



**HIDROTRATAMENTO DE ÓLEO DE COCO UTILIZANDO UM CATALISADOR
SULFETADO INOVADOR PARA PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEIS VERDES**

**HYDROTREATING COCONUT OIL USING AN INNOVATIVE SULFIDE CATALYST FOR
THE PRODUCTION OF GREEN FUELS**

**HIDROTRATAMIENTO DEL ACEITE DE COCO MEDIANTE UN INNOVADOR
CATALIZADOR DE SULFURO PARA LA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES
ECOLÓGICOS**



10.56238/IXSevenInternationalMultidisciplinaryCongress-035

Henrique Adolfo Vargas

Bacharel em Engenharia Química
Instituição: Universidade Estadual de Maringá
E-mail: pg407160@uem.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-6793-9560>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6718292093616174>

Eduarda Aouada Biágio

Mestra em Engenharia Química
Instituição: Universidade Estadual de Maringá
E-mail: pg56334@uem.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-3599-9987>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0270586827267286>

Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

Doutora em Engenharia Química
Instituição: Universidade Estadual de Maringá
E-mail: mhnoscaliante2@uem.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9090-9274>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1552509852504841>

Luiz Mario de Matos Jorge

Doutor em Engenharia Química
Instituição: Universidade Estadual de Maringá
E-mail: lmmjorge@uem.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1869-1957>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4636207655078294>

RESUMO

A diminuição progressiva das reservas de combustíveis fósseis e o aumento do interesse por fontes de energia renováveis, fizeram com que os óleos vegetais despertassem a atenção mundial como alternativa sustentável para a produção de combustíveis verdes. As reações de hidroxigenação

(HDO), descarboxilação (DCO₂) e descarbonilação (DCO), características do hidrotreatamento, promovem a conversão dessa matéria-prima a hidrocarbonetos com tamanhos de cadeias carbônicas variadas. Dessa forma, o óleo de Coco foi submetido a ensaios reacionais conduzidos nas temperaturas de 360 °C, 380 °C e 400 °C na ausência e na presença de um catalisador sulfetado, sintetizado a partir de um método em que a tioureia foi empregada como precursor do enxofre para a formação da fase sulfetada do catalisador. O catalisador sulfetado foi caracterizado pelos métodos analíticos de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET), onde foi possível determinar características relativas à superfície do catalisador. Os hidrocarbonetos obtidos a partir dos ensaios reacionais se enquadram majoritariamente na faixa dos empregados nos combustíveis de querosene de aviação (C9-C16) e no diesel (C10-C20).

Palavras-chave: HVO (Hydrotreated Vegetable Oil). SAF (Sustainable Aviation Fuels). Catalisador Sulfetado. Hidrotreatamento. Craqueamento.

ABSTRACT

The progressive depletion of fossil fuel reserves and the increased interest in renewable energy sources have led to vegetable oils attracting global attention as a sustainable alternative for the production of green fuels. Hydrodeoxygenation (HDO), decarboxylation (DCO₂), and decarbonylation (DCO) reactions, characteristic of hydrotreating, promote the conversion of this raw material into hydrocarbons with varying carbon chain lengths. Therefore, coconut oil was subjected to reaction tests conducted at temperatures of 360 °C, 380 °C, and 400 °C in the absence and presence of a sulfide catalyst, synthesized using a method in which thiourea was employed as a sulfur precursor for the formation of the sulfide phase of the catalyst. The sulfide catalyst was characterized by Scanning Electron Microscopy (SEM) and Transmission Electron Microscopy (TEM) analytical methods, allowing the determination of characteristics related to the catalyst surface. The hydrocarbons obtained from the reaction tests fall mainly within the range of those used in aviation kerosene (C9-C16) and diesel (C10-C20) fuels.

Keywords: HVO (Hydrotreated Vegetable Oil). SAF (Sustainable Aviation Fuels). Sulfide Catalyst. Hydrotreatment. Cracking.

RESUMEN

El agotamiento progresivo de las reservas de combustibles fósiles y el creciente interés en las fuentes de energía renovables han llevado a que los aceites vegetales atraigan la atención mundial como una alternativa sostenible para la producción de combustibles verdes. Las reacciones de hidrodeseoxigenación (HDO), descarboxilación (DCO₂) y descarbonilación (DCO), características del hidrotreatamiento, promueven la conversión de esta materia prima en hidrocarburos con diferentes longitudes de cadena de carbono. Por lo tanto, el aceite de coco se sometió a pruebas de reacción realizadas a temperaturas de 360 °C, 380 °C y 400 °C en ausencia y presencia de un catalizador de sulfuro, sintetizado mediante un método en el que se empleó tioureia como precursor de azufre para la formación de la fase de sulfuro del catalizador. El catalizador de sulfuro se caracterizó mediante métodos analíticos de microscopía electrónica de barrido (SEM) y microscopía electrónica de transmisión (TEM), lo que permitió determinar las características relacionadas con la superficie del catalizador. Los hidrocarburos obtenidos en las pruebas de reacción se encuentran principalmente dentro del rango de los utilizados en el queroseno de aviación (C9-C16) y el diésel (C10-C20).

Palabras clave: Aceite Vegetal Hidrotreatado (HVO). Combustibles de Aviación Sostenibles (SAF). Catalizador de Sulfuro. Hidrotreatamiento. Craqueo.

1 INTRODUÇÃO

O consumo energético mundial, que acompanha o rápido e crescente desenvolvimento tecnológico da humanidade, está extremamente apoiado no consumo de reservas fósseis não-renováveis, as quais são a matéria-prima para diversos insumos químicos e combustíveis empregados na matriz energética global atual (Chen *et al.*, 2022). O aumento constante do consumo dessas reservas, aliado com a sua escassez, pode fazer com que as reservas existentes durem apenas até 2050 (Jrai *et al.*, 2024).

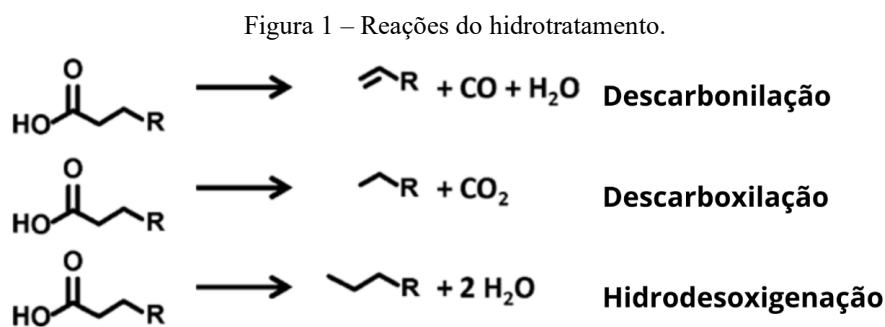
A queima desses combustíveis gera a emissão de gases do efeito estufa, os quais provocam o aumento da temperatura global. Com o aumento da população mundial, a demanda por energia também aumenta, podendo duplicar até 2030, ocasionando na emissão e maiores volumes de gases do efeito estufa. Além disso, o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) indica que o aquecimento global sofrerá um aumento drástico ao longo dos próximos 30 anos (Lucantonio *et al.*, 2023).

Tendo esse cenário desfavorável à manutenção climática do planeta em vista, a implementação de medidas proativas para o aumento dos volumes de combustíveis e a exploração de novos métodos de produção, focados em sustentabilidade se faz necessária e urgente para atender à crescente demanda global, de forma que se mitigue os danos gerados ao meio ambiente devido à sua queima. (Eremeeva *et al.*, 2026).

Alternativas sustentáveis como o etanol proveniente de culturas como a cana-de-açúcar, milho e outras, em relação à gasolina, bem como a adoção do biodiesel utilizado em conjunto com o diesel fóssil são combustíveis renováveis alternativos que vêm promovendo mudanças sustentáveis na matriz energética existente. No entanto, estes podem trazer limitações técnicas por se distinguirem estruturalmente dos combustíveis fósseis tradicionais que substituem. O mais evidente são os problemas relacionados ao biodiesel, onde devido à presença do heteroátomo de oxigênio em seus ésteres de ácidos graxos, há um aumento da suscetibilidade deste à oxidação e degradação ao longo do tempo, resultando na formação de gomas, entupimento de filtros e diminuindo a estabilidade do combustível durante seu armazenamento, uma vez que está sujeito à degradação (Adzahar *et al.*, 2025).

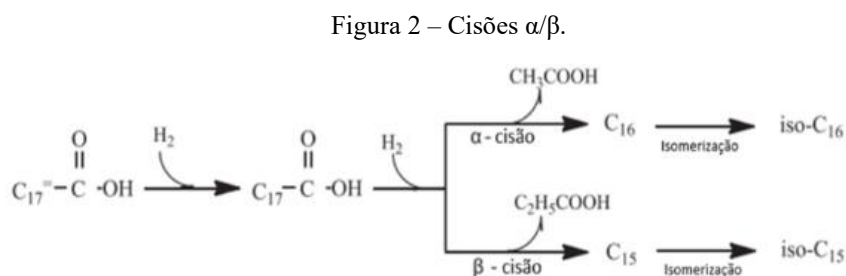
O processo da HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids – Ésteres e Ácidos Graxos Hidroprocessados), que resulta nos combustíveis verdes chamados HVOs (Hydrotreated Vegetable Oil – Óleo Vegetal Hidrotratado), análogos estruturalmente às moléculas encontradas nos combustíveis fósseis, advém da conversão dos triglicerídeos presentes em gorduras vegetais e animais (Slezáčková *et al.*, 2023). Essa matéria-prima é elevada à combustíveis comerciais por meio do processo do hidrotreamento. Sendo representado por três reações principais, as de Hidrodesoxigenação (HDO), Descarboxilação (DCO₂) e Descarbonilação (DCO).

Na reação de HDO, a cadeia carbônica do ácido graxo é preservada, onde a partir de um ácido carboxílico de cadeia carbônica de tamanho “N”, obtêm-se um hidrocarboneto com cadeia carbônica também de tamanho “N”. Em contrapartida, nas reações de DCO e DCO₂, um carbono é retirado da cadeia carbônica junto com um heteroátomo de oxigênio, assim um ácido graxo de cadeia carbônica de tamanho “N” gera um hidrocarboneto com cadeia carbônica de tamanho “N-1”.



Fonte: Adaptado de Gosselink *et al.* (2013)

Algumas reações paralelas também ocorrem simultaneamente às reações do hidrotratamento, como as cisões α/β e o conjunto de reações de craqueamento, são elas as reações de craqueamento térmico e catalítico, onde geram hidrocarbonetos com cadeias carbônicas reduzidas em relação ao ácido graxo original, como demonstrado no trabalho de Hossain *et al.* (2018).



Fonte: Adaptado de Yang *et al.* (2013)

A ocorrência dessas reações depende principalmente do tipo de catalisador e das condições em que a reação está sujeita. No hidrotratamento, os principais parâmetros que influenciam todo o processo e a composição dos produtos formados são a fase ativa do catalisador, o suporte empregado, a temperatura reacional, o tempo de reação, a razão molar hidrogênio/ácido graxo, a pressão parcial de hidrogênio e entre outros fatores (Chia *et al.*, 2022).

Na indústria petroquímica, comumente se utilizam catalisadores de fase sulfetada para a realização de hidrodessulfurização, hidrodessnitrogenação e hidrodessoxigenação, a fim de remover seletivamente os heteroátomos de enxofre, nitrogênio e oxigênio respectivamente em combustíveis fósseis (Zhou *et al.*, 2023). Dessa forma, esses também podem ser aplicados para a hidrodessoxigenação de óleos vegetais a partir do hidrotratamento.

Para a preparação de materiais de sulfetos metálicos suportados, os precursores do catalisador, ou seja, os óxidos metálicos, são inicialmente obtidos por decomposição térmica de seus sais. Em seguida, estes são submetidos a um tratamento térmico com H_2S ou uma mistura gasosa de H_2S/H_2 como agente sulfetante (Bara *et al.*, 2015). No entanto, o sulfeto de hidrogênio é conhecido por ser um gás altamente tóxico e letal, sendo essa substância é a segunda maior causadora de exposições fatais por inalação de gases em locais de trabalho, perdendo apenas para o monóxido de carbono (Guidotti, 2010).

2 OBJETIVO

Tendo em vista os problemas de toxicidade associados ao emprego do ácido sulfídrico para a preparação dos catalisadores sulfetados, bem como a ausência de uma metodologia alternativa à vista tipicamente na literatura. Esta se faz uma lacuna importante presente no meio científico a ser explorada no campo do hidrotratamento de óleos vegetais. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo realizar um estudo das reações do hidrotratamento do óleo de coco, utilizando um catalisador sulfetado inovador, sintetizado sem o uso de H_2S . A partir disso, pretende-se analisar o perfil de produtos resultante.

3 METODOLOGIA

A síntese do catalisador de sulfetos de níquel e molibdênio, dispersos em uma matriz de alumina sol-gel utilizado nesta pesquisa, teve como base o “método poliol” (Serra *et al.*, 2018). O suporte catalítico alumina sol-gel, foi produzido anteriormente à impregnação dos metais. Sua metodologia de produção encontra-se atualmente em processo de patente, assim necessitando de sigilo quanto a sua produção.

Para o procedimento de impregnação dos metais na alumina sol-gel, o Dietilenoglicol foi utilizado como diluente dos sais Heptamolibdato de Amônio, Nitrato de Níquel e Tioureia, onde este último é o precursor do enxofre para o processo de sulfetação. O catalisador foi projetado de forma que as quantias dos metais de níquel e molibdênio fossem de aproximadamente 3,36% e 18% respectivamente na composição total do material. A quantidade de tioureia utilizada foi calculada para disponibilizar o triplo da quantidade estequiométrica de enxofre estequiométrico necessária para promover a sulfetação completa dos metais. O excesso é aplicado com o intuito de garantir a formação dos sulfetos metálicos.

O catalisador foi sintetizado em um reator batelada pressurizado, onde foram adicionados 5 g do suporte catalítico, junto com os demais reagentes. O sistema foi então estabelecido com agitação mecânica de 300 rpm e aquecido até a temperatura de ebulição do Dietilenoglicol (aproximadamente 250 °C), durante 3 horas. Neste processo de síntese, ocorreu a formação de pressão autogênica,

resultante da ebulição do polioli. O sistema atingiu a temperatura de 250 °C e se estabilizou em 4168 kPa após 1 h do início do processo reacional. Após a síntese, a solução foi resfriada até temperatura ambiente e filtrada a vácuo utilizando papel filtro e funil de Buchner. Após a filtração, o catalisador retido no papel passou por lavagem em um sistema de filtração a vácuo, com 150 ml de álcool etílico em 4 etapas de volumes equivalentes, com a finalidade de solubilizar e eliminar qualquer dietilenoglicol remanescente. Após a lavagem, o material está pronto para ser utilizado nos ensaios reacionais.

Os ensaios reacionais executados para a realização desta pesquisa foram conduzidos em um reator batelada, produzido pela Parr Instrument Company. O reator conta com sistema de agitação e sensores de pressão e temperatura. Os ensaios foram realizados com o óleo vegetal de coco, de grau alimentício, nas temperaturas de 360 °C, 380 °C e 400°C. Foi realizado um ensaio com o catalisador sulfetado e outro em branco para cada temperatura delimitada. Para a realização do ensaio, adicionam-se 50 g de óleo vegetal ao reator, juntamente com 1 g de catalisador (quando necessário a presença deste) e aproximadamente 5,1 MPa de H₂. O ensaio reacional possui duração de 60 minutos, sendo esse período considerado a partir do momento em que se atinge a temperatura desejada no ensaio. Após alcançar o valor desejado, realiza-se a adição do hidrogênio. Durante a duração do procedimento, são coletadas amostras de óleo líquido de 1 ml em eppendorfs a cada 15 minutos desde o início do período reacional.

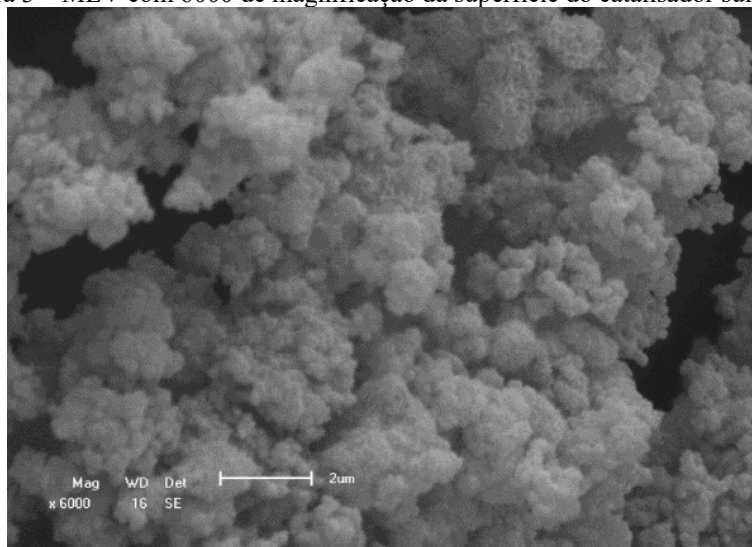
Posteriormente, essas amostras passam por um processo de metilação, adaptado de Pimenta et al. (2021) e Hartman e Lago (1973), em que os ácidos graxos remanescentes nas amostras coletadas são transformados em metil-ésteres, mantendo os hidrocarbonetos inalterados. A necessidade desse processo se justifica devido à realização de posterior análise das amostras em cromatografia gasosa.

4 DESENVOLVIMENTO

As micrografias do catalisador sintetizado, revelam a superfície do catalisador de maneira detalhada. A figura 3, obtida a partir da Micrografia Eletrônica de Varredura (MEV) mostra uma estrutura metálica altamente granular e intensamente porosa, distribuída de forma homogênea ao longo de toda a superfície do material. Observa-se também que o catalisador em estado sol-gel, na forma de aerogel, foi sintetizado de forma eficiente. Essa combinação de porosidade e granularidade favorece a difusão de cadeias longas de ácidos graxos e triglicerídeos, oferecendo sítios adequados para a ocorrência das reações de hidrotratamento dos óleos vegetais.

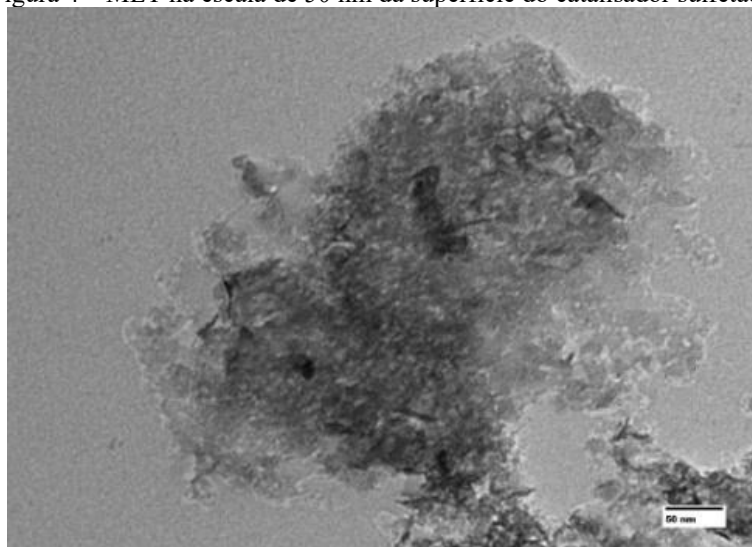
A Micrografia Eletrônica de Transmissão (MET) do catalisador, disposta na figura 4 mostra uma dispersão adequada dos metais incorporados à matriz de alumina sol-gel. Além disso, observa-se uma distribuição uniforme dos metais de Ni e Mo, indicando um elevado grau de homogeneidade desses elementos ao longo da extensão do catalisador.

Figura 3 – MEV com 6000 de magnificação da superfície do catalisador sulfetado.



Fonte: O Autor (2026).

Figura 4 – MET na escala de 50 nm da superfície do catalisador sulfetado.



Fonte: O Autor (2026).

Os montantes percentuais dos hidrocarbonetos encontrados ao final de cada ensaio reacional para as temperaturas selecionadas, tanto na presença quanto na ausência do catalisador sintetizado, estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1 – Montante (%) de hidrocarbonetos ao final dos ensaios reacionais com o óleo de coco.

T reação	360 °C	380 °C	400 °C
Branco	90,44	86,084	66,858
Sulfetado	65,073	59,988	59,279

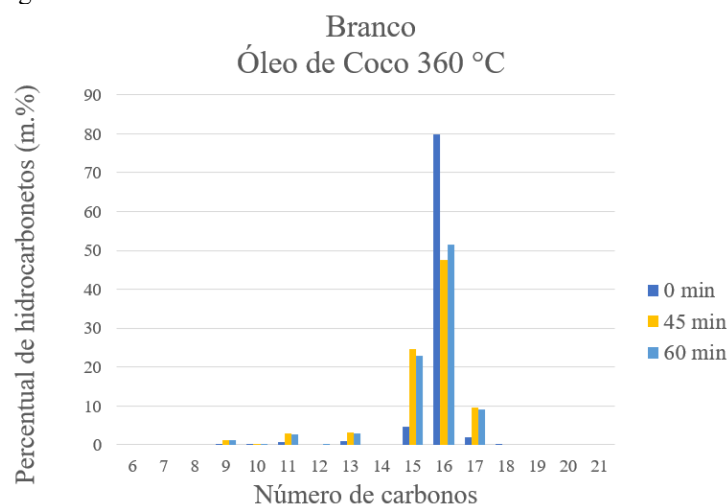
Fonte: O Autor (2026).

A partir da compreensão da tabela 1, percebe-se que para todas as temperaturas nos ensaios onde o catalisador foi empregado, estes resultaram em percentuais de conversão menores em comparação aos em que não era empregado nenhum agente catalítico (ensaios em branco). A

ocorrência desse evento se deve à ocorrência das reações de cisão α/β e de craqueamento durante os ensaios reacionais, realizados na presença do catalisador sulfetado as quais indicam a formação de produtos mais leves e voláteis, que faz com que esses deixem o reator no momento de coleta de amostras líquidas. A formação desses produtos gasosos, faz com que eles não sejam identificados durante as análises realizadas em cromatografia gasosa. Assim indicando uma diminuição na quantidade total de hidrocarbonetos presentes no meio reacional com o avanço do ensaio reacional. Fato esse que não indica necessariamente a menor produção total de hidrocarbonetos quando o catalisador é inserido no meio reacional.

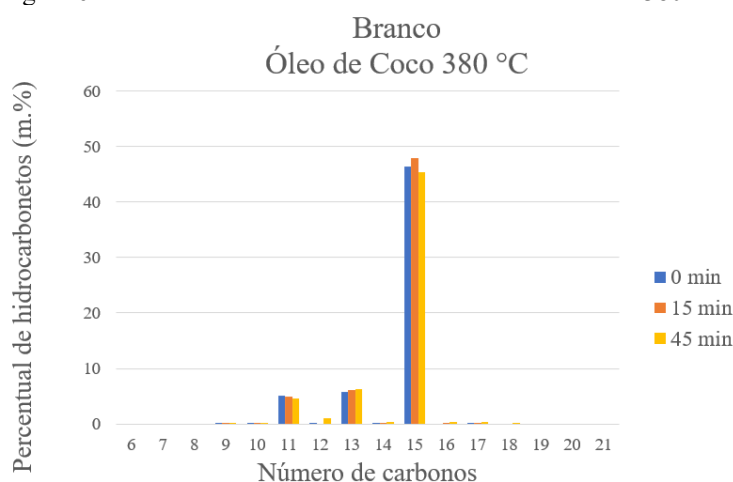
As figuras 5 a 10 demonstram os perfis e quantias percentuais dos hidrocarbonetos formados ao longo da duração dos ensaios reacionais.

Figura 5 – Produtos formados durante o ensaio em branco a 360 °C.



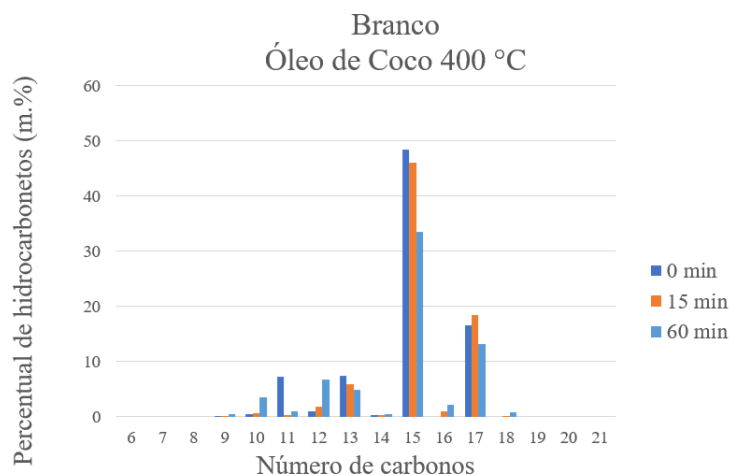
Fonte: O Autor (2026).

Figura 6 – Produtos formados durante o ensaio em branco a 380 °C.



Fonte: O Autor (2026).

Figura 7 – Produtos formados durante o ensaio em branco a 400 °C.



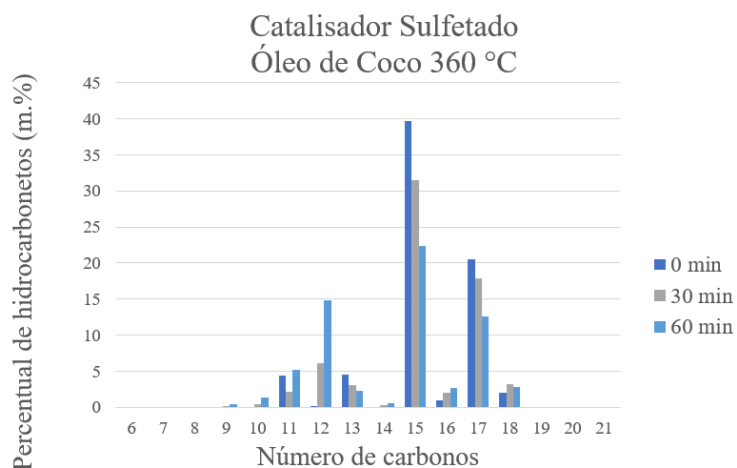
Fonte: O Autor (2026).

Para os ensaios realizados com o óleo de coco e na ausência de catalisador, pode-se perceber que o aumento da temperatura provoca uma maior distribuição dos produtos formados entre as faixas de número de carbonos presentes em suas cadeias estruturais. O óleo de coco é composto majoritariamente pelos ácidos graxos Palmítico, Oleico e Esteárico em composições de 44,9%, 32,3% e 13,3% respectivamente (Lee *et al.*, 1998). O primeiro ácido graxo mencionado possui 16 carbonos em sua cadeia carbônica, enquanto os outros dois possuem 18. Dessa forma, a formação de hidrocarbonetos de 15 a 18 carbonos é esperada como resultado do conjunto das reações do hidrotratamento.

Nos ensaios a 360 °C e 380 °C, há uma formação predominante de hidrocarbonetos com 15 e 16 carbonos, a presença desses produtos indica a conversão elevada do ácido palmítico por meio das reações do hidrotratamento nessas temperaturas. Uma vez que possui 16 carbonos em sua cadeia carbônica, assim gerando os produtos com 16 carbonos por meio das reações de HDO, enquanto os produtos com 15 carbonos advêm das rotas de DCO e DCO₂. Nessas temperaturas, é observada uma baixa ocorrência e produtos com 17 e 18 carbonos, sugerindo que os ácidos graxos oleico e esteárico não sofrem transformações vigorosas nessas temperaturas.

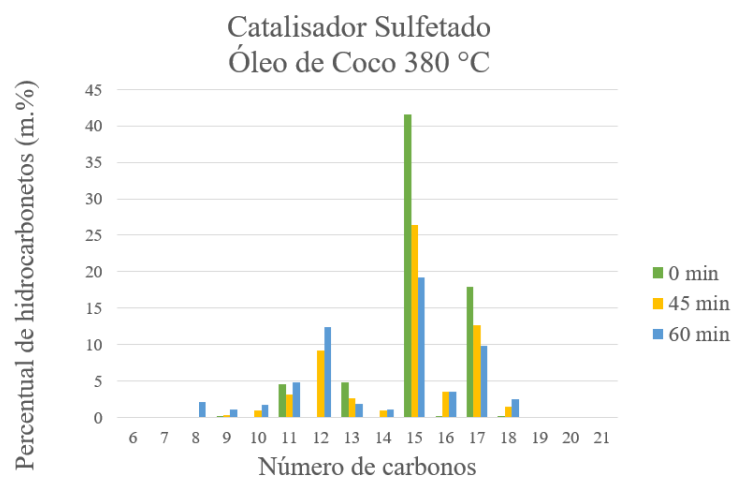
No ensaio conduzido a 400 °C, registrou-se a formação expressiva de produtos com 15 e 17 carbonos, indicando que quando não há presença de catalisador, a tendência dos ácidos graxos presentes no óleo de coco é a de sofrerem transformação por meio das reações de descarboxilação e descarboxilação.

Figura 8 – Produtos formados durante o ensaio com o catalisador sulfetado a 360 °C.



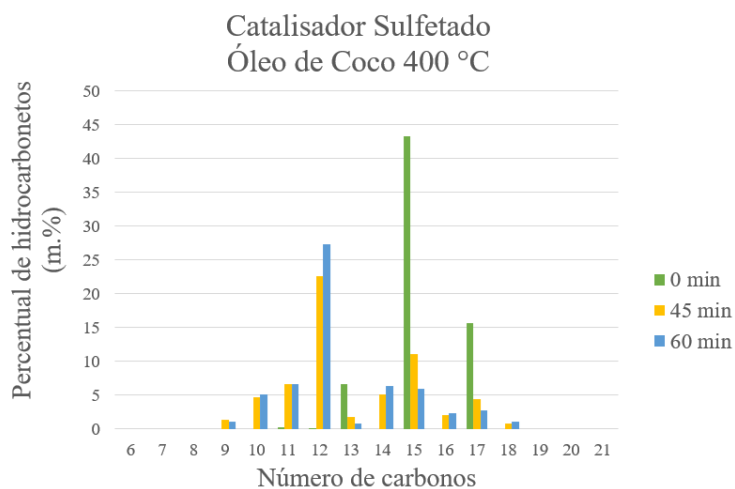
Fonte: O Autor (2026).

Figura 9 – Produtos formados durante o ensaio com o catalisador sulfetado a 380 °C.



Fonte: O Autor (2026).

Figura 10 – Produtos formados durante o ensaio com o catalisador sulfetado a 400 °C.



Fonte: O Autor (2026).

Na presença do catalisador sulfetado sintetizado para este trabalho, percebe-se um perfil de hidrocarbonetos bastante distinto em relação ao que foi observado nos ensaios em branco. A presença do agente catalítico nas reações dos ácidos graxos presentes no óleo de coco com o hidrogênio molecular resulta na formação de um perfil distribuído de produtos em relação ao número de carbonos presentes em suas cadeias carbônicas.

Na fase inicial do ensaio (0 a 15 min), ocorre a formação de hidrocarbonetos da faixa de 15 e 17 carbonos, assim como foi visto nos ensaios em branco. No entanto, com o passar do tempo reacional, o teor de desses hidrocarbonetos diminui, ao passo que o percentual de produtos de menor tamanho de cadeia carbônica aumenta. Esse comportamento do perfil de produtos sugere que o óleo de coco, na presença do catalisador sulfetado, sofre transformação de sua matéria-prima a hidrocarbonetos convencionalmente obtidos por meio das reações do hidrotreatamento em um primeiro momento. No entanto, com o avanço do ensaio, esses sofrem processos de craqueamento, onde suas grandes cadeias de 15 e 17 carbonos sofrem degradação, formando hidrocarbonetos com cadeias carbônicas menores da faixa de 10 a 13 carbonos. Esse efeito foi observado em um grau mais acentuado quando a reação foi desenvolvida a 400 °C, temperatura que favorece a ocorrência das reações de craqueamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização e análise das caracterizações de MET e MEV, pode-se observar que o catalisador sulfetado sintetizado teve os metais de níquel e molibdênio impregnados com sucesso em sua matriz de alumina sol-gel. Estruturalmente, possui uma superfície altamente porosa e granular, com os metais impregnados distribuídos uniformemente na extensão do catalisador.

Para as reações conduzidas com o óleo de coco, na presença do catalisador a base de sulfetos de Ni e Mo, os produtos formados estão distribuídos no intervalo de 8 a 18 carbonos presentes em cadeias carbônicas, devido à ocorrência em nível mais intenso de reações de craqueamento registradas nos ensaios conduzidos com esse catalisador, independente da temperatura em que a reação era conduzida.

A perda de produtos voláteis, advindos principalmente das reações de cisão α/β e do craqueamento, que deixavam o reator durante os momentos de coleta de amostras líquidas, indica uma oportunidade de aprimoramento da metodologia experimental. Uma vez que a retenção dos produtos em fase gasosa e sua posterior análise e identificação, forneceriam informações relevantes para a elucidação das reações que ocorrem no interior do reator batelada. Outra oportunidade para posterior desenvolvimento desta pesquisa, é a análise do teor de enxofre presente como contaminante nas amostras líquidas coletadas. Uma vez que os sulfetos de níquel e molibdênio presentes no catalisador sintetizado podem ser transferidos à fase líquida do meio reacional por lixiviação. A presença de



enxofre nos produtos formados é prejudicial para etapas posteriores da produção de HVO. Dessa forma, a determinação do teor de enxofre presente nas amostras líquidas retiradas do reator ao longo do ensaio reacional demonstrará como esse efeito ocorre para o material aqui sintetizado.

De forma geral, o perfil de hidrocarbonetos obtidos nos ensaios realizados com o catalisador sulfetado sintetizado para esta pesquisa, estão em conformidade com a estrutura molecular típica do querosene (C9-C16), bem como a do diesel (C10-C20).

AGRADECIMENTOS

Expresso minha profunda gratidão ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI), que serviu de base para o início desta pesquisa. Além disso, agradeço ao Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá (DEQ/UEM) pelo apoio infraestrutural que facilitou a progressão desse empreendimento acadêmico. Por fim, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro durante o período da iniciação científica.



REFERÊNCIAS

- ADZAHAR, N. A.; ABDULKAREEM-ALSULTAN, G.; LEE, H. V.; TAUFIQ-YAP, Y. H. Advances in supported monometallic and bimetallic catalysts towards green aviation fuels: a review. *Energy Advances*, v. 7, 2025.
- ARA, C.; DEVERS, E.; DIGNE, M.; et al. Surface Science Approaches for the Preparation of Alumina-Supported Hydrotreating Catalysts.
- BARA, C.; DEVERS, E.; DIGNE, M.; LAMIC-HUMBLLOT, A.-F.; PIRNGUBER, G. D.; CARRIER, X. Surface Science Approaches for the Preparation of Alumina-Supported Hydrotreating Catalysts. *ChemCatChem*, 2015.
- CHEN, J.; WANG, D.; LUO, F.; et al. Selective production of alkanes and fatty alcohol via hydrodeoxygenation of palmitic acid over red mud-supported nickel catalysts. *Fuel*, v. 314, 2022.
- CHIA, S. R.; NOMANBHAY, S.; ONG, M. Y.; et al. Renewable diesel as fossil fuel substitution in Malaysia: A review. *Fuel*, 2022.
- EREMEEVA, A. M.; CHUMACHENKO, Y. A.; KHASANOV, A. F.; OLEJNIK, I. L. Advanced hydroprocessing technology for sustainable diesel: Hydrotreatment of renewable and fossil feedstocks. *Bioresource Technology Reports*, v. 33, 2026.
- GOSELINK, R. W.; HOLLAK, S. A. W.; CHANG, S.-W.; HAVEREN, J. V.; DE JONG, K. P.; BITTER, J. H.; VAN ES, D. S. Reaction pathways for the deoxygenation of vegetable oils and related model compounds. *ChemSusChem*, v. 6, p. 1576–1594, 2013.
- GUIDOTTI, T. L. Hydrogen sulfide: Advances in understanding human toxicity. *International Journal of Toxicology*, 2010.
- HARTMAN, L.; LAGO, R. C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, v. 22, p. 475–476, 1973.
- HOSSAIN, M. Z.; CHOWDHURY, M. B. I.; JHAWAR, A. K.; XU, W. Z.; CHARPENTIER, P. A. Continuous low pressure decarboxylation of fatty acids to fuel-range hydrocarbons with in situ hydrogen production. *Fuel*, v. 212, p. 470–478, 2018.
- JRAI, A. A.; AL-MUHTASEB, A. H.; JAMIL, F.; MYINT, M. T. Z. Green hydrocarbons fuel production from agricultural waste biomass in the presence of a novel heterogeneous catalyst. *Biomass Conversion and Biorefinery*, v. 14, p. 16545–16558, 2024.
- LEE, D.-S.; NOH, B.-S.; BAE, S.-Y.; KIM, K. Characterization of fatty acids composition in vegetable oils by gas chromatography and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, v. 358, p. 163–175, 1998.
- LUCANTONIO, S.; DI GIULIANO, A.; ROSSI, L.; GALLUCCI, K. Green Diesel Production via Deoxygenation Process: A Review. *Energies*, 2023.
- PIMENTA, J. L. C. W.; CAMARGO, M. O.; DUARTE, R. B.; SANTOS, O. A. A.; MATOS, L. M. M. A novel kinetic model applied to heterogeneous fatty acid deoxygenation. *Chemical Engineering Science*, v. 230, p. 116192, 2021.



SERRA, P. A. B.; SOUZA, A. C. ; SOUZA, J. D. Avaliação do sulfeto de molibdênio e níquel suportado em alumina obtido pelo método poliol. ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO; ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, XXII, XVIII, VIII., Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2018.

SLEZÁČKOVÁ, M.; PELLER, A.; MIKULEC, J.; et al. Catalytic hydroprocessing of camelina oil/AGO mixtures over NiMoP/ γ -Al₂O₃ catalysts. *Catalysis Today*, v. 423, 2023.

YANG, Y.; WANG, Q.; ZHANG, X.; WANG, L.; LI, G. Hydrotreating of C18 fatty acids to hydrocarbons on sulphided NiW/SiO₂-Al₂O₃. *Fuel Processing Technology*, v. 116, p. 165–174, 2013.

ZHOU, Y.; REMÓN, J.; JIANG, Z.; MATHARU, A. S.; HU, C. Tuning the selectivity of natural oils and fatty acids/esters deoxygenation to biofuels and fatty alcohols: A review. *Green Energy and Environment*, 2023.