NOS SISTEMAS DE REFORÇOS ANALISADOS?

Com vistas a responder à Pergunta de Pesquisa P4, a Tabela 4 sintetiza as principais limitações e dificuldades reportadas nos sistemas de reforço analisados, conforme descrito nos estudos selecionados. As limitações foram organizadas por grupo de técnica, destacando aspectos relacionados ao comportamento mecânico, à durabilidade, à compatibilidade com o substrato, às condições de execução e à aplicabilidade em edificações existentes, com ênfase em alvenarias não armadas e construções históricas.

Tabela 4 - Síntese das limitações dos sistemas de reforço em alvenaria não armada

Técnica de Reforço	Limitações Principais	Natureza da Limitação	Autores
FRP com matriz epóxi	Irreversibilidade, incompatibilidade com alvenaria histórica, falha frágil por descolamento	Compatibilidade e mecânica	Corradi et al. (2014); De Santis et al. (2019)
TRM / FRCM	Variabilidade de desempenho e falha por deslizamento das fibras	Execução e interface	Corradi et al. (2014); Bertolesi et al. (2020); Jafarian et al. (2024)
Reforço com aço	Aumento de massa, risco de corrosão e comportamento frágil	Dinâmica e durabilidade	Messali et al. (2017); Borri et al. (2014); Ranjan et al. (2023)
NSM	Dependência de adesivos epóxi e comportamento assimétrico	Execução e mecânica global	Al-Jaberi e Myers (2015); Jafarian et al. (2024)
Fibras naturais	Baixa durabilidade e resistência mecânica	Material e durabilidade	Ferrara et al. (2020); Cassese et al. (2021)
Injeção e reparos	Ineficácia em alvenarias históricas não injetáveis	Compatibilidade	Rogiros Illampas et al. (2017)

Fonte: Elaborado pelos autores

A análise dos estudos evidencia que nenhuma técnica de reforço se apresenta isenta de limitações, sendo estas fortemente condicionadas pela compatibilidade com o substrato, pelo modo de aplicação e pelo contexto estrutural da edificação. Nos sistemas à base de FRP com matriz epóxi, as principais restrições estão associadas à irreversibilidade da intervenção, à incompatibilidade química com alvenarias históricas e à sensibilidade ambiental do adesivo, fatores que limitam sua aplicação em cenários de conservação patrimonial e em ambientes sujeitos a variações térmicas ou elevada umidade. Os sistemas TRM e FRCM, embora amplamente reconhecidos por sua compatibilidade com substratos históricos, apresentam limitações relacionadas à variabilidade de desempenho e à ocorrência de falhas prematuras por deslizamento das fibras ou descolamento na interface matriz-substrato. Adicionalmente, a dependência de procedimentos predominantemente manuais de instalação e as incertezas quanto à real eficácia dos conectores mecânicos introduzem desafios à padronização, à repetibilidade dos resultados e ao dimensionamento desses sistemas, especialmente quando aplicados em superfícies extensas.

No caso dos reforços com aço, as principais limitações decorrem do aumento de massa e rigidez da estrutura, o que pode resultar em efeitos adversos sob ações sísmicas. A suscetibilidade à corrosão e a possibilidade de comportamento frágil em determinados modos de falha também constituem fatores críticos, sobretudo em ambientes agressivos ou em intervenções com horizonte de longo prazo. Técnicas do tipo NSM compartilham algumas restrições dos sistemas FRP, particularmente quando utilizam adesivos epóxi, além de apresentarem comportamento estrutural assimétrico quando aplicadas de forma unilateral. As soluções baseadas em fibras naturais destacam-se por limitações relacionadas à durabilidade e à resistência mecânica, especialmente quando empregadas em matrizes cimentícias alcalinas, o que restringe sua aplicação a contextos específicos ou exige o uso de matrizes alternativas. Por fim, métodos tradicionais de reparo, como a injeção de grout, mostram-se ineficazes ou potencialmente prejudiciais em determinadas tipologias de alvenaria histórica, reforçando a necessidade de avaliação criteriosa da compatibilidade entre técnica de intervenção e material base. De forma geral, os resultados indicam que as limitações dos sistemas de reforço não estão associadas exclusivamente ao desempenho mecânico, mas também a aspectos construtivos, ambientais e patrimoniais. Esses achados evidenciam a importância de uma abordagem integrada na seleção das técnicas de intervenção em alvenarias não armadas, considerando simultaneamente eficiência estrutural, durabilidade, compatibilidade e contexto de aplicação

P-5: COMO OS GANHOS DE RESISTÊNCIA MECÂNICA SE RELACIONAM COM AS LIMITAÇÕES TÉCNICAS DOS DIFERENTES SISTEMAS DE REFORÇO ANALISADOS?

A análise dos estudos indica que os sistemas de reforço em alvenarias não armadas apresentam uma relação de compromisso entre o nível de ganho mecânico alcançado e as limitações técnicas associadas à sua aplicação. De modo geral, observa-se que técnicas capazes de proporcionar incrementos mais elevados de resistência tendem a impor maiores restrições quanto à compatibilidade construtiva, durabilidade e reversibilidade, enquanto soluções com ganhos moderados apresentam maior adequação a contextos de reabilitação e preservação patrimonial.

Nesse sentido, os sistemas à base de polímeros reforçados com fibras destacam-se pelos elevados incrementos resistentes, porém sua aplicação é frequentemente condicionada por limitações relacionadas ao comportamento higrotérmico, à irreversibilidade da intervenção e à incompatibilidade com alvenarias históricas (ElMalyh et al., 2020; Bernat-Masó et al., 2019). Esses aspectos restringem sua utilização em edificações existentes, sobretudo quando há exigências de conservação do desempenho físico-químico do substrato. Por outro lado, os sistemas TRM e FRCM apresentam um equilíbrio mais favorável entre desempenho estrutural e compatibilidade técnica. Embora não atinjam, em todos os casos, os máximos ganhos observados em sistemas poliméricos, essas soluções combinam incrementos mecânicos relevantes com maior permeabilidade ao vapor e melhor interação com o substrato, o que explica sua recorrente adoção em edificações históricas (Babaeidarabad et al. 2014; Ismail e Ingham, 2016; Torres et al., 2021).

Técnicas intermediárias, como os sistemas do tipo Near-Surface Mounted e o confinamento metálico, situam-se em uma faixa de compromisso entre eficiência e invasividade. Esses métodos apresentam ganhos mecânicos consistentes e impacto visual reduzido, porém sua eficácia é fortemente dependente da qualidade de execução e das condições do substrato, além de estarem associados a riscos localizados, como danos às unidades de alvenaria. As soluções baseadas em fibras naturais e em materiais de alta ductilidade evidenciam que incrementos mecânicos mais limitados podem ser compensados por benefícios associados à sustentabilidade e à melhoria do comportamento pós-pico. No entanto, questões relacionadas à durabilidade e à estabilidade a longo prazo ainda condicionam sua aplicação a contextos específicos ou experimentais (Menna et al., 2015; Ferrara et al., 2020). Por fim, sistemas altamente invasivos, como painéis pré-moldados, demonstram que os maiores ganhos resistentes são alcançados à custa de alterações substanciais no sistema estrutural original, aumento de massa e elevados custos construtivos, sendo indicados apenas para cenários em que o risco estrutural justifica intervenções dessa magnitude (Xu et al., 2022).

Os resultados desta análise integrada indicam que, para o contexto dos prédios do tipo caixão da Região Metropolitana do Recife, os sistemas de reforço mais adequados são aqueles que apresentam equilíbrio entre ganhos de resistência mecânica e limitações técnicas, evitando soluções excessivamente invasivas ou incompatíveis com o comportamento da alvenaria. Nesse cenário, destacam-se os sistemas baseados em matrizes inorgânicas, como TRM e FRCM, as estratégias de confinamento metálico controlado e os reforços do tipo NSM (Near-Surface Mounted). Esses sistemas demonstram capacidade de promover incrementos relevantes de resistência ao cisalhamento e melhorias no comportamento pós-pico, associados a maior compatibilidade construtiva, impacto visual reduzido e viabilidade de aplicação em edificações existentes. Em contrapartida, soluções que priorizam ganhos resistentes máximos, como sistemas poliméricos com matriz epóxi ou intervenções estruturais altamente invasivas, tendem a apresentar restrições significativas quanto à durabilidade, à execução e à adequação ao substrato, podendo ser menos indicadas para esse tipo de edificação. Assim, os resultados desta Revisão Sistemática reforçam que a seleção do sistema de reforço deve privilegiar técnicas que conciliem desempenho mecânico, viabilidade construtiva e compatibilidade com a alvenaria não armada, em detrimento de soluções que maximizem exclusivamente o ganho resistente.

CONCLUSÃO

Esta Revisão Sistemática da Literatura analisou de forma crítica os principais sistemas de reforço aplicados a alvenarias não armadas, evidenciando o avanço recente das pesquisas e a relevância do tema no contexto da reabilitação estrutural. Os resultados indicam que os maiores incrementos de resistência mecânica se concentram, predominantemente, em solicitações de cisalhamento, sendo obtidos por diferentes estratégias de reforço externo.

Verificou-se que técnicas associadas a elevados ganhos resistentes, como sistemas poliméricos e soluções altamente invasivas, apresentam limitações técnicas relevantes relacionadas à durabilidade, compatibilidade construtiva e reversibilidade, o que restringe sua aplicação em edificações existentes. Em contrapartida, sistemas baseados em matrizes inorgânicas, como TRM e FRCM, bem como reforços do tipo NSM e estratégias de confinamento controlado, demonstraram uma relação mais equilibrada entre desempenho mecânico e limitações técnicas, apresentando maior adequação para intervenções em alvenarias não armadas.

A análise integrada reforça que não existe uma solução universalmente superior, sendo a seleção do sistema de reforço dependente da tipologia da alvenaria, do modo de solicitação predominante e das restrições construtivas da edificação. No contexto dos prédios do tipo caixão da Região Metropolitana do Recife, os resultados desta revisão indicam que técnicas com maior compatibilidade construtiva e menor nível de invasividade tendem a ser mais coerentes do ponto de vista técnico, desde que fundamentadas em diagnóstico adequado e critérios de projeto compatíveis.

REFERÊNCIAS

- ALJABERI, Z.; MYERS, J. J. Influence of Near-Surface Mounted (NSM) FRP with cementitious material on the Out-of-Plane Behavior of Reinforced Masonry Walls. **8th International Structural Engineering and Construction Conference** 1 jan. 2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.1348.9363
- ALMEIDA, J. A. P. P.; PEREIRA, E. B.; BARROS, J. A. O. Assessment of overlay masonry strengthening system under in-plane monotonic and cyclic loading using the diagonal tensile test. **Construction and Building Materials**, v. 94, p. 851–865, 24 jul. 2015. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.07.040
- ANGIOLILLI, M. et al. Fiber Reinforced Cementitious Matrix (FRCM) for strengthening historical stone masonry structures: Experiments and computations. **Engineering Structures**, v. 224, p. 111102, dez. 2020. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111102
- ANGIOLILLI, M.; GREGORI, A.; CATTARI, S. Performance of Fiber Reinforced Mortar coating for irregular stone masonry: Experimental and analytical investigations. **Construction and Building Materials**, v. 294, p. 123508, ago. 2021. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.123508
- BABAEIDARABAD, R. et al. Seismic retrofit of URM-infilled RC frames by the steel-jacketed hybrid walls. **Engineering Structures**, v. 291, p. 116438, set. 2023. DOI: 10.1016/j.engstruct.2023.116438
- BERNAT-MASÓ, E.; GIL, L. Assessing the performance of CFRP strengthening on masonry walls using experimental modal analysis. **Engineering Structures**, v. 193, p. 184–193, 17 maio 2019. DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.05.036

BERTOLESI, E. et al. Effectiveness of textile reinforced mortar (TRM) materials in preventing seismic-induced damage in a U-shaped masonry structure submitted to pseudo-dynamic excitations. **Construction and Building Materials**, v. 248, p. 118532, jul. 2020. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.118532

BITAR, R. et al. Strengthening unreinforced masonry walls using natural hemp fibers. **Journal of Building Engineering**, v. 30, p. 101253, jul. 2020. DOI: 10.1016/j.jobbe.2020.101253

BORRI, A. et al. Masonry wall panels with GFRP and steel-cord strengthening subjected to cyclic shear: An experimental study. **Construction and Building Materials**, v. 56, p. 63–73, abr. 2014. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.01.056

ANUHYA, C. L. et al. Compression behaviour of brick masonry strengthened with Textile Reinforced Concrete (TRC) – A preliminary study. **IOP Conference Series Materials Science and Engineering**, v. 577, n. 1, p. 012053–012053, 1 nov. 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/577/1/012053

CAROZZI, F. G. et al. Ancient masonry arches and vaults strengthened with TRM, SRG and FRP composites: Experimental evaluation. **Composite Structures**, v. 187, p. 466–480, mar. 2018. DOI: 10.1016/j.compstruct.2017.12.075

CASSESE, P. et al. In-plane shear behaviour of adobe masonry wallets strengthened with textile reinforced mortar. **Construction and building materials**, v. 306, p. 124832–124832, 1 nov. 2021. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.124832

CASTRO, A. A. B. DA C. et al. Morphological Aspects and Quality of Urban Life. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 12, n. 85, 27 jun. 2024. DOI: 10.17271/23188472128520244213

COLOMBO, M. et al. Fibre reinforced mortar application for out-of-plane strengthening of schist walls. **Construction and Building Materials**, v. 121, p. 185–197, set. 2016. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.05.158

CORRADI, M. et al. Shear strengthening of wall panels through jacketing with cement mortar reinforced by GFRP grids. **Composites Part B: Engineering**, v. 64, p. 33–42, ago. 2014. DOI: 10.1016/j.compositesb.2014.03.022

DE SANTIS, S. et al. Out-of-plane seismic retrofitting of masonry walls with Textile Reinforced Mortar composites. **Bulletin of Earthquake Engineering**, v. 17, n. 11, p. 6265–6300, 9 set. 2019. DOI: 10.1007/s10518-019-00701-5

DE SANTIS, S. et al. Seismic performance of masonry walls retrofitted with steel reinforced grout. **Earthquake Engineering & Structural Dynamics**, v. 45, n. 2, p. 229–251, 16 set. 2015. DOI: 10.1002/eqe.2625

DEMAJ, A. et al. Shear performance of brick masonry walls reinforced with twisted steel bars. **Structures**, v. 58, p. 105579, dez. 2023. DOI: 10.1016/j.istruc.2023.105579

DINÇ-ŞENGÖNÜL, B. et al. Behavior of grout injected solid stone masonry walls under in-plane loading. **Structures**, v. 58, p. 105411, dez. 2023. DOI: 10.1016/j.istruc.2023.105411

DONG, Z. et al. Strengthening of unreinforced masonry walls against out-of-plane loads using carbon textile reinforced mortar optimized by short PVA fibers. **Engineering Structures**, v. 227, p. 111433–111433, 1 nov. 2020. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111433

ELMALYH, S. et al. Shear Strength of Unreinforced Masonry Walls Retrofitted with CFRP. **Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal**, v. 5, n. 2, p. 351–359, 2020. DOI: 10.25046/aj050246

FERRARA, G. et al. Shear capacity of masonry walls externally strengthened using Flax-TRM composite systems: experimental tests and comparative assessment. **Construction and Building Materials**, v. 261, p. 120490, nov. 2020. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120490

FOLHA DE PERNAMBUCO. *Prédios tipo caixaão e desabamentos no Recife*. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/predios-caixao-desabamento/409450>. Acesso em: 9 jan. 2025.

GATTESCO, N.; BOEM, I. Experimental and analytical study to evaluate the effectiveness of an in-plane reinforcement for masonry walls using GFRP meshes. **Construction and Building Materials**, v. 88, p. 94–104, jul. 2015. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.04.014

GONEN, S. et al. Stochastic discontinuum analysis of unreinforced masonry walls: Lateral capacity and performance assessments. **Engineering Structures**, v. 238, p. 112175, jul. 2021. DOI: 10.1016/j.engstruct.2021.112175

HABIEB, A. B. et al. Seismic Retrofitting of Indonesian Masonry Using Bamboo Strips: An Experimental Study. **Buildings**, v. 13, n. 4, p. 854, 24 mar. 2023. DOI: 10.3390/buildings13040854

HUNG, C.-C. et al. Comparative studies on in-plane shear behavior of masonry wallettes retrofitted with mortar, UHPC, and ECC ferrocement: Shotcrete and prefabricated panels. **Case Studies in Construction Materials**, v. 21, p. e03801–e03801, 27 set. 2024. DOI: 10.1016/j.cscm.2024.e03801

ISMAIL, N.; INGHAM, J. M. In-plane and out-of-plane testing of unreinforced masonry walls strengthened using polymer textile reinforced mortar. **Engineering Structures**, v. 118, p. 167–177, jul. 2016. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.03.041

JAFARI, A. et al. Effect of the FRP sheet's arrays and NSM FRP bars on in-plane behavior of URM walls. **Journal of Building Engineering**, v. 20, p. 679–695, 20 set. 2018. DOI: 10.1016/j.jobbe.2018.09.018

JAFARIAN, S. et al. Performance of low-carbon textile-reinforced mortar: Out-of-plane response of strengthened masonry walls. **Construction and Building Materials**, v. 415, p. 134904, fev. 2024. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.134904

JOO HA LEE. Compressive and Shear Behavior of Masonry Reinforced with Ultra-Rapid-Hardening Fiber-Reinforced Mortar (URH-FRM). **Materials**, v. 15, n. 24, p. 8825–8825, 10 dez. 2022. DOI: 10.3390/ma15248825

KAFODYA, I.; OKONTA, F.; KLOUKINAS, P. Role of fiber inclusion in adobe masonry construction. **Journal of Building Engineering**, v. 26, p. 100904, nov. 2019. DOI: 10.1016/j.jobbe.2019.100904

KOURIS, L. A. S.; TRIANTAFILLOU, T. C. State-of-the-art on strengthening of masonry structures with textile reinforced mortar (TRM). **Construction and Building Materials**, v. 188, p. 1221–1233, nov. 2018. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.08.039

LOURENÇO, P. B. Monuments and Historic Buildings: Monuments and Historic Buildings: Earthquakes and Structural Engineering. **World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering**, abr. 2022. DOI: 10.11159/icsect22.002

MARCARI, G.; BASILI, M.; VESTRONI, F. Experimental investigation of tuff masonry panels reinforced with surface bonded basalt textile-reinforced mortar. **Composites Part B: Engineering**, v. 108, p. 131–142, jan. 2017. DOI: 10.1016/j.compositesb.2016.09.094

MÉLO, Mauro José Araújo Campelo de. Análise de laudos emitidos sobre "prédios tipo caixaão" da região metropolitana de Recife : causas apontadas para os desabamentos e interdições. 2007. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - **Universidade Católica de Pernambuco**, Recife, 2007.

MESSALI, F.; METELLI, G.; PLIZZARI, G. Experimental results on the retrofitting of hollow brick masonry walls with reinforced high performance mortar coatings. **Construction and Building Materials**, v. 141, p. 619–630, jun. 2017. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.03.112

MEZREA, P. E. et al. Diagonal tensile tests on historical brick masonry wallets strengthened with fabric reinforced cementitious mortar. **Structures**, v. 33, p. 935–946, out. 2021. DOI: 10.1016/j.istruc.2021.04.076

MIRABI BANADAKI, H.; ESLAMI, A.; RONAGH, H. Near-surface-mounted retrofitting of damaged/undamaged adobe walls using steel bars: Analytical evaluation of experimental results. **Structures**, v. 28, p. 2111–2121, dez. 2020. DOI: 10.1016/j.istruc.2020.10.020

OLIVEIRA, R. A. et al. Structural performance of unreinforced masonry elements made with concrete and horizontally perforated ceramic blocks – Laboratory tests. **Construction and Building Materials**, v. 182, p. 20–34, set. 2018. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.06.092

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *British Medical Journal*, v. 372, n. 71, 2021.

PINHO, F. F. S.; LÚCIO, V. J. G.; BAIÃO, M. F. C. Experimental analysis of rubble stone masonry walls strengthened by transverse confinement under compression and compression-shear loadings. **International Journal of Architectural Heritage**, v. 12, n. 1, p. 91–113, 20 nov. 2017. DOI: 10.1080/15583058.2017.1377314

PRECIADO, A. et al. Seismic damage and retrofitting identification in unreinforced masonry Churches and bell towers by the september 19, 2017 (Mw = 7.1) Puebla-Morelos earthquake. **Engineering Failure Analysis**, v. 118, p. 104924, dez. 2020. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2020.104924

RANJAN, N. et al. Exploring applicability of recycled nylon fiber reinforced mortar in joints and plaster to enhance the bond strength, in-plane and out-of-plane capacity of masonry structures. **Journal of Building Engineering**, v. 72, p. 106744, ago. 2023. DOI: 10.1016/j.jobbe.2023.106744

RAO, K. S. N.; PAVAN, G. S. FRP-Confined Clay Brick Masonry Assemblages under Axial Compression: Experimental and Analytical Investigations. **Journal of Composites for Construction**, v. 19, n. 4, p. 04014068, ago. 2015. DOI: 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000525

ROGIROS ILLAMPAS et al. Validation of the repair effectiveness of clay-based grout injections by lateral load testing of an adobe model building. **Construction and Building Materials**, v. 153, p. 174–184, 17 jul. 2017. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.054

SANDOVAL, O. J. et al. Performance of unreinforced masonry panels strengthened with mortar overlays reinforced with welded wire mesh and transverse connectors. **Construction and Building Materials**, v. 267, p. 121054–121054, 14 out. 2020. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121054

SILVA, L. F. C. DA et al. Sistema de Indicadores de Sustentabilidade Urbana para Pequenas Cidades. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 12, n. 87, 26 dez. 2024. DOI: 10.17271/23188472128720245181

SOLEYMANI, A. et al. In-plane shear strengthening of traditional unreinforced masonry walls with near surface mounted GFRP bars. **Construction and Building Materials**, v. 367, p. 130362, fev. 2023. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2023.130362

SPINELLA, N.; COLAJANNI, P.; RECUPERO, A. Experimental in situ behaviour of unreinforced masonry elements retrofitted by pre-tensioned stainless steel ribbons. **Construction and Building Materials**, v. 73, p. 740–753, 1 dez. 2014. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.09.116

THOMOGLU, A. K.; P. JAGADESH; VOUTETAKI, M. E. Review of Out-of-Plane Strengthening Techniques of Unreinforced Masonry Walls. **Fibers**, v. 11, n. 9, p. 78–78, 19 set. 2023. DOI: 10.3390/fib11090078

TORRES, B. et al. Textile reinforced mortars (TRM) for repairing and retrofitting masonry walls subjected to in-plane cyclic loads. An experimental approach. **Engineering Structures**, v. 231, p. 111742, mar. 2021. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111742

XU, W. et al. Experimental and numerical investigation on the seismic performance of masonry walls reinforced by PC panels. **Journal of Building Engineering**, v. 58, p. 105049–105049, 6 ago. 2022. DOI: 10.1016/j.jobbe.2022.105049

YARDIM, Y.; LALAJ, O. Shear strengthening of unreinforced masonry wall with different fiber reinforced mortar jacketing. **Construction and Building Materials**, v. 102, p. 149–154, jan. 2016. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.10.095

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Ao descrever a participação de cada autor no manuscrito, utilize os seguintes critérios:

- **Concepção e Design do Estudo:** Isaac Sérgio Araújo de Brito
- **Curadoria de Dados:** Isaac Sérgio Araújo de Brito; Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani.
- **Análise Formal:** Isaac Sérgio Araújo de Brito.
- **Aquisição de Financiamento:** FACEPE - Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco.
- **Investigação:** Isaac Sérgio Araújo de Brito; Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani.
- **Metodologia:** Isaac Sérgio Araújo de Brito; Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani.
- **Redação - Rascunho Inicial:** Isaac Sérgio Araújo de Brito.
- **Redação - Revisão Crítica:** Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani; Victor Marcelo Estolano de Lima; Tiago Ancelmo de C. Pires.
- **Revisão e Edição Final:** Isaac Sérgio Araújo de Brito
- **Supervisão:** Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani; Victor Marcelo Estolano de Lima; Tiago Ancelmo de C. Pires.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, **Isaac Sérgio Araújo de Brito, Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani; Victor Marcelo Estolano de Lima; Tiago Ancelmo de C. Pires** declaramos que o manuscrito intitulado **“Reforço de alvenarias não armadas: uma revisão sistemática dos ganhos mecânicos e das limitações dos sistemas de reforço”**:

1. **Vínculos Financeiros:** Não possui/possui vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou interpretação do trabalho. Este trabalho foi financiado pela FACEPE - Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco.
 2. **Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados. Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida.
 3. **Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito. Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado
-