

Craqueamento Termocatalítico do Óleo de *Moringa Oleífera* Lam. Utilizando Catalisadores USY-Zeolite com Diferentes Razões de Si/Al

Manoel B. de Lima Neto¹; Anne Layanne M. de Souza^{1*}; Jefferson Lhankaster T. Guerra Filho¹; ¹; Adriana P. B. dos Santos¹; Amanda D. Gondim²; Daniele da S. Oliveira¹; Vinícius P. S. Caldeira¹; Anne G. D. S. Caldeira¹.

¹Laboratório de Catálise, Ambiente e Materiais (LACAM), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Mossoró-RN, 59610-210, Brasil; *annelayanne@gmail.com

²Laboratório de Análises Ambientais, Processamento Primário e Biocombustíveis (LABPROBIO)/Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal-RN, 59078-970, Brasil.

Resumo/Abstract

RESUMO – Devido ao aumento da emissão de gases do efeito estufa pelo uso excessivo de combustíveis fósseis, buscam-se alternativas sustentáveis para minimizar esses impasses. Desta forma, o craqueamento termocatalítico de óleos vegetais surge como uma maneira promissora para suprir essa necessidade. Neste trabalho, buscou-se produzir biocombustíveis por meio do craqueamento termocatalítico do óleo de *Moringa oleífera* Lam., avaliando a atividade catalítica de zeólitas USY comerciais de distintas razões Si/Al. Nas curvas de TG/DTG observou-se que o craqueamento do óleo apresentou um evento principal de perda de massa, referente à decomposição e volatilização da mistura de componentes saturados e insaturados presentes no óleo. A USY com razão Si/Al igual a 15 mostrou-se mais eficiente nesse processo, reduzindo a faixa de temperatura e a temperatura máxima de degradação do óleo, sendo, este, influenciado pelas propriedades catalíticas desses catalisadores.

Palavras-chave: Oleaginosa, Catalisadores heterogêneos, Craqueamento termocatalítico

ABSTRACT – Due to the increase in greenhouse gas emissions from excessive use of fossil fuels, sustainable alternatives are sought to minimize these impasses. Thus, the thermocatalytic cracking of vegetable oils appears as a promising way to meet this need. In this work, it was sought to produce biofuels by thermocatalytic cracking of *Moringa oleífera* oil Lam., evaluating the catalytic activity of commercial USY zeolites of different ratios Si/Al. In the TG/DTG curves it was observed that the cracking of the oil presented a main event of mass loss, referring to the decomposition and volatilization of the mixture of saturated and unsaturated components present in the oil. USY with Si/Al ratio equal to 15 was more efficient in this process, reducing the temperature range and maximum oil degradation temperature, being influenced by the catalytic properties of these catalysts.

Keywords: Oleaginous, Heterogeneous catalysts, Thermocatalytic cracking.

Introdução

Diante da alta emissão de gases do efeito estufa (GEE) como o dióxido de carbono (CO₂), produzidos após a queima de combustíveis fósseis, buscam-se alternativas sustentáveis capazes de mitigar os problemas causados pelo uso exacerbado de fontes fósseis para a geração de energia (1, 2). Dentre os recursos e métodos disponíveis para essa finalidade, o craqueamento termocatalítico do óleo de *Moringa oleífera* Lam destaca-se como fonte promissora para a produção de biocombustíveis, devido à planta possuir um rápido crescimento, baixa necessidade de cuidados e render cerca de 40 % de óleo (1,2,3).

Entretanto, na obtenção do biocombustível, o tipo de catalisador influencia diretamente na reação devido à sua capacidade de diminuir o gasto de energia da ativação de conversão, sendo necessário utilizar um catalisador eficaz nesse processo (2,4). Dentre os catalisadores, as zeólitas comerciais USY (reconhecidas ainda pelo código CBV), destacam-se como uma escolha propícia na produção de biocombustíveis em virtude de suas propriedades estruturais e catalíticas (1,4).

Diante do exposto, o presente trabalho visa avaliar a atividade catalítica de zeólitas comerciais USY, com

diferentes razões de Si/Al, em processos de craqueamento do óleo de *Moringa oleífera* Lam., visando promover a produção de biocombustíveis.

Experimental

As zeólitas USY (conhecidas pelo código CBV) foram obtidas da *Zeolyst International* com diferentes razões molares de Silício/Alumínio, sendo elas CBV 500 = 2,6; CBV 720 = 15; e CBV 780 = 40. Os materiais foram caracterizados através da Difração de Raios - X (DRX), Adsorção e Dessorção de N₂ a 77K e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). O processo de craqueamento termocatalítico do óleo de *Moringa* foi realizado no equipamento de termogravimetria da NETZSCH modelo STA 449 F3 Jupiter, com 10 % da massa do catalisador em relação a massa do óleo e taxa de aquecimento de 10 °C min⁻¹ na temperatura de 30 °C a 800 °C.

Resultados e Discussão

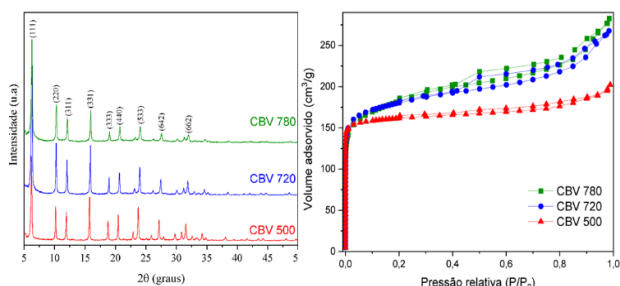


Figura 1. Difratoograma de Raios – X e Isotermas de Adsorção e Dessorção de Nitrogênio a 77K para o CBV 500, 720 e 780.

Na Figura 1 observa-se que, no difratograma as zeólitas apresentaram fases cristalinas referentes à estrutura tipo FAU. Além disso, é notória uma alta cristalinidade referenciada pelos picos intensos, conforme as posições das reflexões dos índices de Miller (111), (220), (311), (331), (333), (440), (533), (642) e (662), comparados ao padrão do banco de dados da Associação Internacional de Zeólitas - IZA (5).

Na análise de adsorção e dessorção de N₂, presente na Figura 1, a amostra CBV 500 exibiu isoterma do tipo I(a), característica de sólidos microporosos, conforme a classificação da IUPAC (6). Por outro lado, a CBV 720 e 780 apresentaram uma combinação das isotermas do tipo I(a) com a do tipo IV(a), característico de sólidos micro-mesoporosos, com ciclos de histerese do tipo H4 (4,6).

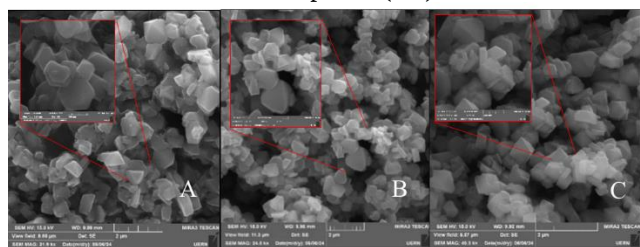


Figura 2. Imagens de MEV de CBV (A)500 (B)720 e (C)780.

Diante das análises de (MEV) dos catalisadores, presentes na Figura 2, identifica-se uma boa distribuição e uniformidade morfológica dos materiais. Para tanto, nota-se a presença de cristais em blocos de forma irregular de aglomerado, além de uma mesoporosidade uniforme intracristalina ao longo da estrutura dos cristais da zeólita (4,7,8).

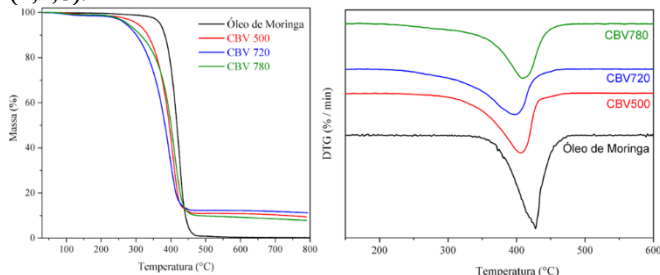


Figura 3. Curvas de TG do óleo de Moringa com os catalisadores.

Nas curvas termogravimétricas apresentadas na Figura 3, é notório a existência de um único evento de perda de massa. No caso do óleo de *Moringa*, esse evento aconteceu na faixa de temperatura de 330 a 476 °C, estando relacionado com a decomposição e volatilização de misturas de óleos saturados e insaturados presentes na composição do óleo (9,10).

Além disso, é possível observar que, com o uso dos catalisadores, as curvas de DTG deslocaram-se mais para a esquerda, com destaque para o CBV 720, quando comparadas com o óleo de *Moringa*. O catalisador CBV 720 apresentou atividade catalítica superior aos demais por exercer atividade em temperaturas inferiores. Isso se dá por este apresentar razão Si/Al igual a 15, sendo essa menor do que a razão do CBV 780. Desta forma, tal fato pode estar relacionado a maior presença de Al na estrutura, promovendo uma maior acidez e acessibilidade difusional do óleo nesse processo (11).

Conclusão

No presente trabalho, os catalisadores apresentaram atividade catalítica eficiente na diminuição da temperatura de degradação dos compostos presentes no óleo de *Moringa oleifera Lam*. Em análises, a amostra de CBV 500 apresentou apenas estrutura microporosa, enquanto a CBV 720 e 780 apresentaram características de sólidos micro-mesoporosos. No processo de termodegradação, o catalisador CBV 720 mostrou-se mais eficiente no processo de termodegradação catalítica, exercendo atividade em menores faixas de temperatura. Desta forma, os presentes resultados apresentam grandes potenciais para converter os compostos presentes no óleo de *Moringa* em biocombustíveis para que seja, portanto, possível substituir as fontes fósseis de energia.

Agradecimentos

A CAPES, CNPq, PPGCN, LACAM, LAMOP, UERN, LABPROBIO, UFRN e ao CBCAT.

Referências

1. L. P. Vega *et al.* *Energy Reports*, **2024**, *11*, 28-38.
2. M. Dafalla *et al.* *Bioresource Technology Reports*, **2025** 30.
3. N. M. Nebolisa *et al.* *Oil Crop Science*, **2023**, *8*, 16-26.
4. C. Molina *et al.* *Microporous and Mesoporous Materials*, **2025**, 392.
5. IZA - International Zeolite Association. <www.iza-structure.org>. Acesso em: 24 abr. 2025.
6. M. Thommes *et al.* *Pure and Applied Chemistry*, **2015**, *87*, 1051-1069.
7. Widyastuti *et al.* *South African Journal of Chemical Engineering*, **2024**, *50*, 27-38.
8. C. Chatelard *et al.* *Microporous and Mesoporous Materials*, **2023**, 357.
9. S. Gunalan *et al.* *Kuwait Journal of Science*, **2023**, *50*(3), 339-344.
10. M. Yang *et al.* *Food Chemistry: X*, **2022**, *14*.
11. J. Li *et al.* *Ciência Química*, **2023**.