XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8589

Biocompósitos formados por crescimento fúngico em resíduos lignocelulósicos: caracterização microestrutural e química

Biocomposites formed by fungal growth on lignocellulosic waste: microstructural and chemical characterization

Ábila do Nascimento Thomazini
UFES | Vitória | Brasil | abilathomazini@gmail.com
Tonny Araujo Moreira
UFES | Vitória | Brasil | tonny.arj@gmail.com
Edna Aparecida Nico-Rodrigues
UFES | Vitória | Brasil |edna.rodrigues@ufes.br

Resumo

A construção civil é responsável por impactos ambientais expressivos, incluindo uso intensivo de recursos naturais não renováveis. A adoção de materiais "verdes" ao longo de todo o ciclo de vida das edificações surge como uma necessidade crescente, impulsionando o interesse por biocompósitos e materiais de base biológica produzidos a partir de matérias-primas renováveis. Os biocompósitos à base de micélio destacam-se pelo uso de resíduos lignocelulósicos e por sua biodegradabilidade. O objetivo foi investigar o potencial de resíduos lignocelulósicos da agroindústria e de origem urbana na produção de biocompósitos à base de micélio, por meio do desenvolvimento de amostras e da caracterização de suas propriedades microestruturais, químicas e térmicas. O método foi dividido em três etapas principais: seleção dos materiais; preparação das amostras e cultivo do micélio; e realização de ensaios laboratoriais. Foram utilizados fibra de coco, bagaço de cana-de-açúcar e papelão reciclado para a produção das amostras. A caracterização foi realizada por estereomicroscopia óptica e espectroscopia no infravermelho. Os resultados indicaram que o tipo de substrato influencia diretamente a formação da rede micelial e a coesão do material, com melhor desempenho com o bagaço de cana.

Palavras-chave: Micélio. Biocompósitos de Micélio. Materiais Sustentáveis. Construção Civil.

Abstract

he construction industry is responsible for significant environmental impacts, including the intensive use of non-renewable natural resources. The adoption of "green" materials throughout the entire life cycle of buildings has emerged as a growing necessity, driving interest in biocomposites and bio-based materials produced from renewable raw materials. Mycelium-based biocomposites stand out for their use of lignocellulosic waste and their biodegradability. The objective was to investigate the potential of agro-industrial and urban-origin lignocellulosic waste for the production of mycelium-based biocomposites, through the development of samples and the characterization of their microstructural, chemical, and thermal properties. The method was divided into three main stages: material selection; sample preparation and mycelium cultivation; and laboratory testing. Coconut fiber, sugarcane bagasse, and recycled cardboard were used for sample production. Characterization was performed using optical stereomicroscopy and infrared spectroscopy. The results indicated that the type of substrate directly influences the formation of the mycelial network and the cohesion of the material, with better performance achieved using sugarcane bagasse.
Keywords: Mycelium. Mycelium Biocomposites. Sustainable Materials. Civil Construction.

Como citar:
Thomazini, A.N., Moreira, T.A., Nico-Rodrigues, E. A. Biocompósitos formados por crescimento fúngico em resíduos lignocelulósicos: caracterização microestrutural e química. ENTAC 2026. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8589

INTRODUÇÃO

A construção civil, embora essencial para o desenvolvimento econômico, é responsável por impactos ambientais expressivos, incluindo uso intensivo de recursos naturais não renováveis, elevado consumo energético e geração significativa de resíduos [1][2][3]. Diante desse cenário, a adoção de materiais "verdes" ao longo de todo o ciclo de vida das edificações surge como uma necessidade crescente, impulsionando o interesse por biocompósitos e materiais de base biológica produzidos a partir de matérias-primas renováveis [4][5].

Os biocompósitos à base de micélio têm se destacado como alternativas sustentáveis aos compósitos sintéticos derivados de recursos não renováveis [6]. O micélio consiste na porção vegetativa dos fungos, formada por uma rede densa de filamentos denominados hifas que atuam como uma matriz natural, promovendo a ligação entre partículas do substrato sem o uso de ligantes sintéticos. Por meio da atividade enzimática, o micélio degrada os polímeros lignocelulósicos do substrato e os assimila como fonte de nutrientes, resultando em compósitos leves, biodegradáveis e com potencial de aplicação na construção civil [7].

O fungo *Pleurotus Ostreatus* como matriz, por ser uma cepa fúngica disponível, não patogênica e comestível. Espécies do gênero *Pleurotus* destacam-se pela elevada capacidade de degradação de lignina e adaptação a diferentes condições ambientais, sendo capazes de crescer em uma ampla variedade de resíduos agrícolas e faixas de temperatura, o que evidencia seu potencial ecológico e econômico [8]. Dentre essas, o *Pleurotus ostreatus*, classificado como fungo de podridão branca, apresenta a capacidade de hidrolisar componentes lignocelulósicos, especialmente a lignina, promovendo a decomposição de materiais. Além disso, essa espécie é amplamente utilizada comercialmente, sendo o segundo cogumelo mais cultivado no mundo, devido à sua alta eficiência biológica, facilidade de cultivo em diferentes condições climáticas e menor suscetibilidade a pragas e doenças [7].

As propriedades dos biocompósitos são diretamente influenciadas pelo tipo de substrato, pela espécie fúngica e pelas condições de crescimento, como temperatura e umidade [9]. O uso de resíduos lignocelulósicos como substrato se destaca pela disponibilidade, baixo custo e composição rica em celulose, hemicelulose e lignina, elementos que favorecem o desenvolvimento do micélio [10][11]. No Brasil, resíduos como o bagaço de cana-de-açúcar, a fibra de coco e o papelão reciclado são gerados em larga escala, apresentando elevado potencial de reaproveitamento dentro de uma perspectiva de economia circular [12][13][14].

A biodegradação de materiais lignocelulósicos desempenha papel fundamental no ciclo do carbono na natureza, sendo um processo de grande relevância para as ciências naturais e para aplicações biotecnológicas. Esses materiais são constituídos principalmente por celulose, lignina e pequenas quantidades de extrativos e sais minerais, formando um compósito cuja estrutura química e morfológica influencia diretamente seu comportamento e degradabilidade. A lignina, em especial, é um polímero complexo responsável pela rigidez e resistência das paredes celulares

vegetais. A taxa de decomposição desses materiais varia conforme condições ambientais, como umidade, temperatura e biodiversidade fúngica [15].

Os biocompósitos de micélio destacam-se por sua baixa energia incorporada, pelo aproveitamento de resíduos agroindustriais como matéria-prima, pela biodegradabilidade e pelo potencial de sequestro de carbono. O processo produtivo demanda significativamente menos energia em comparação a materiais convencionais como concreto, aço e polímeros sintéticos, contribuindo para estratégias de descarbonização e economia circular no setor da construção [16].

No âmbito das propriedades funcionais, esses materiais têm sido investigados principalmente como isolantes térmicos e acústicos. Sua estrutura altamente porosa confere baixa condutividade térmica, favorecendo o conforto térmico e a eficiência energética das edificações, enquanto a microestrutura fibrosa proporciona capacidade de absorção sonora, ampliando seu uso em painéis, divisórias e revestimentos internos [16]. Estudos indicam ainda comportamento satisfatório frente ao fogo, atribuído à presença de quitina na estrutura do micélio, que favorece a formação de uma camada carbonizada protetora durante a combustão [17].

Apesar do potencial, os biocompósitos de micélio ainda enfrentam limitações para sua ampla adoção, como baixa resistência mecânica, elevada absorção de água e ausência de normas técnicas específicas, restringindo suas aplicações atuais a elementos não estruturais [17][18]. Pesquisas recentes buscam superar essas restrições por meio da incorporação de fibras naturais, nanopartículas e técnicas avançadas de fabricação, com resultados promissores para o aumento da durabilidade e da resistência à umidade [19]. Esses avanços reforçam o posicionamento dos biocompósitos de micélio como alternativa viável na transição para sistemas construtivos de menor impacto ambiental [19][20].

Assim, esta pesquisa teve como objetivo investigar o potencial de resíduos lignocelulósicos da agroindústria e de origem urbana na produção de biocompósitos à base de micélio, por meio do desenvolvimento de amostras e da caracterização de suas propriedades microestruturais, químicas e térmicas, avaliando a influência dos substratos no desempenho do material e seu potencial como alternativa sustentável para a construção civil.

MÉTODO

A pesquisa contemplou a seleção dos substratos e a análise da influência do tamanho das fibras, visando uma compreensão mais aprofundada da interação entre as propriedades dos materiais lignocelulósicos e o desenvolvimento do micélio. Para isso, o estudo foi estruturado em três etapas principais: I - seleção dos materiais; II - preparação das amostras e cultivo do micélio; e III - realização de ensaios laboratoriais para caracterização das amostras.

ETAPA I- SELEÇÃO DOS MATERIAIS

O micélio *Pleurotus Ostreatus* foi adquirido previamente inoculado e cultivado em grãos de sorgo e trigo, com o objetivo de otimizar e acelerar o processo de crescimento micelial. Como substrato principal para reforço estrutural, utilizou-se fibra de coco previamente processada, disponível nas formas inteira e triturada. A fração triturada foi empregada em maior proporção, devido à sua maior área superficial e concentração de matéria orgânica, favorecendo o desenvolvimento do micélio. Por sua vez, a fibra inteira foi utilizada em menor quantidade, em função de seu maior volume e menor densidade aparente.

Para a suplementação do substrato, foram produzidas amostras com a adição de papelão e bagaço de cana-de-açúcar. O bagaço de cana-de-açúcar e o papelão foram previamente processados em laboratório. O papelão, selecionado por sua disponibilidade local, foi submetido à triagem para remoção de partes contendo tintas, adesivos ou outros contaminantes. Em seguida, foi fragmentado em pequenas porções e submetido à fervura em água por aproximadamente 1h, com o objetivo de eliminar impurezas.

Posteriormente, tanto o papelão quanto o bagaço de cana foram triturados em meio aquoso e incorporados à fibra de coco, também processada na mesma solução, visando à obtenção de uma mistura mais homogênea. Após a homogeneização, o excesso de água foi removido, e o substrato resultante foi submetido à secagem em temperatura ambiente por um período de 72h. O Quadro 1 mostra os materiais utilizados no substrato.

Quadro 1: Materiais utilizados no substrato

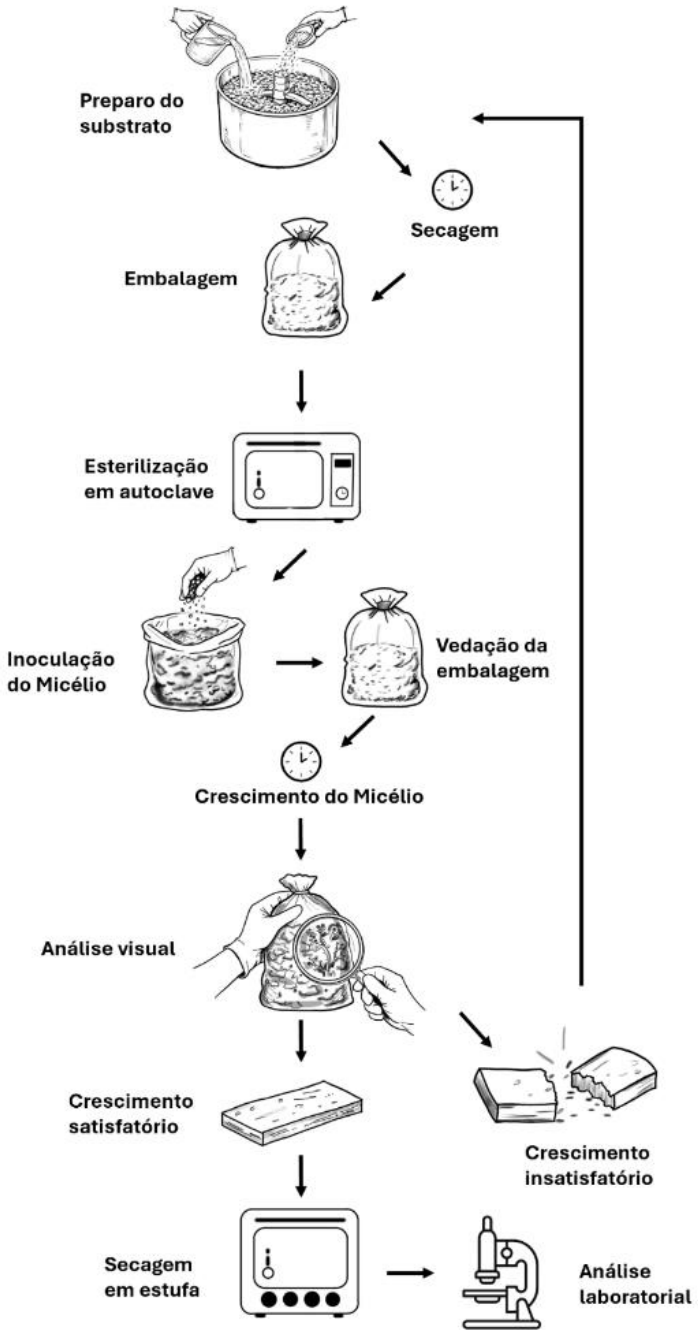
Fibra de coco triturada	Fibra de coco inteira	Papelão triturado	Bagaço de cana
			

Fonte: o autor.

ETAPA II- PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E CULTIVO

Foram realizadas diversas amostragens experimentais com o objetivo de avaliar o comportamento do micélio em diferentes condições de substrato e processamento. Durante essa etapa preliminar, observou-se que nem todas as combinações apresentaram desenvolvimento satisfatório, seja em termos de colonização micelial, integridade estrutural ou homogeneidade do material. Dessa forma, as amostras que não atingiram um bom desenvolvimento micelial foram descartadas. A partir dessa triagem, definiu-se um conjunto de condições mais adequadas, permitindo o início do processo de produção das amostras utilizadas nas análises laboratoriais. Esse processo é ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Processo de produção do biocompósito



Fonte: o autor.

Para a amostragem e produção dos testes, foram produzidas 6 amostras com cerca de 200g cada, sendo 25% de micélio na composição [7](Tabela 1).

Tabela 1: Proporção das amostras produzidas

Amostras	Proporções
Amostra 01	150g de fibra de coco triturada + 50g de micélio
Amostra 02	145g de fibra de coco triturada + 5g de fibra de coco inteira + 50g de micélio
Amostra 03	130g de fibra de coco triturada + 20g de bagaço de cana + 50g de micélio
Amostra 04	125g de fibra de coco triturada + 5g de fibra de coco inteira + 20g de bagaço de cana + 50g de micélio
Amostra 05	110g de fibra de coco triturada + 10g de bagaço de cana + 30g de papelão triturado + 50g de micélio
Amostra 06	105g fibra de coco triturada + 5g de fibra de coco inteira + 10g de bagaço de cana + 30g de papelão triturado + 50g de micélio

Fonte: o autor.

O substrato foi preparado e pesado em balança analítica, misturado e colocado em sacos autoclaváveis de plástico com filtro de ar e esterilizado a 121 °C por 30min [21][22]. Após resfriamento, foi adicionado o micélio, já inoculado entre 24 e 32 °C. Estudos demonstraram que o crescimento micelial ocorre em diferentes faixas térmicas, porém apresenta desempenho mais eficiente em temperaturas próximas a 28 °C, seguida por 32 °C e 24 °C [8].

ETAPA 3 - ENSAIOS LABORATORIAIS

A etapa laboratorial consistiu na realização de análises de caracterização dos compósitos à base de micélio, com o objetivo de avaliar suas propriedades morfológicas e químicas. Para isso, foram conduzidos os seguintes ensaios: estereomicroscopia óptica e espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).

A caracterização morfológica dos biocompósitos foi realizada por estereomicroscopia óptica, utilizando um estereomicroscópio Leica EZ4 HD com câmera acoplada. Para a aquisição das imagens, porções representativas dos compósitos foram dispostas sobre lâminas de microscopia, permitindo a observação da organização dos substratos lignocelulósicos e dos aspectos gerais associados ao crescimento micelial.

A caracterização química dos materiais foi realizada por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier em modo de refletância total atenuada (ATR-FTIR). As análises foram conduzidas em um espectrômetro FTIR Cary 360, da Agilent Technologies, equipado com acessório ATR contendo cristal de ZnSe. Os espectros foram registrados na região de 650 a 4000 cm^{-1}, com resolução espectral de 2 cm^{-1} e acúmulo de 60 varreduras por espectro. A FTIR identificou os grupos funcionais presentes nos compósitos e verificou possíveis modificações químicas decorrentes do crescimento fúngico sobre os substratos lignocelulósicos. A técnica baseiou-se na absorção de radiação infravermelha pelas ligações químicas da amostra, gerando um espectro característico que permite detectar componentes como celulose, lignina e quitina, além de evidenciar interações entre o micélio e as fibras vegetais [24].

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8589

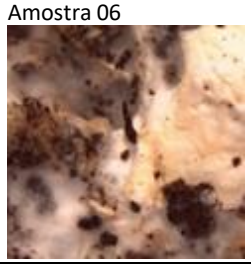
RESULTADOS

A avaliação das amostras foi realizada por meio de análise visual comparativa, considerando parâmetros como o grau de crescimento micelial, a densidade da rede de hifas formada e a capacidade de autoestruturação do compósito. Esses critérios permitiram analisar o desempenho do micélio na colonização dos diferentes substratos, bem como compreender a influência desse processo na formação, coesão e estabilidade estrutural dos biocompósitos obtidos.

A. ESTEREOMICROSCOPIA

As imagens obtidas por estereomicroscopia (Quadro 2) evidenciaram a formação de uma rede micelial interconectada, responsável pela ligação entre as partículas do substrato. Observou-se que amostras com adição de bagaço de cana apresentaram maior densidade de hifas e melhor distribuição estrutural, resultando em maior coesão do material. Em contraste, formulações compostas exclusivamente por fibra de coco apresentaram menor penetração micelial, indicando limitações estruturais associadas à densidade e organização do substrato.

Quadro 2: Análise obtidas por estereomicroscopia

Amostra 01 	Amostra 02 	Amostra 03 
Amostra 04 	Amostra 05 	Amostra 06 

Nota: Magnificação em 8x. Fonte: o autor.

As amostras 03, 04, 05 e 06 evidenciaram maior desenvolvimento micelial, caracterizado por uma colonização mais intensa do substrato, formação de uma rede de hifas mais homogênea e melhor interação entre as partículas, resultando em uma estrutura mais coesa e estável do biocompósito. Esse comportamento pode estar associado à adição do bagaço de cana-de-açúcar, cuja composição lignocelulósica e maior disponibilidade de nutrientes favorecem o crescimento fúngico. A presença desse resíduo agroindustrial possivelmente contribuiu para o estímulo do metabolismo do micélio e para a expansão da rede micelial, refletindo em um desempenho estrutural superior das amostras analisadas.

Observou-se que as amostras compostas exclusivamente por fibra de coco, 01 e 02, não apresentaram desenvolvimento micelial interno significativo. Embora tenha sido identificado crescimento superficial em alguns casos, a colonização no interior do

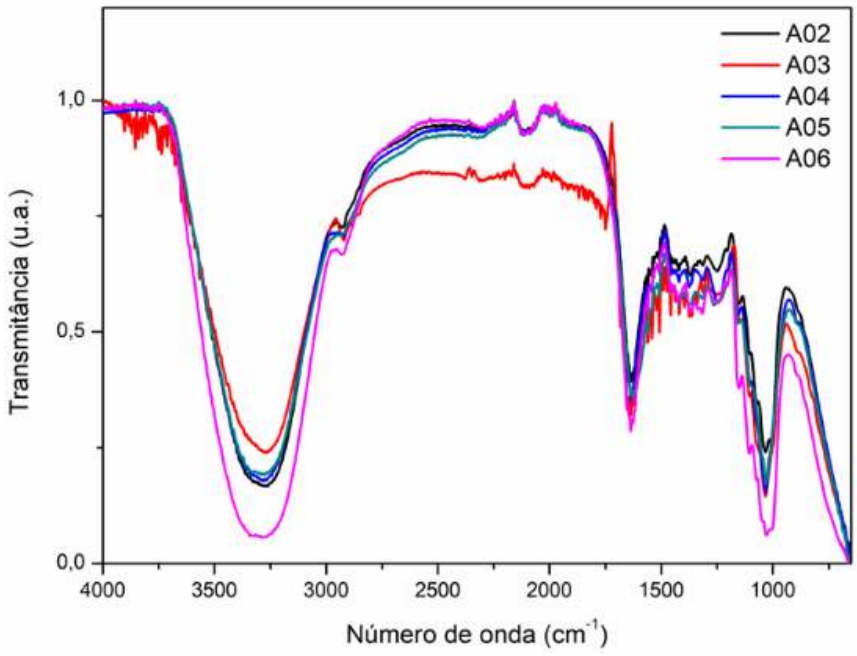
material mostrou-se limitada. Esse comportamento pode estar relacionado às características físicas da fibra de coco, como maior densidade e estrutura mais compacta, que dificultam a penetração e a expansão das hifas no substrato. A amostra 01 apresentou desenvolvimento de bolor, e por isso foi descartada, para não contaminar o restante dos materiais.

B. Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier

A análise por FTIR permitiu identificar grupos funcionais característicos dos materiais lignocelulósicos, como bandas associadas à celulose, hemicelulose e lignina. Além disso, foram observadas variações nas intensidades das bandas, sugerindo interações químicas entre o micélio e o substrato, possivelmente relacionadas à degradação parcial da lignina e assimilação de compostos orgânicos pelo fungo. Esses resultados indicam que o crescimento micelial promove modificações na estrutura química dos materiais utilizados.

Nos espectros de FTIR obtidos para os biocompósitos (Figura 2), observou-se bandas largas em 3447 cm^{-1}, atribuída ao estiramento de grupos –O–H livres presentes na celulose e hemicelulose, bem como à contribuição de água adsorvida na estrutura [25]. A banda em 3128 cm^{-1} está associada a grupos –O–H envolvidos em ligações de hidrogênio, cujo enfraquecimento da ligação resulta em deslocamento para menores energias vibracionais [26][27]. O sinal em 2928 cm^{-1} é característico das vibrações de estiramento de ligações C–H, CH_2 e CH_3, típicas das cadeias alifáticas da celulose e hemicelulose [25].

Figura 2: Gráfico que mostra os Espectros de FTIR



Fonte: o autor.

Na região de 1737 cm^{-1}, observou-se uma banda associada ao estiramento de ligações C=O de grupos carboxílicos e funções acetila, frequentemente presentes na hemicelulose. As bandas em 1620 e 1519 cm^{-1} são atribuídas às vibrações de

estiramento C=C de estruturas aromáticas da lignina [25][26][28]. Já na faixa entre 1470 e 1300 cm^{-1}, observou-se bandas relacionadas às vibrações de deformação de grupos $–CH_2$ e $–CH_3$. A banda em 1249 cm^{-1} pode ser atribuída tanto ao estiramento C–O quanto às vibrações associadas aos anéis aromáticos da lignina [29].

A região entre 1200 e 1000 cm^{-1} apresenta uma banda larga, com máximo em torno de 1036 cm^{-1}, associada às vibrações de estiramento simétrico e assimétrico de ligações C–O–C da celulose e hemicelulose [28]. De modo geral, os espectros FTIR apresentam perfis bastante semelhantes entre as amostras, indicando a manutenção de uma mesma matriz química base, característica de materiais lignocelulósicos.

As principais diferenças observadas nos espectros concentram-se na intensidade relativa das bandas, especialmente na região de 1200 e 1000 cm^{-1}, sugerindo variações na proporção relativa de componentes oxigenados da matriz. No entanto, como não há deslocamentos significativos nas posições das bandas nem mudanças qualitativas evidentes, essas variações devem ser interpretadas como indicativo de homogeneidade composicional. Isoladamente, os espectros não evidenciam processos específicos de degradação ou modificação química superficial, indicando que a natureza química do biocompósito não foi significativamente alterada, o que possivelmente favoreceu um crescimento micelial semelhante entre as amostras analisadas.

Os resultados evidenciaram que o tipo de substrato exerceu influência direta no desenvolvimento micelial e nas características estruturais dos biocompósitos. As amostras contendo bagaço de cana-de-açúcar (03–06) apresentaram colonização mais intensa, rede micelial homogênea e maior coesão entre as partículas, comportamento atribuído à composição lignocelulósica desse resíduo e à sua maior disponibilidade de nutrientes, que favorecem o metabolismo fúngico e a expansão das hifas. As amostras compostas exclusivamente por fibra de coco (01 e 02) apresentaram colonização predominantemente superficial, possivelmente em razão da maior densidade e compacidade do material, que dificultam a penetração das hifas. A contaminação verificada na amostra 01 reforça ainda a importância do controle das condições experimentais durante o processo produtivo.

As amostras 05 e 06, contendo adição de papelão, apresentaram aumento significativo na intensidade das bandas associadas a grupos hidroxila (~3400 cm^{-1}) e ligações C–O–C (~1200–900 cm^{-1}), características típicas de materiais lignocelulósicos. Esse comportamento está diretamente relacionado à composição do papelão, rico em celulose e hemicelulose, o que contribui para o aumento da fração de polissacarídeos no compósito. A maior intensidade observada, especialmente na amostra A06, sugere uma maior incorporação das fibras celulósicas e possível intensificação da interação entre o micélio e o substrato, resultando em uma estrutura quimicamente mais ativa e potencialmente mais densificada.

A combinação adequada de substratos lignocelulósicos pode otimizar as propriedades dos biocompósitos de micélio, tornando-os materiais promissores para aplicações sustentáveis na construção civil, especialmente em componentes não estruturais. Do ponto de vista térmico, a estrutura porosa e a composição lignocelulósica do material

contribuem para a redução das trocas de calor entre ambientes, aproximando esses biocompósitos de soluções já consolidadas no mercado, como painéis de cortiça e lã mineral. Em relação ao desempenho acústico, a porosidade interna favorece a absorção sonora por dissipação nas interfaces ar-sólido, sendo eficaz na atenuação de ruídos em médias e altas frequências. A variação na densidade entre as amostras sugere ainda a possibilidade de ajuste dessas propriedades por meio da seleção e combinação dos substratos.

Dessa forma, os biocompósitos de micélio produzidos a partir de resíduos agroindustriais se configuram como alternativas viáveis e sustentáveis para a fabricação de placas de revestimento com potencial funcionalidade térmica e acústica, alinhadas aos princípios da economia circular e ao desempenho ambiental de edificações.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que biocompósitos à base de micélio produzidos com resíduos lignocelulósicos apresentam potencial para aplicação na construção civil. O tipo de substrato foi determinante: o bagaço de cana-de-açúcar promoveu melhor colonização e maior coesão estrutural, enquanto a fibra de coco limitou o crescimento interno das hifas. A adição de papelão atuou como reforço lignocelulósico, aumentando a fração de polissacarídeos e favorecendo a interação entre micélio e substrato, resultando em compósitos mais densos e coesos. As análises por FTIR indicaram a preservação da matriz lignocelulósica e o papel do micélio como agente ligante natural.

Os resultados reforçam a relação entre composição do substrato e desempenho do material, destacando o uso combinado de bagaço e papelão como estratégia promissora. Cabe ressaltar que este estudo se encontra em fase inicial de desenvolvimento, tendo como foco a análise do comportamento micelial e das características estruturais dos biocompósitos produzidos. Etapas subsequentes preveem a produção de novas amostras e a realização de ensaios específicos para a caracterização das propriedades térmicas e acústicas dos materiais, por meio de metodologias normalizadas. Esses dados serão fundamentais para avaliar o desempenho real dos biocompósitos em condições de uso e para subsidiar sua aplicação futura como componentes de revestimento na construção civil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ao Laboratório de Planejamento e Projeto (LPP), ao Laboratório de Polímeros (LabPol) e ao Laboratorio Multiusuário de Instrumetnação (LabMinst).

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] OJIJA, Fredrick et al. Biodiversity conservation and construction industry: Impacts, regulatory frameworks, and challenges. **CABI Reviews**, v. 20, n. 1, p. 0032, 2025.

[2] PAIVA, Ingrid Eduarda Alves; DE OLIVEIRA PINTO FILHO, Jorge Luis. Abordagens da gestão ambiental na construção civil: uma revisão abrangente da literatura. **Editora Licuri**, p. 16-28, 2024

[3] MARCHI, Cristina M. Dacach Fernandez; BOHANA, Mirela Carvalho; DE JESUS, Gilciana. Resíduos de Construção Civil no Brasil e na Itália: Enfoque nas Normas e nas Tecnologias de Sustentabilidade. **Boletim do Gerenciamento**, n. 45, 2024.

[4] ROBERTSON, Owen et al. Fungal Future: A review of mycelium biocomposites as an ecological alternative insulation material. **DS 101: Proceedings of NordDesign 2020, Lyngby, Denmark, 12th-14th August 2020**, p. 1-13, 2020.

[5] GIROMETTA, Carolina et al. Physico-mechanical and thermodynamic properties of mycelium-based biocomposites: A review. **Sustainability**, v. 11, n. 1, p. 281, 2019.

[6] JONES, Mitchell et al. Thermal degradation and fire reaction properties of mycelium composites. In: **Proceedings of the 21st international conference on composite materials, Xi'an, China**. 2017. p. 20-25.

[7] LINGAM, Divnesh et al. Engineered mycelium-based composite materials: Comprehensive study of various properties and applications. **Construction and Building Materials**, v. 391, p. 131841, 2023.

[8] HOA, Ha Thi; WANG, Chun-Li. The effects of temperature and nutritionalconditions on mycelium growth of two oyster mushrooms (Pleurotus ostreatus and Pleurotus cystidiosus). **Mycobiology**, v. 43, n. 1, p. 14-23, 2015.

[9] WALTER, Natalie; GÜRSOY, Benay. A study on the sound absorption properties of mycelium-based composites cultivated on waste paper-based substrates. **Biomimetics**, v. 7, n. 3, p. 100, 2022.

[10] SHAKIR, Mohammad Aliff; AHMAD, Mardiana Idayu. Avanços em bioprodutos: uma visão sobre os fatores de falha na fabricação de compósitos de micélio. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining** , v. 18, n. 5, p. 1739-1754, 2024.

[11] FARUK, O. *et al.* Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. **Progress in Polymer Science**, [S.l.], v. 37, n. 11, p. 1552–1596, 2012.

[12] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Subprodutos da cana-de-açúcar**. Brasília: Embrapa, 2025.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023**. São Paulo: ABRELPE, 2023.

[14] CORDEIRO, N. *et al.* Chemical composition and properties of coconut fiber. **Industrial Crops and Products**, [S.l.], v. 29, n. 2-3, p. 407–415, 2009.

[15] ESPOSITO, Elisa; AZEVEDO, João Lúcio de. **Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia.** 2. ed. rev. e ampl. Caxias do Sul: EDUCS, 2010.11.

[16] MOTAMEDI, S.; ROUSSE, D. R.; PROMIS, G. A review of mycelium bio-composites as energy-efficient sustainable building materials. **Energies**, v. 18, n. 16, 2025.

[17] OGBONNA, C. N. et al. Mycelium based composites: A review of their bio-fabrication procedures, material properties and potential for green building and construction applications. **Alexandria Engineering Journal**, v. 83, p. 234–250, 2023.

[18] ALANEME, K. K. et al. Mycelium based composites: A review of their bio-fabrication procedures, material properties and potential for green building and construction applications. **Alexandria Engineering Journal**, 2023. DOI: 10.1016/j.aej.2023.08.079.

[19] SIDDIQUE, M. A. B. et al. Towards carbon-neutral built environment: A critical review of mycelium-based composites**. Energy and Built Environment**, v. 7, n. 3, p. 552–570, 2026.

[20] JONES, M. P. et al. Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. **Materials & Design**, v. 187, 2020.

[21] KAISER, Romy et al. BioKnit: development of mycelium paste for use with permanent textile formwork. **Frontiers in bioengineering and biotechnology,** v. 11, p. 1229693, 2023.

[22] LY, Lina; JITJAK, Wuttiwat. Biocomposites from agricultural wastes and mycelia of a local mushroom, Lentinus squarrosulus (Mont.) Singer. **Open Agriculture**, v. 7, n. 1, p. 634-643, 2022.

[23] ATTIAS, N. et al. Mycelium bio-composites in industrial design and architecture. **Journal of Cleaner Production**, v. 246, p. 119037, 2020.

[24] ELSACKER, E. et al. Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. **PLOS ONE**, v. 15, n. 7, 2020.

[25] KUMAR, S. *et al.* Weak alkaline treatment of wheat and pearl millet straw for enhanced biogas production and its economic analysis. **Renewable Energy**, [S.l.], v. 139, p. 753–764, 2019.

[26] TAHERDANAK, M.; ZILOUEI, H. Improving biogas production from wheat plant using alkaline pretreatment. **Fuel**, [S.l.], v. 115, p. 714–719, 2014.

[27] SILVERSTEIN, R. M. *et al.* **Spectrometric identification of organic compounds**. 8. ed. New York: John Wiley & Sons, 2015. 464 p.

[28] SIENGCHUM, T.; ISENBERG, M.; CHUANG, S. S. C. Fast pyrolysis of coconut biomass – An FTIR study. **Fuel**, [S.l.], v. 105, p. 559–565, 2013.

[29] RAHMANI, A. M. *et al.* Pretreatment methods to enhance solubilization and anaerobic biodegradability of lignocellulosic biomass (wheat straw): progress and challenges. **Fuel**, [S.l.], v. 319, p. 123726, 2022.