

Uso de tortas de extração de óleos amazônicos para síntese de catalisadores heterogêneos básicos e aplicação na reação de transesterificação

Klemerson L. da Silva^{1*}, Thaissa S. Ribeiro¹, Izadora de A. Sobrinho¹, Deborah da C. Fonseca², Beatriz dos S. Silva³, Matheus A. Gonçalves⁴, Geraldo N. da R. Filho¹, Leyvison R. V. da Conceição^{1,2,4}

¹Laboratório de Catálise e Oleoquímica, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará (klemersonluizsilva@gmail.com)

²Laboratório de Catálise e Oleoquímica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Campus Belém

³Laboratório de Catálise e Oleoquímica, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará

⁴Laboratório de Catálise e Oleoquímica, Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Pará

Resumo/Abstract

RESUMO - Este estudo utilizou resíduos amazônicos de torta de andiroba (TA) e buriti (TB) para produzir hidrocarvões (HCTA e HCTB) por carbonização hidrotérmica (180 °C, 24 h), que foram funcionalizados por impregnação via úmida com NaAlO₂ e Na₂SiO₃ (20% de sódio), originando catalisadores básicos (20Na/HCTA e 20Na/HCTB). Os materiais foram caracterizados por FTIR e MEV e aplicados na transesterificação do óleo de soja sob condições de 80 °C, razão 15:1, 5% de catalisador e 2 h, alcançando teores de éster acima de 50% até o 4º ciclo, confirmando eficiência e potencial de reutilização.

Palavras-chave: carbonização hidrotérmica, catálise heterogênea, biomassas residuais, biocarvão, biodiesel.

ABSTRACT - This study used Amazonian residues of andiroba (TA) and buriti (TB) cake to produce hydrochars (HCTA and HCTB) by hydrothermal carbonization (180 °C, 24 h), which were functionalized by wet impregnation with NaAlO₂ and Na₂SiO₃ (20% sodium), originating basic catalysts (20Na/HCTA and 20Na/HCTB). The materials were characterized by FTIR and SEM and applied in the transesterification of soybean oil under conditions of 80 °C, 15:1 ratio, 5% catalyst and 2 h, reaching ester contents above 50% until the 4th cycle, confirming efficiency and reuse potential.

Keywords: hydrothermal carbonization, heterogeneous catalysis, residual biomass, biochar, biodiesel.

Introdução

O biodiesel é uma alternativa renovável e sustentável aos combustíveis fósseis, produzido por transesterificação ou esterificação de triglicerídeos com álcoois. Apesar do uso predominante de catalisadores homogêneos, suas limitações, como alto consumo de água na purificação e geração de resíduos, impulsionam a busca por catalisadores heterogêneos, que são reutilizáveis, menos corrosivos e ecologicamente corretos (1).

O uso de hidrocarvões obtidos por carbonização hidrotérmica como suportes tem se destacado pela sua porosidade, estabilidade e presença de grupos funcionais (2). Este estudo propõe a produção de hidrocarvões a partir de resíduos de andiroba e buriti, funcionalizados com silicato e aluminato de sódio para aplicação como catalisadores básicos na transesterificação do óleo de soja visando à síntese de biodiesel.

Experimental

Síntese do catalisador

As tortas de andiroba e Buriti foram trituradas para obter partículas menores. Em seguida, realizou-se tratamento hidrotérmico a 180 °C por 24 h para obter o hidrocarvão

(HCTA e HCTB). Os hidrocarvões foram lavados e secos. Os suportes foram pesados e adicionados em béqueres contendo 40 mL de água destilada e aos precursores catalíticos NaAlO₂ e Na₂SiO₃, relacionado a 20% de sódio, foram agitados e secos a 105 °C. Por fim, os materiais foram calcinados à 600 °C (HCTA) e 400 °C (HCTB) por 4 h e 1 h, respectivamente, obtendo-se os catalisadores 20Na/HCTA e 20Na/HCTB.

Caracterização dos materiais

Os espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR) foram registados em um espectrômetro BRUKER modelo VERTEX 70v, faixa espectral de 4000-300 cm⁻¹, resolução de 4 cm⁻¹ e 32 acumulações. As micrografias superficiais foram determinadas utilizando Microscópio Tescan, modelo VEGA 3 LMU, operando com tensão de aceleração de 10 e 15 kV.

Síntese de biodiesel

As reações de transesterificação do óleo de soja foram conduzidas a 80 °C por 2 h, com 5% (m/m) de catalisador e razão molar MeOH:óleo de 15:1. Após a reação, o catalisador foi recuperado por centrifugação, lavado, seco a 105 °C e reutilizado. Os produtos foram separados por

decatuação, o biodiesel foi purificado com lavagens a 80 °C e seco a 60 °C para posterior análise do teor de éster.

Resultados e Discussão

Influência da concentração de fase ativa

A influência da concentração de sódio na composição final do catalisador foi estudada em relação ao teor de éster do biodiesel obtido, conforme a Figura 1. As reações foram realizadas em condições reacionais não otimizadas.

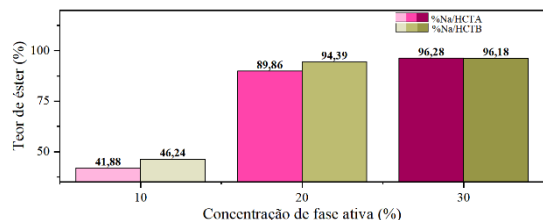


Figura 1. Influência da concentração de sódio nos catalisadores

A transesterificação ocorre nos sítios ativos expostos na superfície do catalisador, determinando diretamente sua atividade catalítica (6). O aumento da carga de fase ativa de 10% para 20% promoveu elevação significativa no teor de éster para ambos os catalisadores, ultrapassando 89%. Já a elevação para 30% resultou em acréscimo mínimo, com valores próximos a 96% para ambos os sistemas, indicando que 20% de fase ativa é suficiente para alcançar alta eficiência, tornando desnecessário o aumento para 30%.

Análise de Infravermelho com Transformada de Fourier

Os espectros FT-IR dos suportes, fases ativas e catalisadores sintetizados podem ser visualizados na Figura 2.

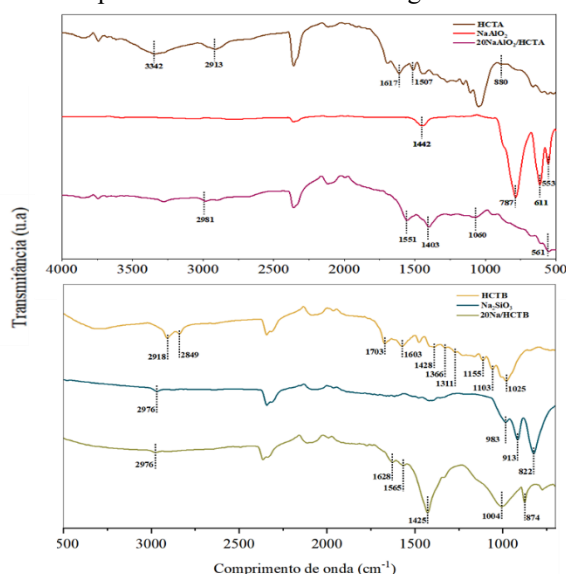


Figura 2. Espectros FT-IR para os materiais sintetizados

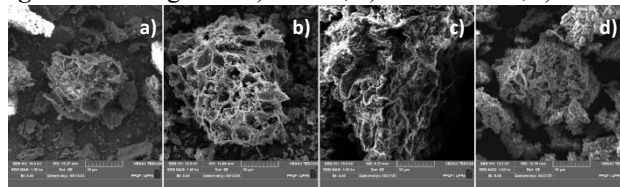
Os espectros de FTIR confirmaram as características lignocelulósicas dos suportes HCTB e HTCA, com bandas atribuídas a grupos C=O, C=C aromático, C-H e C-O/C-O-C (3). As fases ativas apresentaram sinais específicos: o Na₂SiO₃ exibiu bandas de Si-O-Si, Si-O-Na e O-Si-O,

enquanto o NaAlO₂ mostrou absorções relacionadas a carbonatos, AlO₄, Al-O e O-Na-O. Nos catalisadores 20Na/HCTB e 20NaAlO₂/HTCA, houve sobreposição das bandas dos suportes com novas absorções típicas das fases ativas, demonstrando o sucesso da funcionalização por impregnação via úmida (4, 5).

MEV

Mostra-se a morfologia superficial dos hidrocarvões e catalisadores após a funcionalização. Observa-se que os suportes (HCTA e HCTB) apresentam estrutura irregular e a presença de poros, característica importante para adsorção e ancoragem da fase ativa (7). Após a impregnação com aluminato e silicato de sódio, há redução da porosidade e presença de aglomerados na superfície, indicando deposição das fases ativas. Essas modificações confirmam a interação entre os compostos impregnados e os hidrocarvões, evidenciando o sucesso do processo de funcionalização (8).

Figura 3. Micrografias a) HCTA, b) 20Na/HCTA, c) HCTB



e d) 20Na/HCTB aumentadas 1000x.

Conclusões

Biomassas residuais foram convertidas em hidrocarvões (HCTA e HCTB) por carbonização hidrotérmica e funcionalizadas com aluminato e silicato de sódio por impregnação via úmida. A caracterização por FTIR confirmou a incorporação das fases ativas, e os catalisadores aplicados na transesterificação do óleo de soja apresentaram eficiência e potencial de reutilização, evidenciando uma rota sustentável para produção de biodiesel.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Catálise e Oleoquímica (LCO/UFPA), ao Laboratório de Pesquisa e Análise de Combustíveis (LAPAC/UFPA) e ao Laboratório de Espectroscopia vibracional e altas pressões (LEVAP/UFPA).

Referências

1. H. Pan; et al. Energy Convers. Manag. **2018**, 166, 534–544.
2. F. Jamil; et al., Energy Convers. Manag.: X **2021**, 10, 100047.
3. L. C. C. Demosthenes; et al., J. Mater. Res. Technol. **2024**, 21, 1–14.
4. H. C. L. Santos; et al. Process Saf. Environ. Prot. **2024**, 189, 228–245.
5. T. S. Ribeiro; et al. Molecules **2023**, 28(24), 7980.
6. K. Liu; et al. Ren. Energy, v. 127, **2018**, 531-538.
7. A.P.L. Corrêa; et al. Arabian J. Chem. **2023**, 16.
8. F. Guo; et al. Fuel Process. Technol. **2010**, 91, 322–328.