



PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DA PIRÓLISE DE RESÍDUOS DE FILMES LAMINADOS

Lília N. R. Silva¹, Edyjanleide R. Silva¹, Renata M. Braga¹, Dulce M. A. Melo², Gislane P. Oliveira²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

RESUMO

O uso crescente de plásticos tem levado a um sério problema de descarte inadequado, prejudicando o meio ambiente e a saúde humana. Este estudo explorou a pirólise para transformar folhas laminadas de polietileno com barreira de EVOH em combustíveis sustentáveis. Foram realizadas as análises imediatas de cinzas, voláteis e carbono fixo para caracterizar o material e a pirólise convencional a uma temperatura de 650°C para identificar e quantificar os produtos obtidos e com isso comparar faixas de semelhança com os combustíveis não renováveis. Análises iniciais indicaram baixos teores de cinzas e altos valores de voláteis, sugerindo a produção de óleos leves e gases na pirólise. O processo identificou a geração de compostos compatíveis com diesel, gasolina, querosene e óleos lubrificantes. A pirólise apresenta um potencial promissor na produção de biocombustíveis sustentáveis a partir de plásticos.

Palavras-chave: Polietileno, pirólise, combustível.

INTRODUÇÃO

A produção dos plásticos cresceu consideravelmente nos últimos anos, porém apenas 10% de todos os produtos são reciclados, resultando em um aumento significativo na poluição ambiental (Zamora *et al.*, 2020). A reciclagem busca prolongar a vida dos plásticos e minimizar a contaminação do solo, todavia os polímeros podem ser danificados sob certas condições de calor e radiação (Al-rumaihi *et al.*, 2022). Os filmes laminados são polietilenos muito usados na indústria pois oferecem maior proteção nos produtos fabricados. Contudo são raramente reciclados após seu uso, contribuindo para a insuficiência da reciclagem (Singh, *et al.*, 2021).

A pirólise é uma solução para reduzir o descarte de filmes laminados, convertendo os plásticos em biocarvão, bioóleo e biogás e diminuindo a quantidade de resíduos sólidos (Al-rumaihi *et al.*, 2022). Esse processo pode ser rápido, com altas temperaturas, resultando em óleos combustíveis, devido às propriedades do polietileno, que reduzem os produtos oxigenados (Sharuddin *et al.*, 2016). Portanto, a pirólise além de ser uma alternativa eficaz para diminuir a poluição ambiental contribui para a transição energética a partir da decomposição térmica de polímeros na ausência de oxigênio.

Na busca por uma estratégia de valorização de resíduos de filmes plásticos laminados, empregou-se a pirólise associada à separação cromatográfica de gases e à detecção por espectrometria de massas (Py-GC/MS) para identificar os produtos voláteis resultantes da rápida pirólise térmica. Se a pirólise *flash* mostrar-se promissora, ela pode oferecer potencial para proporcionar benefícios sociais, ambientais e econômicos, apresentando-se como uma solução sustentável para o gerenciamento desses resíduos plásticos.

METODOLOGIA

Foram coletadas e padronizadas amostras de lâminas das embalagens flexíveis de polietileno laminado com dimensões 40 X 40 cm em formato de círculos com aproximadamente 0,6 cm de diâmetro.

Para caracterização dos plásticos foram analisados os teores de cinza e voláteis no forno tipo mufla e análise do carbono fixo, de acordo com as normas da ASTM E871-82, ASTM E872- 82, ASTM E870-82, respectivamente. O conteúdo mineral foi avaliado a 600°C por 3 horas, os vapores liberados a 750°C por 7 minutos e o carbono fixo foi calculado a partir dos resultados de cinzas e voláteis.

Realizou-se uma pirólise rápida da amostra no pirolisador 5200 HPR da CDS Analytical com um equipamento cromatógrafo a gás GC-MS (CP 3900 VARIAN) e detecção por espectrometria de massa (Saturn 2100T VARIAN). A amostra foi aquecida a 650°C para analisar a degradação do laminado e os produtos resultantes. A melhor temperatura foi escolhida, e os voláteis produzidos foram transportados por nitrogênio e analisados em uma coluna de cromatografia VS de 30m x 0,25 mm x 0,25 µm a 40°C por 2 minutos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

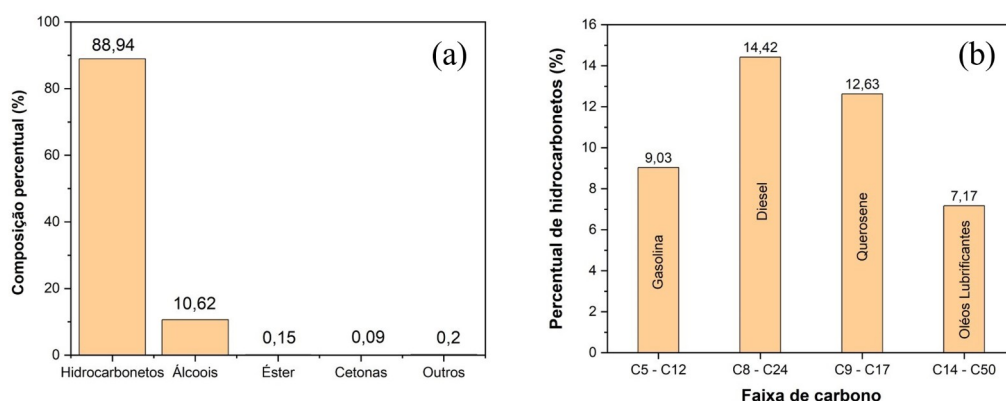
A análise do teor de cinzas resultou em um baixo teor de cinzas, com média de $2,35 \pm 0,046\%$, resultado muito vantajoso, pois minimiza a produção indesejada de materiais inorgânicos na pirólise, tornando-o ideal para produção de combustíveis. As análises de voláteis revelam um alto valor médio de $97,455 \pm 0,052\%$, indicando a conversão eficaz do material em vapores, incluindo produtos líquidos, tornando a

pirólise eficaz. O polietileno laminado tem apenas 0,19% de carbono fixo, sugerindo que a pirólise terá alta eficiência na produção de combustíveis, devido à menor resistência térmica e menor necessidade de energia para decompor a amostra. Isso resulta em concentrações mais elevadas de gases e líquidos combustíveis no processo, promovendo a produção de combustíveis de forma eficaz.

A pirólise foi conduzida em duas temperaturas, 550 °C e 650 °C, para comparar os rendimentos de produtos desejados. Ao analisar os resultados, observou-se que, embora a composição fosse semelhante para o polietileno laminado EVOH em ambas as temperaturas, a pirólise a 650 °C gerou uma quantidade significativamente maior de produtos, indicando rendimentos mais elevados nessa temperatura. Isso sugere que a temperatura mais alta foi mais eficaz na produção dos produtos desejados.

Após a identificação de todos os picos do cromatograma do processo os compostos foram classificados com as funções orgânicas: hidrocarbonetos, álcoois, cetonas e ésteres. Houve uma alta produção de hidrocarbonetos de aproximadamente 89% como mostrado na Figura 1 (a). Esse resultado é muito favorável, pois são a base de muitos combustíveis fósseis, uma vez que os produtos que foram gerados na pirólise podem ser alternativas de combustíveis como diesel, gasolina ou querosene.

Figura 1- **(a)** Produtos obtidos na pirólise e **(b)** porcentagem das faixas de carbono dos compostos obtidas na pirólise.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com o objetivo de utilizar os produtos resultantes da pirólise como combustíveis, a análise da faixa de carbono, conforme a Figura 1b, mostrou que não houve a formação de produtos na faixa $C_1 - C_4$. No entanto, 9,00% dos produtos se encontram na faixa $C_5 - C_{12}$, semelhantes aos componentes da gasolina. Além disso,

12,00% dos compostos pertencem à faixa C₉-C₁₇, característica do querosene, e 7,00% estão na faixa C₁₄-C₅₀, típica dos óleos lubrificantes. A maior faixa de produtos gerados, correspondendo a 14,00 %, está na faixa C₈-C₂₄, semelhante aos compostos encontrados no diesel.

CONCLUSÃO

A pirólise do polietileno laminado EVOH a 650 °C gerou predominantemente hidrocarbonetos da classe de alcenos, em comparação com cetonas e álcoois. Notavelmente, a formação de alcanos na faixa de C₈ a C₂₄ foi intensa, indicando a produção de materiais adequados para gasolina, querosene, diesel e óleo lubrificante. Além de resolver o problema do descarte ambiental desse material plástico, a pirólise produz compostos de valor comercial, semelhantes aos do diesel, destacando-se como um processo promissor na geração de biocombustíveis sustentáveis a partir de plásticos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, Labtam e UFRN pelo apoio na minha pesquisa, essencial para o avanço do conhecimento e desenvolvimento de projetos.

REFERÊNCIAS

SHARUDDIN, Shafferina Dayana Anuar et al. A review on pyrolysis of plastic wastes. **Energy conversion and management**, v. 115, p. 308-326, 2016.

ZAMORA, A. M. et al. Atlas do Plástico: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Boll, 2020. Atlas.

AL-RUMAIHI, Aisha et al. A review of pyrolysis technologies and feedstock: A blending approach for plastic and biomass towards optimum biochar yield. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 167, p. 112715, 2022.

SINGH, S.; PATIL, T.; TEKADE, S. P.; GAWANDE, M. B.; SAWARKAR, A. N. Studies on individual pyrolysis and co-pyrolysis of corn cob and polyethylene