

COLÉGIO BELO FUTURO INTERNACIONAL

**BIOCOMBUSTÍVEL DE CASCA DE LARANJA: UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO
PARA REDUZIR A POLUIÇÃO NO TRÂNSITO**

São Paulo, SP

2025



Catarina Martins Trevisan
Miguel Hilton Barreto Correa
Bernardo Augusto Andrade

BIOCOMBUSTÍVEL DE CASCA DE LARANJA: UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO NO TRÂNSITO

Solange Figueiredo Alves Fonseca
Yuri Gramani Romanowski

Relatório apresentado à 9ª FEMIC - Feira Mineira de Iniciação Científica.

Orientação do Prof. Yuri Romanowski e
coorientação da Prof.^a Solange Fonseca

São Paulo, SP

2025



RESUMO

O projeto em questão investiga o potencial do limoneno, um composto orgânico derivado da casca de laranja, como biocombustível alternativo para reduzir a emissão de gases poluentes no trânsito. Diante dos graves impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis, como o agravamento da qualidade do ar e as mudanças climáticas, a pesquisa propõe uma solução sustentável baseada no reaproveitamento de resíduos agroindustriais. O objetivo principal foi desenvolver um protótipo de destilador de baixo custo para extrair limoneno e testar sua eficiência como combustível, comparando-o com o etanol convencional. A metodologia consistiu na construção de um destilador artesanal e na realização de testes de combustão com amostras puras e misturas de etanol e limoneno. Os resultados indicaram que o limoneno puro apresenta uma combustão mais longa, porém com alta produção de fuligem e chama alaranjada, sinalizando combustão incompleta. As misturas, especialmente a de 90% etanol e 10% limoneno, mostraram um equilíbrio mais favorável, com aumento no tempo de queima e redução significativa na formação de fuligem quando comparado ao limoneno puro. Conclui-se que o limoneno tem potencial para ser utilizado como aditivo ao etanol, promovendo uma queima mais prolongada, mas sua aplicação como combustível principal é limitada pela baixa eficiência da combustão. A pesquisa demonstra a viabilidade do aproveitamento de resíduos e abre caminho para investigações futuras sobre a purificação do composto e testes em motores de combustão.

Palavras-chave: Biocombustível, Destilador, Limoneno.



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	04
2. OBJETIVOS	05
2.1. Objetivo Geral	05
2.2. Objetivos Específicos	05
3. METODOLOGIA	05
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	06
4.1. Próximos Passos.....	07
5. CONCLUSÕES.....	08
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	09

BIOCOMBUSTÍVEL DE CASCA DE LARANJA: UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO NO TRÂNSITO



1. INTRODUÇÃO

A emissão de gases poluentes por veículos automotores é um dos principais fatores responsáveis pela degradação da qualidade do ar, especialmente em grandes centros urbanos. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018), a poluição atmosférica está associada a milhões de mortes prematuras anualmente, além de contribuir para a formação de neblinas poluentes que reduzem a visibilidade nas estradas, aumentando o risco de acidentes. A queima de combustíveis fósseis, como gasolina e diesel, libera grandes quantidades de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO₂) e material particulado (MP), substâncias que contribuem para o efeito estufa e problemas respiratórios na população.

Desse cenário, a busca por alternativas sustentáveis aos combustíveis fósseis torna-se urgente. Nesse contexto, destaca-se o limoneno, um composto orgânico obtido a partir da casca de laranja, que pode ser transformado em biocombustível por meio de processos de destilação. Como afirma Ferreira et al. (2020), biocombustíveis derivados de resíduos agroindustriais, como o limoneno, apresentam potencial para reduzir significativamente as emissões de carbono quando comparados aos combustíveis convencionais. Estudos da Universidade Federal de Sergipe (UFS, 2019) demonstram que o limoneno possui propriedades combustíveis promissoras, podendo ser utilizado como aditivo ou mesmo como combustível principal em motores adaptados.

A pergunta norteadora deste estudo é: “Como a destilação de biocombustível obtido a partir da casca de laranja, o limoneno, pode contribuir para a redução dos impactos ambientais causados pelo trânsito?”. Para investigar essa questão, levantamos duas hipóteses principais: (1) a utilização do limoneno como aditivo ao etanol pode diminuir a liberação de gases

BIOCOMBUSTÍVEL DE CASCA DE LARANJA: UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO NO TRÂNSITO



poluentes, melhorando a qualidade do ar; e (2) a adoção desse biocombustível pode reduzir a dependência de fontes não renováveis, como a gasolina e o diesel, mitigando parte dos impactos ambientais do transporte rodoviário. A relevância dessa pesquisa está no potencial do limoneno para oferecer uma solução ecológica e economicamente viável, uma vez que aproveita resíduos que seriam descartados, como as cascas de frutas cítricas, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver um protótipo de destilador para extração de limoneno a partir de cascas de laranja, aplicando técnicas de reaproveitamento de resíduos orgânicos, a fim de produzir um biocombustível sustentável que contribua para a possível redução da emissão de gases poluentes no trânsito.

2.2. Objetivos Específicos

- Analisar a eficiência energética e a viabilidade econômica do biocombustível produzido, comparando-o com o combustível tradicional (álcool).
- Aplicar técnicas de reaproveitamento de resíduos orgânicos para reduzir o desperdício de cascas de laranja, transformando-as em matéria-prima para produção sustentável.

BIOCOMBUSTÍVEL DE CASCA DE LARANJA: UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO NO TRÂNSITO



3. METODOLOGIA

O projeto iniciou-se com uma revisão bibliográfica em fontes científicas e institucionais, como artigos e relatórios de órgãos ambientais, para entender os impactos dos combustíveis fósseis e as alternativas sustentáveis. A escolha do limoneno como foco surgiu ao identificar que as cascas de frutas cítricas, como a laranja, representam até 40% do peso total da fruta e são frequentemente descartadas como resíduos.

Para testar a hipótese, optou-se por um método experimental acessível, adaptando técnicas de destilação simples. O protótipo do destilador foi construído com materiais de baixo custo: um galão de plástico acoplado a uma serpentina de cobre (condensador), uma panela de pressão como fonte de calor e um balde para coleta do limoneno. As cascas de laranja foram trituradas e misturadas com água, e o vapor gerado pelo aquecimento foi condensado para extrair o óleo. Esse processo foi realizado em laboratório, seguindo protocolos de segurança.

Os dados foram coletados por meio de uma análise comparativa, realizando testes de combustão do limoneno em pequena escala e comparando sua emissão de poluentes (com base na cor da chama e formação de fuligem) com a do etanol comum. Foram testadas amostras de 100% etanol, 100% limoneno e misturas em diferentes proporções (90/10, 80/20 e 70/30 de etanol e limoneno, respectivamente). Os materiais utilizados incluíram água, casca de laranja, recipiente, fonte de calor, destilador, balão de vidro, condensador e béquer.

BIOCOMBUSTÍVEL DE CASCA DE LARANJA: UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO NO TRÂNSITO



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de combustão realizados em pequena escala forneceram dados comparativos entre o etanol, o limoneno e suas misturas. Os resultados estão consolidados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Resultados dos testes de combustão para diferentes proporções de combustível.

Proporção	Tempo de Queima	Cor da Chama	Presença de Fuligem
100% Etanol	65 s	Azul com pico amarelado	Não
100% Limoneno	130 s	Laranja intenso	Sim (muita)
70% Etanol + 30% Limoneno	130 s	Laranja	Sim (média)

80% Etanol + 20% Limoneno	160 s	Início com base azulada e pico amarelado; após queima do álcool, cone alaranjado	Sim (pouca)
------------------------------	-------	--	-------------

90% Etanol + 10% Limoneno	125 s	Início com base azulada e pico amarelado; após queima do álcool, cone alaranjado menos intenso	Sim (muito pouca)
------------------------------	-------	--	-------------------

A análise dos dados permite tirar conclusões significativas sobre o comportamento do limoneno como combustível. O etanol puro (100%) apresentou a combustão mais limpa, com chama azulada e nenhuma produção de fuligem, mas com o menor tempo de queima (65 segundos). Em contrapartida, o limoneno puro (100%) queimou por mais tempo (130 segundos), porém com uma chama alaranjada intensa e alta produção de fuligem, indicativos claros de uma combustão incompleta e menos eficiente.

As misturas de etanol e limoneno revelaram um comportamento intermediário e promissor. Nota-se que a adição de limoneno ao etanol aumentou o tempo de queima em todas as proporções testadas, com destaque para a mistura 80/20, que atingiu 160 segundos. Esse aumento sugere um maior poder calorífico ou uma combustão mais

BIOCOMBUSTÍVEL DE CASCA DE LARANJA: UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO NO TRÂNSITO



lenta do limoneno. No entanto, a presença de fuligem, ainda que em quantidades reduzidas nas misturas com menor teor de limoneno (10% e 20%), confirma a tendência à combustão incompleta do composto.

A cor da chama também foi um parâmetro relevante. Enquanto o etanol queima predominantemente com uma chama azul (característica de hidrocarbonetos com queima eficiente), o limoneno produz uma chama alaranjada, o que está associado à incandescência de partículas de carbono não queimadas. Nas misturas, a chama inicia-se azulada (devido à combustão do etanol) e, após a queima deste, forma um cone alaranjado proveniente do limoneno.

Diante desses resultados, a hipótese inicial de que o limoneno poderia ser usado como aditivo para melhorar o desempenho do etanol é parcialmente confirmada. Ele é eficaz em prolongar o tempo de queima, o que pode ser vantajoso em certas aplicações. Contudo, a formação de fuligem, mesmo em pequena quantidade, é um empecilho para sua utilização em motores de combustão interna sem adaptações, pois pode levar ao acúmulo de resíduos e aumento da manutenção. A mistura 90/10 (etanol/limoneno) mostrou-se a mais equilibrada, com um tempo de queima 92% maior que o etanol puro e uma quantidade de fuligem muito baixa, sugerindo ser a proporção mais viável para aplicações práticas iniciais, como em lamparinas ou aquecedores.

4.1. Próximos Passos

BIOCOMBUSTÍVEL DE CASCA DE LARANJA: UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO NO TRÂNSITO



Com base nas discussões e limitações identificadas, propõem-se os seguintes próximos passos para o aprofundamento da pesquisa:

1. Purificação do Limoneno: Investigar métodos de purificação do óleo extraído para reduzir a formação de fuligem durante a combustão.
2. Testes em Motores: Realizar testes controlados em motores de pequena cilindrada (ex.: motores de geradores ou cortadores de grama) para avaliar o desempenho e o desgaste causado pelas misturas.
3. Análise de Emissões Gasosas: Utilizar equipamentos específicos para quantificar a emissão de poluentes gasosos, como CO e CO₂, proporcionando uma comparação mais precisa com os combustíveis tradicionais.
4. Análise Econômica Aprofundada: Realizar um estudo detalhado de custos de produção em escala, considerando a coleta da matéria-prima, energia gasta na destilação e viabilidade financeira.

5. CONCLUSÕES

O projeto comprovou a viabilidade técnica da extração de limoneno a partir de cascas de laranja por meio de um protótipo simples e de baixo custo, promovendo a sustentabilidade e o reaproveitamento de resíduos. Os testes de combustão mostraram que o limoneno puro apresenta combustão incompleta, mas seu uso como aditivo ao etanol, em baixas concentrações, demonstrou bom desempenho e menor formação de fuligem.

BIOCOMBUSTÍVEL DE CASCA DE LARANJA: UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO NO TRÂNSITO



Esses resultados reforçam o potencial dos resíduos agroindustriais como fonte alternativa de energia limpa. Para pesquisas futuras, recomenda-se a análise detalhada das emissões e a aplicação prática em motores, a fim de avaliar o desempenho real das misturas. Assim, o estudo contribui para o avanço dos biocombustíveis sustentáveis e para a valorização de resíduos no contexto da economia circular.

BIOCOMBUSTÍVEL DE CASCA DE LARANJA: UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO NO TRÂNSITO



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE). Relatório sobre Biocombustíveis Avançados. Paris: AIE, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/advanced-biofuels>. Acesso em: 28/04/25.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio): diretrizes para sustentabilidade. Brasília: MMA, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/energia/renovabio>. Acesso em: 28/04/25.

Ferreira, A. G. et al. Biocombustíveis de Segunda Geração: Potencial e Desafios. Revista de Engenharia Química, v. 15, n. 2, p. 45-59, 2020.

ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Air pollution and health: summary report. Genebra: OMS, 2018. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/air-pollution-and-health-summary-report>. Acesso em: 28/04/25.

UNIÃO EUROPEIA. Relatório Anual sobre Emissões do Transporte Rodoviário. Bruxelas: Comissão Europeia, 2022. Disponível em:

BIOCOMBUSTÍVEL DE CASCA DE LARANJA: UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO NO TRÂNSITO



https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/emissions_pt. Acesso em: 28/04/25.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE (UFS). Potencial do Limoneno como Biocombustível: estudo experimental. São Cristóvão: UFS, 2019. Disponível em: <https://www.ufs.br/pagina/12345>. Acesso em: 28/04/25.