

UTILIZAÇÃO DE DIÓXIDO DE TITÂNIO (TiO₂) E BIOCHAR NA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR SEMENTE LIGNOCELULÓSICAS

Camila Camargo Gomes¹, André Lazarin Gallina¹

¹Universidade Estadual do Centro-Oeste

Palavras-chave

fotocatálise, pirólise, nanotubos.

Resumo

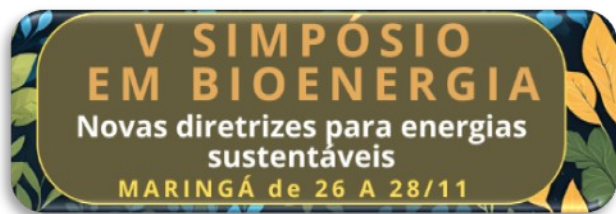
O pré tratamento de biomassa para conversão de biomassa em biocombustíveis por fotocatalise, é uma abordagem que com potencial significativo para a obtenção de níveis mais altos de processo químico sustentáveis. O estudo propõe a produção de nanotubos de TiO₂ pelo método hidrotérmico alcalino e de biochar por pirólise, aplicando-os no pré-tratamento fotocatalítico da biomassa de HB e imobilização de enzimas nos nanotubos para hidrólise enzimática, visando a possibilidade de reutilização do catalisador e enzimas. As caracterizações serão realizadas por DRX, MEV-EDX e TGA, além da análise físico-química do biochar: Teor de umidade, pH, material volátil, teor de cinzas, e carbono fixo. Espera-se redução do tempo de hidrólise, desintoxicação do mosto, aumento do rendimento fermentativo e estabilidade enzimática, promovendo a reutilização de catalisadores e enzimas, e contribuindo para o avanço de processos sustentáveis na produção de biocombustíveis.

Introdução

Mesmo com várias ações para melhorar a eficiência no uso de energia, a demanda mundial por energia continua aumentando. A maior parte da demanda global de energia primária é atendida por combustíveis fósseis, que representam 81,5% em 2023. Essa tendência de crescimento persiste, apesar dos esforços para aumentar a instalação de centros de produção de energia renovável e da redução da demanda energética nos países desenvolvidos (MAZARIEGOS et al., 2025).

Uma ferramenta que vem se mostrando indispensável na sustentabilidade ambiental é a catálise, por impulsionar reações químicas que são energeticamente eficiente e ecologicamente corretas, os termos eletrocatalise e fotocatalise demonstram capacidades de degradação de poluentes, produção de energia limpa, processos de conversão de resíduos em recursos (ABBASI, 2025).

O pré tratamento de biomassa para conversão em biocombustíveis por fotocatalise, é uma abordagem que com potencial significativo para a obtenção de níveis mais altos de processo



químico sustentáveis (WANG et al., 2024). Pois a fotocatalise usa a clivagem seletiva das ligações C-O e C-C na lignina, sendo crucial para a quebra de sua estrutura complexa, esta clivagem seletiva permite a despolimerização da lignina em compostos aromáticos precursores de biocombustíveis (CHAN; EPELLE, 2025).

A utilização do TiO_2 em processos fotocatalíticos tem se mostrado promissor para o tratamento de biomassa, pois este catalisador possui alto potencial de oxidação sob UV, estabilidade química, reutilizabilidade trazendo custo benefício e compatibilidade ambiental (THEERAKARUNWONG; CHOUYCHAI; KHOMPUN, 2025).

O biochar sendo um composto de carbono poroso, possui características como: superfície, estruturas e grupos funcionais, faz com que possa ser empregado como um catalisador para geração de biocombustíveis. Além disso, também podem facilitar a deriva de um catalisado, pois seus grupos funcionais presente na superfície são conhecidos pela adsorção de precursores metálicos (VAN NHANH NGUYEN et al., 2024).

Este trabalho tem por objetivo propor a análise da viabilidade da utilização do dióxido de titânio (TiO_2) no pré tratamento por fotocatalise de biomassa de HB, desintoxicação do mosto por biochar e a encapsulação de enzimas comerciais nos nanotubos para hidrólise enzimática,

Material e métodos

Matéria prima utilizada

Grimpa de reservas ambientais da cidade de Porto Barreiro/PR e resíduo da extração do óleo da semente de HB cedidas pelas empresas APABOR e TH.

Hidrólise ácida

Para o pré tratamento da biomassa será realizado um procedimento de acordo com a metodologia de Kim., et al (2025). Onde serão realizados ensaios com ácido sulfúrico diluído em uma proporção de 0- 5% peso de H_2SO_4 em 1g da amostra em 115 °C por 50 minutos.

Preparo dos nanotubos de TiO_2

O preparo dos nanotubos de TiO_2 será realizado por meio do método hidrotérmico, baseando na metodologia de Kasuga et al (1998) onde 5 g de TiO_2 será adicionado em 100 mL de uma solução de NaOH (10 mol.L^{-1}) e realizada a uma agitação por 1 h a 50 °C, após homogeneização a mistura será transferida para o tratamento hidrotérmico em autoclave em 110 °C por 20 h. Após o



tratamento o material será lavado com água deionizada e HCl $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ até atingir a neutralidade, e por fim levado a calcinação em 600°C durante 1 hora (referências mais novas). Para a caracterização serão realizadas difração com raio x (DRX), Microscopia eletrônica de varredura (MEV) acoplada a um analisador de raio X por dispersão de energia (EDX), análise termogravimétrica (TGA). Para o pré tratamento da biomassa de HB por meio de fotocatalise será realizado utilizando um fotoreator com luz UV sobre uma chapa de aquecimento em 70°C , 50 g de HB será misturado na suspensão de nanotubos de TiO_2 (1, 2 e 3 wt%) por períodos variados de 1, 2 e 3 horas (THEERAKARUNWONG; CHOUYCHAI; KHOMPUN, 2025).

Desintoxicação do hidrolisado

O biochar será produzido pela metodologia adaptada de Hasanzadeh., et al (2023) de pirólise de matéria prima que será a grimpá fornecida pela prefeitura de Porto Barreiro/PR sob condições de baixo oxigênio a 500°C em um período de 6 horas. Ele será utilizado para a desintoxicação do mosto após os processos de hidrólise por 2 horas. As caracterizações do biochar em serão: Teor de umidade, pH, material volátil, teor de cinzas, e carbono fixo.

Hidrólise enzimática

Para o encapsulamento da enzima nos nanotubos o método seria por adsorção simples, onde a enzima é confinada com baixa mobilidade, mas permanecendo como componentes livres, permanecendo presa na matriz do material a tornando mais estável e facilitando a recuperação (GAMA et al., 2024). A enzima será adquirida comercialmente e para o método, será adicionada a uma solução tampão de fosfato em temperatura e pH ideal dependendo da ficha técnica da enzima, então será adicionado os nanotubos a esta solução sob agitação.

Quantificação de açúcares redutores

A concentração de açúcares redutores será avaliada pelo método de Miller (1959), utilizando-se o método do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS).

Fermentação e destilação

Com a produção desse trabalho os resultados esperados serão: Redução do tempo de reação no processo de hidrólise de biomassa; desintoxicação do mosto dos inibidores de fermentação por



meio do biochar, gerando maiores rendimentos de etanol; estabilidade enzimática aumentada e potencial de reutilização do catalizador e enzimas durante os processos de hidrólise.

Agradecimentos

Agradeço ao órgão de fomento de pesquisa CAPES pelo incentivo com a bolsa de pesquisa, a Universidade Estadual do Centro – Oeste do Paraná (UNICENTRO) ao programa de pós graduação em Bioenergia, ao grupo de pesquisa InovaBioS, as empresas APABOR e TH Tonus por fornecer as sementes de HB e a Prefeitura de Porto Barreiro através da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Proteção Animal e Sustentabilidade, ao Fundo Municipal de Meio Ambiente e as Unidades de Conservação pelo fornecimento de material para a produção do biochar e financiamento.

Referências

- ABBASI, E. Integrated Thermocatalytic and Photocatalytic Valorization of *Hermetia illucens* Biomass for Renewable Fuel and Chemical Production. **Cleaner and Circular Bioeconomy**, v. 12, p. 100168–100168, 28 jul. 2025
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS ANP. **Relatório Mensal do Controle da Qualidade de Combustíveis**. ANP. 2018
- CHAN, E.; EPELLE, E. I. Advanced oxidation for optimising biomass-to-biofuel conversion. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 13, n. 5, 6 ago. 2025
- GAMA, L. et al. Advancements in enzyme immobilization on magnetic nanomaterials: toward sustainable industrial applications. **RSC Advances**, v. 14, n. 25, p. 17946–17988, 1 jan. 2024.
- HASANZADEH, M. et al. Persulfate-assisted heterogeneous photocatalytic degradation of furfural from aqueous solutions using TiO₂-ZnO/biochar composite. **Heliyon**, v. 9, n. 11, p. e21421, nov. 2023
- KASUGA, T. et al. Formation of Titanium Oxide Nanotube. **Langmuir**, v. 14, n. 12, p. 3160–3163, 23 maio 1998.
- KIM, S. et al. Bioconversion of xylan in peanut husks to xylitol without detoxification by optimizing the diluted acid hydrolysis process. **Industrial Crops and Products**, v. 224, p. 120339, fev. 2025.
- MAZARIEGOS, I. et al. Reducing fossil fuel demand by using biofuels as an alternative hydrothermal liquefaction is a promising process for transforming biomass into drop-in fuels. **RSC Sustainability**, v. 3, n. 8, p. 3228–3265, 2025.
- Theerakarunwong, C. D., Chouychai, W., & Khompun, W. (2025). Bioethanol conversion from lignocellulosic biomass: a combined TiO₂ photocatalytic pretreatment and Pt/WO₃-catalyzed chemocatalytic reaction. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**. <https://doi.org/10.1002/bbb.2755>
- VAN NHANH NGUYEN et al. Biochar-based catalysts derived from biomass waste: production, characterization, and application for liquid biofuel synthesis. **Biofuels Bioproducts and Biorefining**, v. 18, n. 2, p. 594–616, 1 fev. 2024.
- WANG, H. et al. Photothermal catalytic enhancement of lignocellulosic biomass conversion: A more efficient way to produce high-value products and fuels. **Chemical engineering journal**, p. 153772–153772, 1 jul. 2024.