

## TÉCNICAS DE REFORÇO COM GFRP APLICADAS À REABILITAÇÃO DE PRÉDIOS DO TIPO CAIXÃO

ISAAC SÉRGIO ARAÚJO DE BRITO<sup>1\*</sup>, LIA RAFAEL DOS SANTOS<sup>2</sup>; EMILIA HAMMENHAY KOLHMAN RABBANI<sup>3</sup>, TIAGO ANCELMO DE CARVALHO PIRES DE OLIVEIRA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Civil, Mestrando em Construção Civil, UPE, Recife-PE, isab@poli.br;

<sup>2</sup>Arquiteta e Urbanista, USP, São Paulo - SP, santos.lia64@gmail.com;

<sup>3</sup>Dr. em Engenharia Civil, Prof. Titular POLI, UPE, Recife-PE, emilia.rabbani@upe.br;

<sup>4</sup>Dr. em Engenharia Civil, Prof. Titular PPGEC, UFPE, Recife-PE, tiago.poliveira@ufpe.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
06 a 09 de outubro de 2025

**RESUMO:** Prédios do tipo caixão representam uma tipologia construtiva amplamente utilizada em programas habitacionais na Região Metropolitana do Recife, caracterizada pela ausência de elementos estruturais independentes e pelo uso das alvenarias como componentes portantes. Contudo, essas edificações apresentam recorrentes manifestações patológicas e limitada resistência estrutural, principalmente em relação aos esforços de tração e cisalhamento. Neste contexto, este estudo investigou o desempenho de reforços estruturais aplicados a painéis de alvenaria representativos desse sistema construtivo, com destaque para a técnica de reforço com telas de GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) incorporadas à argamassa. Foram confeccionados painéis com dimensões de 600 × 1000 × 150 mm, em três configurações: sem reforço (A), com revestimento argamassado de 20 mm (AR) e com tela de GFRP embutida (AT). Os ensaios de compressão simples foram realizados em prensa hidráulica vertical, e os resultados analisados a partir da mediana dos valores obtidos. Os painéis reforçados com tela de GFRP apresentaram carga máxima de 131,91 e ganho de 119,85% após o primeiro fissuramento, demonstrando desempenho superior em relação aos demais sistemas. A técnica revelou-se eficiente em promover incremento de resistência, comportamento mais dúctil e maior estabilidade pós-fissura, sendo uma alternativa promissora para reabilitação estrutural de alvenarias degradadas em edificações do tipo caixão.

**PALAVRAS-CHAVE:** GFRP, reforço estrutural, alvenaria resistente, prédio tipo caixão

## TÉCNICAS DE REFORÇO COM GFRP APLICADAS À REABILITAÇÃO DE PRÉDIOS DO TIPO CAIXÃO

**ABSTRACT:** Box-type buildings represent a construction typology widely used in housing programs in the Metropolitan Region of Recife, characterized by the absence of independent structural elements and the use of masonry walls as load-bearing components. However, these structures often present pathological manifestations and limited structural capacity, especially regarding tensile and shear stresses. In this context, the present study investigated the performance of structural reinforcements applied to masonry panels representative of this construction system, with emphasis on the use of GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) meshes embedded in mortar. Panels measuring 600 × 1000 × 150 mm were produced in three configurations: unreinforced (A), coated with a 20 mm mortar layer (AR), and reinforced with embedded GFRP mesh (AT). Simple compression tests were carried out using a vertical hydraulic press, and the results were analyzed based on the median values obtained. The panels reinforced with GFRP mesh reached a maximum load of 131.91 kN and showed a 119.85% gain after the first crack, demonstrating superior performance compared to the other systems. The technique proved effective in increasing strength, improving ductility, and ensuring greater post-cracking stability, presenting itself as a promising alternative for the structural rehabilitation of degraded masonry in box-type buildings.

**KEYWORDS:** GFRP, structural reinforcement, load-bearing masonry, box-type building

## INTRODUÇÃO

As edificações conhecidas como prédios do tipo caixão representam uma tipologia construtiva amplamente adotada no Brasil, especialmente em programas habitacionais promovidos entre as décadas de 1960 e 1990. Tais estruturas, caracterizadas pela inexistência de pilares e vigas independentes, utilizam alvenarias resistentes como elementos estruturais integrados a lajes e paredes em arranjo monolítico. Na Região Metropolitana do Recife (RMR), essa solução construtiva foi aplicada em larga escala para atender à crescente demanda por habitação social. No entanto, décadas após sua implantação, essas edificações apresentam manifestações patológicas recorrentes como fissuras, destacamentos e recalques diferenciais relacionadas à ausência de armaduras, baixa qualidade dos materiais empregados e limitações do sistema construtivo frente a esforços não previstos em projeto (Barbosa et al., 2015; Silva & Soares, 2019; Melo et al., 2021). A vulnerabilidade estrutural desses prédios é acentuada pela limitada resistência das alvenarias à tração e ao cisalhamento, o que compromete seu desempenho sob ações sísmicas, ventos extremos ou sobrecargas acidentais. Essa condição impõe desafios à manutenção e reabilitação dessas construções, demandando soluções que associem eficiência estrutural, compatibilidade com os materiais existentes e facilidade de execução.

Nesse contexto, o uso de materiais compósitos, em especial os polímeros reforçados com fibras de vidro (GFRP – *Glass Fiber Reinforced Polymer*), surge como alternativa promissora para o reforço de alvenarias não armadas. Dentre as técnicas de aplicação, destaca-se o uso de telas de GFRP incorporadas em argamassas de revestimento (*Textile Reinforced Mortar* – TRM), que proporciona reforço distribuído e aumento significativo da capacidade resistente das paredes. Essa abordagem tem sido validada em diferentes estudos experimentais, os quais apontam ganhos de até 150% na resistência ao cisalhamento e melhorias substanciais na ductilidade e na estabilidade pós-fissuração. Nesse contexto, o uso de materiais compósitos, em especial os polímeros reforçados com fibras de vidro (GFRP – *Glass Fiber Reinforced Polymer*), surge como alternativa promissora para o reforço de alvenarias não armadas. Dentre as técnicas de aplicação, destaca-se o uso de telas de GFRP incorporadas em argamassas de revestimento (*Textile Reinforced Mortar* – TRM), que proporciona reforço distribuído e aumento significativo da capacidade resistente das paredes. Essa abordagem tem sido validada em diferentes estudos experimentais, os quais apontam ganhos de até 150% na resistência ao cisalhamento e melhorias substanciais na ductilidade e na estabilidade pós-fissuração (Aref & Jung, 2020; Ali et al., 2022; De Santis et al., 2017).

Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo apresentar os resultados de um estudo experimental envolvendo a aplicação de telas de GFRP em painéis representativos de alvenarias estruturais típicas de prédios do tipo caixão, analisando os ganhos mecânicos obtidos e discutindo a viabilidade técnica da técnica no contexto da reabilitação de edificações habitacionais na RMR.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para simular o comportamento estrutural das alvenarias resistentes presentes em prédios do tipo caixão, foram confeccionados painéis prismáticos com dimensões de 600 mm × 1000 mm × 150 mm, utilizando blocos cerâmicos estruturais assentados com argamassa industrializada. A escolha dessa geometria baseou-se em referências experimentais anteriores, adaptadas à realidade construtiva predominante na Região Metropolitana do Recife. Essa abordagem metodológica encontra respaldo em estudos como os de De Santis et al. (2017) e Ali et al. (2022), que utilizaram painéis de escala reduzida para avaliação do desempenho de reforços em alvenarias com compósitos TRM (*Textile Reinforced Mortar*) com telas de GFRP.

Foram analisadas três configurações distintas: o painel de referência, sem qualquer reforço (A); o painel com aplicação de revestimento argamassado de 20 mm de espessura (AR); e o painel com reforço à base de tela de GFRP incorporada à argamassa (AT). Cada configuração foi executada em triplicata, totalizando nove amostras. Os resultados obtidos foram avaliados por meio de medidas de tendência central, como média e mediana, análise de variância e comparações diretas entre os grupos, visando identificar os ganhos proporcionados por cada técnica de reforço.

A técnica empregada na configuração AT (Figura 1) envolveu, inicialmente, a limpeza das faces das alvenarias com escova metálica e hidrojato a leve pressão, garantindo condições ideais de aderência. Em seguida, foi aplicada a tela de GFRP, com malha de 200 × 200 mm, previamente cortada para cobrir toda a área de interesse, assentada com o auxílio de adesivo epóxi de média fluidez. Após o assentamento da tela, foi aplicada uma camada de chapisco e aguardou a cura para ser aplicado o emboço e reboco totalizando na espessura de 20mm no revestimento argamassado. O processo de cura foi conduzido ao longo de sete dias, com aspersão periódica de água a cada 12 horas, visando garantir o desempenho mecânico adequado da argamassa e a aderência entre os componentes do reforço.

Figura 1. Processo de reforço das alvenarias com o uso de telas de fibra de vidro.



Os ensaios de compressão simples foram conduzidos no Laboratório de Materiais e Estruturas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), utilizando uma prensa hidráulica vertical do tipo universal, fabricada pela VEB Werkstoffprüfmaschinen Leipzig (série nº 26517, ano 1970), com capacidade de até 300 kgf/cm<sup>2</sup>. Os painéis foram posicionados verticalmente e submetidos à aplicação de carga axial centrada de forma contínua até a ruptura. Durante os ensaios, foram registrados os valores da carga inicial de fissuração, carga máxima e os modos de ruptura. O monitoramento foi realizado com célula de carga e inspeção visual em tempo real, permitindo identificar a evolução das fissuras e comparar o desempenho estrutural entre os painéis sem reforço, com revestimento argamassado e com tela de GFRP incorporada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados experimentais revelou diferenças significativas no desempenho estrutural entre as configurações avaliadas: painel sem reforço (A), painel com revestimento argamassado de 20 mm (AR) e painel com tela de GFRP incorporada à argamassa (AT). Para efeito de análise comparativa, o painel AR foi adotado como parâmetro de referência para avaliação do ganho específico promovido pela adição da tela GFRP, já que ambas as configurações compartilham a mesma espessura de revestimento. A tabela 1 apresenta os valores de carga de fissuramento, carga máxima e o ganho percentual após a primeira fissura:

Tabela 1. Análise comparativa das amostras medianas

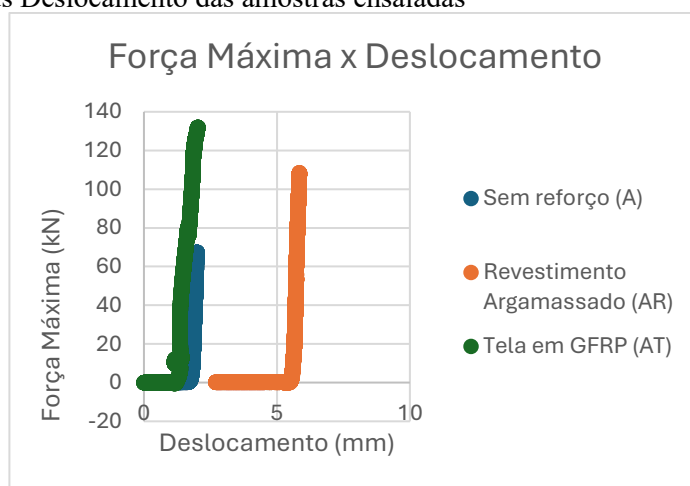
Amostra	Carga de Fissuramento (kN)	Carga Máxima (kN)	Aumento após 1º Fissura (%)
Sem reforço (A)	50	62,04	24,08
Revestida 20mm (AR)	94,16	108,42	15,14
Telas de GFRP (AT)	60	131,91	119,85

Apesar de a amostra AR apresentar o maior valor de carga de fissuramento (94,16 kN) atribuído à rigidez do revestimento argamassado, o comportamento após a fissuração foi limitado, com ganho de apenas 15,14% até a carga máxima (108,42 kN). Isso revela que, embora o revestimento convencional atue como um reforço inicial, sua capacidade de redistribuir tensões após o surgimento das trincas é restrita, promovendo uma ruptura relativamente abrupta, como evidenciado no gráfico Força × Deslocamento (Figura 3). Por outro lado, a inserção da tela de GFRP no sistema AT, mantendo as mesmas condições de revestimento do AR, produziu um aumento substancial na capacidade resistente.

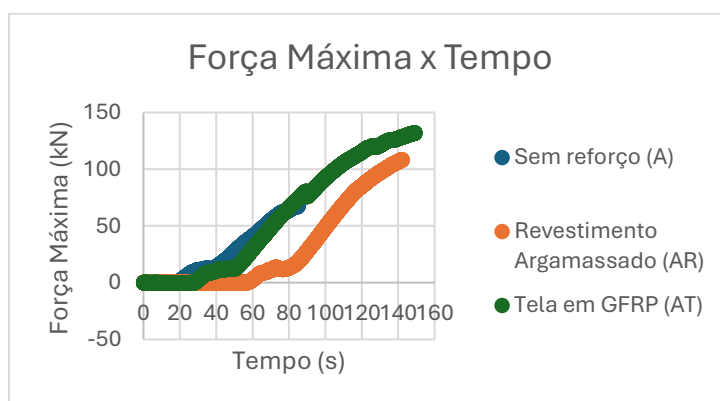
O painel AT atingiu 131,91 kN de carga máxima, representando um incremento absoluto de 23,49 kN em relação ao painel AR. Esse resultado expressa a eficiência real do reforço com GFRP no pós-fissura, uma vez que o comportamento inicial foi até inferior ao da amostra AR (60 kN vs. 94,16 kN), mas a curva de carga continuou crescendo progressivamente mesmo após o início das fissuras.

O gráfico Força × Deslocamento (Figura 3) reforça o aspecto ductilidade, com a curva da amostra AT apresentando deslocamento final mais expressivo, comportamento mais estável e ruptura menos abruptas características fundamentais para intervenções em estruturas sujeitas a solicitações não previstas, como recalques ou impactos. Em contraste, o painel AR, apesar da alta rigidez inicial, demonstrou colapso quase imediato após atingir sua carga máxima, comportamento típico de materiais frágeis com baixa capacidade pós-fissura. A amostra sem reforço (A), por sua vez, exibiu tanto menor carga de fissuramento (50 kN) quanto menor carga máxima (62,04 kN), sendo classificada como estruturalmente vulnerável.

Figura 3. Força versus Deslocamento das amostras ensaiadas



Portanto, ao adotar o AR como parâmetro base, evidencia-se que o desempenho do AT é atribuído exclusivamente à presença da tela de GFRP, que atuou como elemento de redistribuição de tensões e contenção da fissuração. A melhoria de 119,85% após a primeira fissura indica a formação de múltiplas fissuras finas e a atuação sinérgica entre matriz (argamassa) e reforço (GFRP), comportamento amplamente documentado na literatura especializada sobre sistemas TRM (De Santis et al., 2017; Ali et al., 2022).



O gráfico Força Máxima × Tempo permite uma análise temporal da resposta estrutural das alvenarias sob compressão simples, destacando três aspectos fundamentais: a velocidade de ganho de

carga, o comportamento após a fissuração e a estabilidade até o colapso. Cada curva representa um padrão distinto de desempenho, refletindo diretamente a contribuição (ou ausência) dos mecanismos de reforço. A curva azul, correspondente à amostra sem reforço, apresenta uma trajetória inicial moderadamente inclinada, com crescimento quase linear até aproximadamente 50 segundos, onde ocorre a primeira fissuração (em torno de 50 kN). A partir desse ponto, observa-se um leve aumento de carga até atingir a carga máxima de 62,04 kN. Esse pequeno ganho posterior à fissura (24,08%) indica baixa reserva de resistência, refletindo a fragilidade do sistema não reforçado.

O tempo total até o colapso foi inferior a 90 segundos, e o colapso foi abrupto, evidenciando um comportamento frágil e pouco previsível, típico de alvenarias sem reforço, como amplamente descrito por De Santis et al. (2017). A curva laranja, representando o sistema AR, apresenta comportamento inicial mais rígido, com retardamento da fissuração até cerca de 94,16 kN, o que ocorre entre 70 e 80 segundos. Isso demonstra que o revestimento argamassado atua eficazmente na contenção inicial de microfissuras e no aumento da rigidez tangencial da parede. No entanto, após o início da fissuração, o sistema perde capacidade de acomodação de tensões: a curva tende rapidamente à estabilidade, atingindo a carga máxima de 108,42 kN. O ganho pós-fissura é de apenas 15,14%, revelando que o sistema se comporta de forma quase elástica até a fissura e colapsa de forma brusca, característica de reforços rígidos que não incorporam elementos de redistribuição de tensões. Isso está em linha com os achados de Ali et al. (2022), que apontam limitações de sistemas de reforço rígido sem elementos de contenção após fissuração. A curva verde — painel AT — revela um comportamento estrutural substancialmente diferente e superior. O carregamento se inicia de forma semelhante à curva azul, com uma inclinação compatível até cerca de 60 kN (primeira fissura), porém, diferentemente das demais, a curva continua crescendo de forma progressiva e estável até atingir a carga máxima de 131,91 kN, ao longo de um tempo significativamente maior (até 145 s). O crescimento sustentado após a fissuração, representado pela longa extensão da curva no pós-fissura, demonstra a capacidade da tela de GFRP de redistribuir tensões e controlar a propagação das fissuras. Esse comportamento é típico de sistemas TRM bem projetados, como observado em Aref & Jung (2020), e reflete a ductilidade e a tenacidade do reforço com tela.

## CONCLUSÃO

Os resultados experimentais obtidos neste estudo evidenciam a eficácia técnica do reforço com telas de GFRP incorporadas em argamassa (TRM) na reabilitação estrutural de alvenarias resistentes em prédios do tipo caixão. A análise comparativa entre os três sistemas ensaiados painel de referência (A), painel com revestimento argamassado (AR) e painel com tela de GFRP (AT) revelou que a simples aplicação de argamassa contribui para o aumento da rigidez inicial e retarda o início da fissuração. Contudo, o desempenho pós-fissura desse sistema é limitado, com ganho de apenas 15,14% até a ruptura.

Ao manter as mesmas condições de revestimento e incorporar uma tela de GFRP, o painel AT apresentou um incremento de resistência significativamente superior, atingindo carga máxima de 131,91 kN e demonstrando um ganho de 119,85% após a primeira fissura. Esse resultado reflete a ação eficaz da tela de GFRP na contenção das fissuras, na redistribuição dos esforços internos e na prevenção de colapsos abruptos, promovendo um comportamento estrutural mais estável e dúctil. Os gráficos de força em função do tempo e do deslocamento reforçam essa conclusão, evidenciando que o sistema com GFRP possui desempenho progressivo e capacidade de absorver deformações mais elevadas antes da ruptura. A ductilidade observada é um aspecto central para edificações envelhecidas ou expostas a solicitações não previstas, como recalques diferenciais ou ações acidentais.

Conclui-se, portanto, que a técnica de reforço com TRM utilizando telas de GFRP é uma solução altamente promissora para a reabilitação de edificações do tipo caixão. Além de proporcionar ganhos substanciais em capacidade de carga, a técnica assegura maior previsibilidade estrutural e pode ser aplicada de forma não invasiva, com compatibilidade física e funcional com os substratos existentes. Recomenda-se, para estudos futuros, a ampliação da amostragem, a inclusão de ensaios em escala real,

investigações sobre a durabilidade em condições ambientais agressivas e avaliações sob carregamentos cíclicos, de modo a consolidar ainda mais a aplicabilidade prática dessa solução no contexto da engenharia diagnóstica brasileira.

#### AGRADECIMENTOS

A FACEPE pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

#### REFERÊNCIAS

**Ali, M.; ElGawady, M.; Enshaeian, A.** Structural response of unreinforced masonry walls strengthened with TRM systems: A state-of-the-art review. *Composite Structures*, v. 291, 115534, 2022. DOI: [10.1016/j.compstruct.2022.115534](https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2022.115534).

**Aref, A. J.; Jung, S. W.** Structural performance of masonry walls strengthened with hybrid TRM–GFRP composites. *Composite Structures*, v. 247, 112477, 2020. DOI: [10.1016/j.compstruct.2020.112477](https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.112477).

**Barbosa, M. C. S.; Carvalho, R. A.; Leal, A. C.** Diagnóstico de manifestações patológicas em edificações do tipo caixão moldado no local. *Revista ALCONPAT*, 2015.

**Silva, J. P.; Soares, C. A.** Avaliação técnica de edificações tipo caixão moldado no local com foco em desempenho e durabilidade. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 2019.

**Melo, T. F.; Gomes, R. S.; Souza, V. C.** Diagnóstico e proposta de reforço para edificações habitacionais do tipo caixão na RMR. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, 2021.

**De Santis, S.; Koutas, L.; Triantafillou, T. C.** Strengthening of masonry walls with textile reinforced mortar (TRM) composites. *Journal of Composites for Construction*, v. 21, n. 1, 04016085, 2017. DOI: [10.1061/\(ASCE\)CC.1943-5614.0000722](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000722).

**Dos Santos, A. L. M.; Sobrinho, C. W. P. A.** Reforço Estrutural em Prédio Caixão Situado na Região Metropolitana de Recife. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, v. 3, n. 2, 2018. DOI: [10.25286/rep.v3i2.886](https://doi.org/10.25286/rep.v3i2.886).

**Marcari, G.; Basili, M.; Vestroni, F.** Experimental investigation of tuff masonry panels reinforced with surface-bonded basalt TRM. *Composites Part B: Engineering*, v. 108, p. 131–142, 2017. DOI: [10.1016/j.compositesb.2016.09.094](https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.09.094). (Citado dentro do review do *Frontiers in Built Environment*).

**Cecchi, A. et al.** Multi-layer modelling of masonry structures strengthened through TRM. *Frontiers in Built Environment*, 2022. DOI: [10.3389/fbuil.2022.862221](https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.862221).