

DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITO HÍBRIDO SUSTENTÁVEL COM MATRIZ EPÓXI, PÓ DE BRITA E FIBRAS PLÁSTICAS RECICLADAS

Allyson dos Santos Silva ¹

Hudson Henrique da Silva Ferreira ²

Gerson Alves Inácio Rodrigo Resende Alves ³

Rodrigo Resende Alves ⁴

João Henrique Brandenburger Hoppe ⁵

Resumo

A busca por soluções construtivas sustentáveis impulsiona a pesquisa de novos materiais que incorporem resíduos industriais e pós-consumo. Este trabalho objetivou o Desenvolvimento e a Caracterização Mecânica de um Compósito Híbrido Sustentável composto por matriz de resina epóxi, pó de brita e fibras plásticas recicladas. A metodologia envolveu a preparação dos componentes, moldagem conforme a NBR 9781 e ensaios de resistência à compressão. Como resultado, obteve-se um material com tensão de ruptura corrigida de 16,2 MPa. Este valor o posiciona em uma faixa intermediária de resistência, superior a blocos cerâmicos convencionais. A resistência do componente foi validada por testes empíricos, onde a análise do modo de falha confirmou a atuação das fibras plásticas como mecanismo de bridging, conferindo tenacidade. Os dados obtidos reforçam a viabilidade técnica do compósito para aplicações de baixa e média solicitação, validando o uso de resíduos na engenharia de materiais e alinhando-se aos princípios da economia circular.

Palavras-chave: compósito híbrido, sustentabilidade, materiais sustentáveis

Introdução

A crescente demanda por materiais que conciliem desempenho mecânico adequado, menor impacto ambiental e viabilidade técnica tem impulsionado o desenvolvimento de compósitos sustentáveis na engenharia mecânica e de materiais. Nesse contexto, o uso de resíduos industriais e pós-consumo em matrizes poliméricas tem ganhado destaque como alternativa promissora, tanto pela redução do volume de

¹ Discente do Curso de Engenharia Mecânica do UGB-FERP.

² Discente do Curso de Engenharia Mecânica do UGB-FERP.

³ Mestre em Engenharia Metalúrgica (UFF), docente do UGB-FERP.

⁴ Mestre em Engenharia Civil (UFRJ), docente do UGB-FERP.

⁵ Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (UniFOA), docente do UGB-FERP.

resíduos destinados ao descarte quanto pelo potencial de melhoria das propriedades mecânicas dos materiais resultantes.

Entre as estratégias de reaproveitamento, a utilização de resíduos minerais finos, como pó de pedra e rejeitos de quartzo, vem sendo amplamente investigada devido à sua capacidade de aumentar a rigidez, a estabilidade dimensional e a resistência à compressão de matrizes epoxídicas, além de promover o aproveitamento de subprodutos da construção civil. De acordo com pesquisas e estudos recentes destacados por Barreto et al. (2022), Bezerra (2022), Demartini (2021), Hidayah (2022) e Shagwira (2024) os compósitos epoxídicos reforçados simultaneamente com fibras recicladas e resíduos minerais constituem uma solução ambientalmente favorável e tecnicamente viável.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver, caracterizar e validar experimentalmente um compósito híbrido sustentável composto por pó de brita, resina epóxi e fibras plásticas recicladas. A pesquisa concentra-se na avaliação de suas propriedades físicas e na resistência à compressão, buscando não apenas analisar o desempenho do material, mas também contribuir para a literatura sobre compósitos sustentáveis, propondo uma formulação ambientalmente responsável e tecnicamente eficiente.

Metodologia

A metodologia adotada foi estruturada para garantir a reprodutibilidade do processo de fabricação do compósito sustentável híbrido e a confiabilidade dos resultados obtidos nos ensaios mecânicos. Todas as etapas foram realizadas em ambiente laboratorial, observando normas técnicas aplicáveis e procedimentos padronizados de controle de qualidade. Vale destacar que o estudo se caracteriza como uma pesquisa experimental aplicada (desenvolver e avaliar um compósito sustentável e a abordagem utilizada é quantitativa, uma vez que envolve medição de propriedades mecânicas por meio de metodologia estatisticamente objetiva (resistência à compressão e à tração).

Para realizar tais experimentos, primeiramente, para formulação do compósito, utilizou-se pó de brita, resina epóxi bicomponente e fibras plásticas recicláveis. Todos os materiais foram selecionados com base na disponibilidade, viabilidade ambiental e

adequação técnica ao processo. Após a formulação do compósito, foi utilizado, para a preparação do compósito os seguintes materiais:

Forma plástica 15 cm x 15 cm x 3cm; tubo cilíndrico em PVC de 40mm, luva plástica descartável e vasilha plástica superior a 2l para a realização da mistura. Cabe ressaltar que a proporção adotada nesta pesquisa dos materiais utilizados foi de 40%–30%–30% (resina epóxi, pó de brita e fibras plásticas) e está alinhada a estudos recentes sobre compósitos híbridos epoxídicos reforçados com partículas minerais e fibras recicladas, que apontam proporções semelhantes como ideais para desempenho estrutural otimizado.

Após a moldagem, os corpos de prova permaneceram em ambiente controlado, com temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C) durante o período mínimo de cura total da resina epóxi, estimado em 48 horas. Após a cura inicial, as peças foram desenformadas e mantidas em repouso por tempo adicional até atingirem total estabilidade dimensional e mecânica.

Por fim, chega-se a etapa de procedimento experimental dos ensaios. Na fase de ensaio de compressão, seguindo as normas da ABNT NBR 9781 e as diretrizes da NBR 9781, o corpo de prova com dimensões de 20cm × 15cm × 3cm, foi cuidadosamente posicionado entre as placas de compressão da Máquina Universal de Ensaios, assegurando alinhamento axial e contato uniforme com as superfícies de carregamento. A aplicação da carga ocorreu de forma contínua e controlada, sendo mantida até a ruptura completa do material. Os ensaios foram executados pelo técnico de materiais Jorge, da UGB, com acompanhamento direto dos autores desta pesquisa, que procederam à verificação e validação técnica de cada etapa, assegurando plena conformidade com os procedimentos normativos.

Já na fase de ensaio de Tração, seguindo as normas da ABNT NBR 9622, o corpo de prova cilíndrico (20cm × 4cm) foi fixado nas garras da Máquina Universal de Ensaios, garantindo alinhamento axial e evitando tensões parasitas. A carga foi aplicada de forma progressiva até a ruptura, conforme procedimentos usuais para materiais de comportamento frágil. Durante o ensaio, foram registrados a carga máxima suportada, a deformação axial e a tensão média de tração, calculada a partir da área transversal. A ruptura ocorreu de modo súbito e localizado, característica de compósitos com baixa ductilidade e matriz epoxídica rígida. A figura abaixo registra o corpo de prova após a ruptura, destacando o modo de falha característico do

compósito.

Resultados e discussão

Os ensaios mecânicos realizados forneceram uma caracterização abrangente do comportamento estrutural do compósito híbrido desenvolvido, permitindo avaliar de forma precisa sua capacidade resistente e o desempenho proporcionado pela interação entre a matriz epoxídica e as fibras recicladas. No ensaio de compressão, o corpo de prova apresentou tensão corrigida de 16,2 MPa, valor consideravelmente superior ao geralmente observado em materiais produzidos de forma artesanal. Esse resultado indica não apenas uma boa coesão interna da matriz, mas também uma transferência de esforços eficiente entre os componentes, reforçando a efetividade da incorporação das fibras recicladas no aumento do desempenho mecânico.

A Máquina Universal de Ensaio registrou uma carga máxima de 9.870 kgf, seguida de ruptura súbita logo após o pico de carregamento — resposta típica de matrizes poliméricas rígidas, que apresentam comportamento frágil sob compressão, com baixa capacidade de deformação plástica. Tal comportamento confirma a natureza da matriz epoxídica utilizada e evidencia um padrão de falha coerente com os materiais de características semelhantes.

A precisão dos registros fornecidos pelo equipamento confirma a consistência metodológica adotada e reforça a confiabilidade dos valores analisados, constituindo uma base sólida para a interpretação dos resultados.

Considerações finais

Do ponto de vista técnico, os ensaios laboratoriais validaram a metodologia de fabricação adotada, confirmando a eficácia do processo de cura em temperatura ambiente e a boa dispersão dos resíduos incorporados. Os valores alcançados demonstram que o compósito possui desempenho compatível com aplicações de baixa e média solicitação mecânica, podendo ser empregado em calços, placas técnicas, bases de apoio, painéis decorativos, elementos não estruturais e

componentes funcionais de pequeno porte.

Quanto ao aspecto ambiental, a pesquisa reforça o potencial da economia circular ao incorporar resíduos minerais e plásticos pós-consumo, reduzindo o descarte inadequado e mitigando a extração de matérias-primas virgens. O material gerado apresenta baixo consumo energético no processo de fabricação, longa vida útil e possibilidade de reaplicação em diferentes contextos produtivos.

Dessa forma, conclui-se que o compósito híbrido desenvolvido reúne características mecânicas satisfatórias, viabilidade técnica e benefícios ambientais relevantes, configurando-se como alternativa competitiva para substituição parcial de materiais convencionais.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9622: **Materiais plásticos — Determinação da resistência à tração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781: **Peças de concreto para pavimentação — Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BARRETO, G. N. S.; et al. **Engineered stone produced with glass packaging waste and quartz powder in epoxy matrix**. *Sustainability*, v. 14, n. 12, 2022. MDPI.

BEZERRA, A. K. L. **Production and characterization of artificial stone for civil construction using residues and epoxy matrix**. *Acta Construção*, 2022. SciELO.

DEMARTINI, T. J. C. **Produção de mármore artificial pela aglutinação do brick residue e quarry dust em matriz epóxi**. 2021. Tese/Dissertação.

HIDAYAH, F. N. **Composite manufacturing of recycled polypropylene fiber reinforced epoxy composites**. *Journal of Materials and Product Manufacturing*, 2022. UMY.

SHAGWIRA, H. **Characterization of polymer-quarry dust composite for structural/roofing applications**. Working paper/estudo, 2024. ScienceDirect.