O EFEITO DO USO DA UTILIZAÇÃO DE BIOCHAR DA CASCA DE MADEIRA SOBRE AS PROPRIEDADES DO CONCRETO

THE EFFECT OF USING WOOD SHELL BIOCHAR ON CONCRETE PROPERTIES

Fabricio Ferreira de Oliveira, Leonardo Jose de Souza Pereira, Nicolas Marques de Carmargo, Pedro Henrique Simões Andrade

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Civíl
E-mail para contato: leonardojos610@yahoo.com.br

RESUMO - O concreto é um dos materiais mais usados na construção civil, pela resistência, durabilidade, disponibilidade e versatilidade. Para potencializar suas propriedades, pesquisas têm explorado o uso do biochar, obtido da pirólise da casca de madeira. Esse material, de alta porosidade e capacidade de retenção de água, pode liberar umidade gradualmente, favorecendo a cura do cimento. O estudo avaliou concretos com 1%, 3% e 5% de substituição parcial do cimento por biochar, analisando comportamento reológico, resistência mecânica, absorção, condutividade térmica. Os resultados mostraram impacto significativo nas propriedades físico-mecânicas e térmicas, com destaque para 1% de substituição, que reduziu condutividade térmica sem comprometer a resistência.

Palavras-chave: Biochar da Casca de Madeira; Agregado poroso; Pirólise.

ABSTRACT - Concrete is one of the most widely used materials in civil construction due to its strength, durability, availability, and versatility. To enhance its properties, research has explored the use of biochar, obtained from the pyrolysis of wood bark. This material, with high porosity and water retention capacity, can gradually release moisture, promoting cement curing. The study evaluated concrete with 1%, 3%, and 5% partial replacement of cement with biochar, analyzing rheological behavior, mechanical strength, absorption, and thermal conductivity. The results showed a significant impact on physical-mechanical and thermal properties, with emphasis on the 1% replacement, which reduced thermal conductivity without compromising strength.

Keywords: Wood Husk Biochar. Porous aggregate. Pyrolysis.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil, embora essencial para o desenvolvimento das sociedades modernas, identifica-se como um dos setores que mais consomem recursos naturais e energia em todo o mundo. Estimou-se que cerca de 8% das emissões globais de dióxido de carbono (CO_2) estavam relacionadas à produção de cimento Portland — principal componente do concreto — devido ao alto consumo de energia e à liberação de CO_2 durante o processo de calcinação do calcário (LIMA, 2011; SILVA, 2019). Essa realidade impulsionou a busca por alternativas sustentáveis que permitissem a redução do impacto ambiental sem comprometer a qualidade e a durabilidade das estruturas construídas. Nesse contexto, o uso de materiais alternativos e sustentáveis na composição do concreto ganhou destaque. Um desses materiais é o biochar, um subproduto obtido a partir da pirólise de biomassa, como resíduos agrícolas, florestais ou urbanos, em ambiente com pouco ou nenhum oxigênio. Tradicionalmente utilizado na agricultura para melhorar a qualidade do solo e promover o sequestro de carbono, o biochar passou a despertar o interesse de pesquisadores da área da engenharia civil como um aditivo ou substituto parcial de componentes do concreto (NÓBREGA, 2011). Estudos indicaram que a incorporação do biochar poderia promover melhorias significativas nas propriedades físicas e mecânicas do concreto. Entre os benefícios observados, destacaram-se o aumento da resistência à compressão e à flexão, a melhoria da durabilidade e a redução da permeabilidade do material, o que contribuiu para sua maior longevidade em ambientes agressivos (COELHO, 2021; PEDREIRA, 2019; RESTUCCIA; FERRO, 2021). Outro aspecto relevante, a sustentabilidade ambiental da cadeia de produção do biochar. Como é produzido a partir de resíduos orgânicos que, de outra forma, seriam descartados inadequadamente, o biochar representa uma forma de valorização de subprodutos e economia circular. Ao mesmo tempo, seu uso no concreto contribuiu para o avanço de técnicas construtivas mais responsáveis ambientalmente, alinhando-se às diretrizes de engenharia sustentável (TORRES, 2018). Dessa forma, a substituição parcial do cimento por biochar configurou-se não apenas como uma inovação técnica, mas também como uma estratégia de engenharia sustentável. A redução no uso do cimento, aliada à valorização de resíduos e à melhoria nas propriedades do concreto, ofereceu um caminho promissor para a evolução dos materiais de construção, tornando-os mais eficientes e ambientalmente conscientes. Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da

incorporação de biochar nas propriedades do concreto, com ênfase na sustentabilidade, desempenho mecânico e durabilidade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Biochar da casca de madeira, brita, areia e cimento

A casca da madeira utilizada e convertida em carvão vegetal, sendo totalmente recolhimento do agroindustrial, o biochar da Zion Farm, produzido a partir da pirólise da casca de madeira proveniente de resíduos agroindustriais. A brita 1 foram utilizados 180 kg, 212,40 kg de areia média, cimento CPII 60 kg. Foram realizados ensaios de compressão, absorção e condutividade térmica.

Apresenta o traço do concreto, com fator água/cimento 0,48, utilizado para a fabricação dos corpos de prova. O traço é dimensionado para atingir classe de resistência de 25 MPa aos 28 dias de cura. Para a produção dos compósitos foram analisados três tratamentos com utilização de biochar. Logo após, foram avaliadas as substituições massa/massa de cimento nas proporções de 1, 3 e 5%, além de um tratamento controle.

O processo de mistura ocorreu individualmente para cada tratamento, em uma betoneira com capacidade de 120 litros. Depositou-se a brita, água e fez a mistura por 2 minutos na betoneira, logo em seguida colocou -se cimento, areia e a proporção de biochar da casca de madeira substituindo parcialmente o cimento pelo biochar e misturando na betoneira por mais 2 minutos, que são homogeneizados em betoneira. A avaliação do desempenho do concreto com biochar deve ser feita por meio de ensaios laboratoriais que simulem condições reais de aplicação. Entre os principais testes utilizados estão slump teste, teste resistência à compressão axial, absorção de água, condutividade Térmica. Esses testes permitem analisar como diferentes teores de biochar afetam as propriedades do concreto ao longo do tempo de cura. Além disso, possibilitam comparativos com o concreto convencional, o que é essencial para validar a viabilidade do uso do biochar em larga escala.

O slump teste também conhecido como ensaio de abatimento ou teste de slump, é uma técnica amplamente utilizada na indústria da construção para avaliar a trabalhabilidade e a consistência do concreto fresco**,** conforme figura 1.

Figura 1: Ensaio Slump Test,



Fonte: laboratório Universidade Santa Cecília (2025).

O ensaio de abatimento é o primeiro teste realizado no concreto, com o objetivo de avaliar a sua plasticidade de acordo com os padrões da ASTM C 143 (ASTM, 2020). Inicialmente preencheu-se o molde cônico em 3 camadas, sendo o concreto adensado em cada uma das etapas, com 25 golpes de bastão metálico. Dando continuidade, regularizou se o topo do cone, procedendo à remoção da gola e do molde de forma contínua e lenta. A leitura da análise ocorreu pela medida de abatimento, aferida do ponto médio do concreto até o topo do molde. Essa leitura de abatimento do concreto teve por objetivo o monitoramento da qualidade do concreto em estado fresco, a fim de avaliar a sua trabalhabilidade durante o preparo e garantir que o fator água/cimento fosse dosado adequadamente no produto.

O ensaio de compressão axial foi realizado para avaliar a resistência dos corpos de provas quando submetido a uma carga axial que comprime a amostra. Foram rompidos 36 corpos de provas durante 28 dias, rompemos durante 7 dias, 14 dias e 28 dias, sendo 3 corpos de provas com adição de 1%, 3 com 3%, 3 com 5% de adição de biochar e 3 corpos de provas referencial durante cada semana. No caso do concreto, o ensaio verificou, se ele atinge a resistência mínima exigida no projeto estrutural, segue na figura 2.

Figura 2: Ensaio de compressão axial.



Fonte: laboratório Universidade Santa Cecília (2025).

Para o ensaio de absorção, foram submersos 12 corpos de provas durante 24 horas, 3 com 1%, 3% e 5% e 3 referenciais sem adição de biochar, os corpos de provas foram pesados, e foram analisados a porcentagem de absorção de água de cada corpo de prova.

Figura 3: Ensaio de absorção.



Fonte :laboratório Universidade Santa Cecília (2025).

O Ensaio de Condutividade Térmica visou obter o fluxo de calor que atravessa o compósito cimentício, a partir da taxa de transferência de calor da superfície inferior à

superfície superior do concreto, tendo o propósito de atender à norma de desempenho térmico de edificações NBR 15220 (ABNT, 2015). Esse método consistiu em analisar a condutividade térmica da amostra, por meio de dois nichos separados por um porta amostra.

Figura 4: Ensaio de condutividade Térmica.

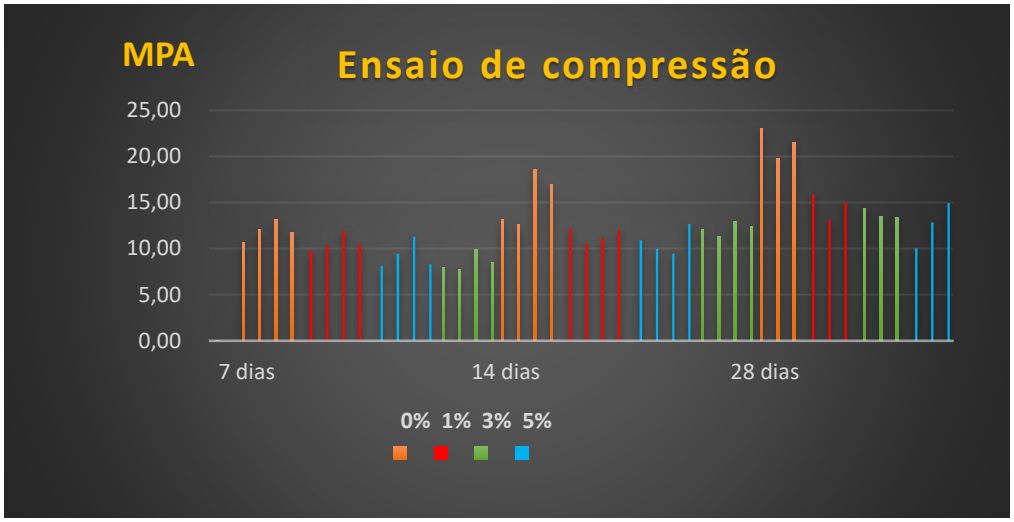


Fonte: laboratório Universidade Santa Cecília (2025)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

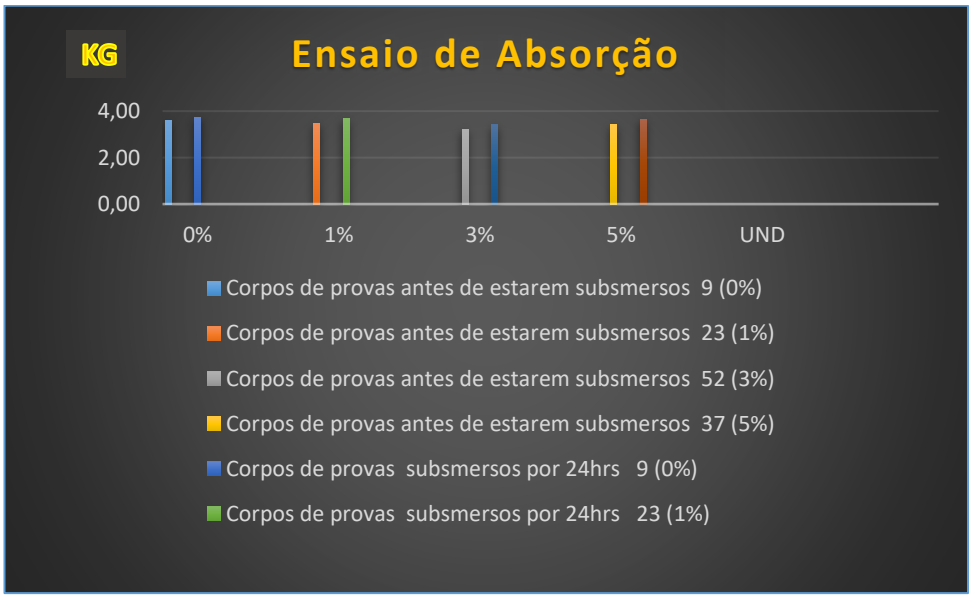
Após a produção dos 52 corpos de provas e a execução dos ensaios foram obtidos os resultados para os ensaios de compressão apresentados na Gráfico 1, absorção (Gráfico 2) e condutividade térmica (Gráfico 3), que comprovam que o Biochar da casca de madeira, não promove a melhoria esperada nas propriedades físicas e mecânicas do concreto, igual a outros tipos de biochar como por exemplo, o da casca de café. Após os teste de compressão, ficou evidente que quanto mais adição de biochar em substituição parcial do cimento, menor a resistência do concreto. Também após os ensaios de absorção, os resultados mostraram que quanto maior a adição do Biochar, maior a permeabilidade ocasionando uma retenção exagerada de água. No teste de condutividade térmica, os corpos de prova foram submetidos a uma temperatura de 330° por cerca de 5 minutos, obtendo-se uma melhora nos resultados com a adição de biochar em relação ao corpo de prova sem esse produto. O corpo de prova com 0% de biochar chegou a 27,2°C, 1% de biochar diminuiu para 25,8°C, com 3% 26,8°C e com 5% 25,3°C tendo um melhor resultado entre os corpos de prova estudados.

Gráfico 1 - Resultados dos ensaios de Compressão.



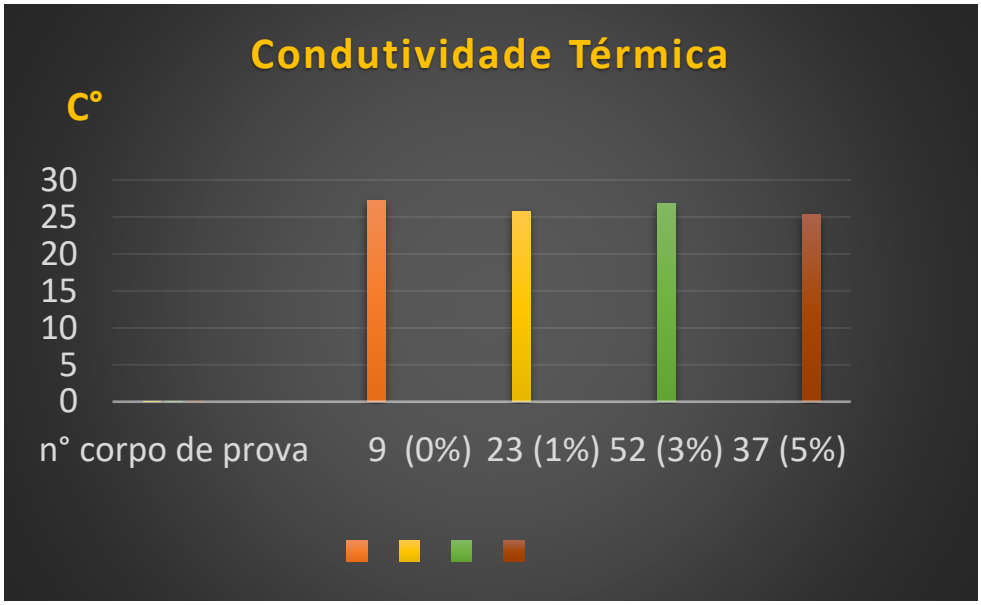
Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 2 - Resultados dos ensaios de Absorção.



Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 3 - Resultados dos ensaios de Condutividade Térmica.



Fonte: Autoria própria (2025).

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que a incorporação de biochar da casca de madeira no concreto, nas proporções de 1%, 3% e 5%, apresentou impactos distintos sobre as propriedades analisadas. No ensaio de compressão axial, verificou-se que a adição do biochar provocou uma redução da resistência mecânica em comparação ao concreto de referência, sendo esta queda mais acentuada à medida que se aumentou a porcentagem de substituição do cimento. Esse comportamento está diretamente relacionado à alta porosidade do biochar, que interfere na compactação e na coesão da matriz cimentícia.

No ensaio de absorção de água, os resultados confirmaram que os corpos de prova com biochar apresentaram maior permeabilidade em relação ao concreto convencional. Esse efeito também se intensificou com o aumento da proporção do aditivo, demonstrando que a natureza porosa do biochar contribui para uma retenção de água excessiva e, consequentemente, para uma menor durabilidade do material frente a agentes externos.

Por outro lado, o ensaio de condutividade térmica foi o único que evidenciou um benefício significativo da utilização do biochar. Observou-se uma redução consistente da temperatura nos corpos de prova com adição do material, indicando melhor desempenho quanto ao isolamento térmico. Essa característica sugere que, em aplicações específicas, como em construções que

demandam maior conforto térmico ou eficiência energética, o biochar pode se mostrar um aditivo viável e sustentável.

Assim, conclui-se que, embora o biochar da casca de madeira não tenha proporcionado ganhos em termos de resistência mecânica e absorção de água, sua contribuição positiva no aspecto de desempenho térmico não deve ser desconsiderada. O uso em baixas proporções, como 1%, pode representar um equilíbrio entre sustentabilidade e propriedades aceitáveis, mas seu emprego em substituições maiores requer cautela, visto o comprometimento estrutural observado. Dessa forma, o biochar se apresenta como um material promissor em termos de sustentabilidade e eficiência térmica, porém sua aplicação deve ser direcionada a contextos específicos, e não como substituição generalizada do cimento em estruturas que demandam alta resistência mecânica.

5 REFERÊNCIAS

COELHO, Nayane Pereira Freire. Efeito da utilização de biochar da casca de café sobre as propriedades do concreto. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Cariri, Juazeiro do Norte, 2022.

FREITAS, Flávia Vieira de. Pastas cimentícias com biochar de bagaço da cana-de-açúcar: caracterização física e microestrutural. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

LIMA, A. B. O processo produtivo do cimento Portland. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. Disponível em:https://lemacufes.files.wordpress.com/2012/08/aula-06-07-labmat-2011-1-geilma.pdf. Acesso em: 03/04/2025.

NEVES, R. M. Aplicação do método de análise e solução de problema: estudo da variabilidade das resistências à compressão do cimento do tipo Portland. Bagé: Universidade Federal do Pampa, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262065788_A_avaliacao_de_impactos_ambientais_no_contexto_da_aplicacao_dos_instrumentos_de_politica_ambiental. Acesso em: 03/04/2025.

NÓBREGA, I. P. C. Efeitos do biochar nas propriedades físicas e químicas do solo: sequestro de carbono no solo. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277147481_Efeitos_do_biochar_nas_propriedades_fisicas_e_quimicas_do_solo_sequestro_de_carbono_no_solo. Acesso em: 03/04/2025.

PEDREIRA, J. R. Alterações nas propriedades físicas e mecânicas do cimento com a substituição parcial das frações de areia por biochar proveniente da gaseificação de resíduos sólidos urbanos. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2019. Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/388981989_Analise_dos_efeitos_da_substituicao_parcial_do_cimento_Portland_por_escoria_de_alto_forno_nas_propriedades_do_concreto. Acesso em: 03/04/2025.

RESTUCCIA, L.; FERRO, G. The use of Biochar to reduce the carbon footprint of cement-based materials. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342560310_The_use_of_Biochar_to_reduce_the_carbon_footprint_of_cement-based_materials. Acesso em: 03/04/2025.

Sá-Silva, J. R., Almeida, C. D., & Guindani, J. F. (2009). Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. Revista Brasileira de História & Ciências Sociais, *1*(1), 1-15. Disponível nem: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38143476/Analise_Documental-libre.pdf. Acesso em: 29/03/2025

SILVA, J. H. G. Caracterização física, química e mecânica do cimento Portland CPV-ARI de fábricas da região nordeste. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/25159/1/TCC-Jos%C3%A9%20Humberto%20G.%20da%20Silva.pdf. Acesso em: 03/04/2025.

Yin, R. K. (2001). Estudo de caso: Planejamento e métodos. Porto Alegre, RS: Bookman. Disponível em: http://maratavarespsictics.pbworks.com/w/file/fetch/74304716/3-YIN-planejamento_metodologia.pdf. Acesso em: 29/03/2025.

EPE–Biochar:https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-830/FS-EPE-DPG-SDB-2024-01_Biocarv%C3%A3o.pdf – acesso em : 17/047/2025.