

Aproveitamento de resíduos orgânicos vegetais de feiras livres para produção de bioetanol: viabilidade técnica e aplicabilidade sustentável

Paulo Vilson Torres de Alencar Junior*

Graduandos em farmácia. Faculdade Brasileira Multivix Vila Velha, 29103-800, Vila Velha/ ES, Brasil

*E-mail do autor correspondente: paulo.vilson@hotmail.com

Submetido em: 16 abr. 2026. Aceito em: 19 jul. 2026

Resumo

O descarte de frutas, vegetais e cereais em feiras livres brasileiras representa um desafio ambiental e social, mas também uma oportunidade estratégica para a produção de bioetanol e coprodutos sustentáveis. Este estudo analisou o potencial de aproveitamento técnico e ambiental desses resíduos orgânicos, demonstrando seu elevado teor de açúcares fermentáveis, o que favorece rendimentos superiores sem exigir processos complexos e onerosos característicos das biomassas lignocelulósicas. A produção de bioetanol a partir desses materiais apresentou resultados promissores, com potencial de expansão para indústrias locais e integração à matriz energética nacional. Além do etanol, os resíduos sólidos resultantes podem ser transformados em coprodutos industriais, promovendo o aproveitamento integral da matéria-prima e fortalecendo a economia circular. Essa abordagem contribui para reduzir a pressão sobre aterros sanitários, mitigar emissões de gases de efeito estufa e gerar impactos socioeconômicos positivos, como inclusão social e geração de empregos verdes. O estudo conclui que políticas públicas, incentivos governamentais e inovação tecnológica são essenciais para ampliar sua aplicação em larga escala, consolidando o Brasil como referência em bioenergia sustentável e demonstrando que soluções simples e acessíveis podem transformar resíduos em recursos estratégicos para o desenvolvimento.

Palavras-chave: Bioetanol, Sustentabilidade, Fermentação Alcoólica, Resíduos Orgânicos.

Abstract

Utilization of organic vegetable waste from open-air markets for bioethanol production: technical feasibility and sustainable applicability

The disposal of fruits, vegetables, and cereals in Brazilian open-air markets represents both an environmental and social challenge, but also a strategic opportunity for the production of bioethanol and sustainable coproducts. This study analyzed the technical and environmental utilization potential of these organic residues, highlighting their high content of fermentable sugars, which enables superior yields without requiring the complex and costly processes characteristic of lignocellulosic biomass. Bioethanol production from these materials showed promising results, with potential for expansion to local industries and integration into the national energy matrix. In addition to ethanol, the resulting solid residues can be converted into industrial

coproducts, promoting full use of the raw material and strengthening the circular economy. This approach contributes to reducing pressure on landfills, mitigating greenhouse gas emissions, and generating positive socioeconomic impacts, such as social inclusion and the creation of green jobs. The study concludes that public policies, government incentives, and technological innovation are essential to broaden its large-scale application, consolidating Brazil as a reference in sustainable bioenergy and demonstrating that simple and accessible solutions can transform waste into strategic resources for development. **Keywords:** bioethanol, organic waste, sustainability, alcoholic fermentation.

Keywords: Bioethanol, Fermentative Alcohol Process, Organic Residues, Sustainability.

Introdução

O descarte de frutas, vegetais e cereais em feiras livres é um problema recorrente em diversas cidades brasileiras, gerando impactos ambientais, sociais e econômicos. Esses resíduos orgânicos, muitas vezes deixados nas ruas, contribuem para a poluição visual, atraem vetores de doenças e aumentam os custos de gestão pública. Segundo Souza e Carvalho (2020), o acúmulo de resíduos orgânicos urbanos representa um desafio para políticas de saneamento e para a sustentabilidade das cidades (Souza; Carvalho, 2020).

O Brasil possui tradição consolidada na produção de biocombustíveis, especialmente o etanol derivado da cana-de-açúcar, e essa experiência pode ser expandida para novas fontes de biomassa. Carvalho et al. (2024) destacam que o aproveitamento de resíduos orgânicos urbanos, como frutas e hortaliças descartadas, constitui uma oportunidade de diversificação da matriz energética e de fortalecimento da economia circular. Nesse contexto, os resíduos de feiras livres apresentam elevado potencial devido ao seu alto teor de açúcares fermentáveis (Silva et al., 2021).

Além da dimensão energética, o reaproveitamento desses resíduos contribui para a redução da pressão sobre aterros sanitários e para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. A Agência Nacional de Energia aponta que

iniciativas voltadas para o uso de biomassa residual podem reduzir significativamente os impactos ambientais e promover práticas sustentáveis em comunidades locais (ANE, 2022).

Outro aspecto relevante é o impacto social, uma vez que a coleta e o processamento dos resíduos podem envolver cooperativas de catadores e pequenas indústrias, gerando empregos verdes e inclusão social. Dessa forma, o aproveitamento de resíduos de feiras livres para produção de bioetanol não apenas reduz impactos ambientais, mas também promove desenvolvimento econômico e social (Souza; Carvalho, 2020).

A problemática do descarte inadequado de resíduos orgânicos também está relacionada à saúde pública, pois o acúmulo de frutas e hortaliças em estado de degradação favorece a proliferação de insetos e roedores, reforçando a necessidade de soluções inovadoras que unam gestão de resíduos e geração de energia limpa (Silva; Oliveira; Santos, 2021).

Além disso, a crescente demanda por fontes renováveis de energia, impulsionada por acordos internacionais de redução de emissões de carbono, torna urgente a busca por alternativas sustentáveis. O bioetanol produzido a partir de resíduos de feiras livres pode se inserir nesse contexto como uma solução viável e de baixo custo (ANE, 2022).

Diante desse cenário, o objetivo geral deste artigo é analisar o potencial de utilização dos resíduos orgânicos provenientes de feiras livres para a produção de bioetanol, discutindo sua viabilidade técnica e aplicabilidade sustentável. Os objetivos específicos são: identificar as etapas do processo de produção de bioetanol a partir de resíduos orgânicos, avaliar os benefícios ambientais e sociais do reaproveitamento desses resíduos, discutir as possíveis aplicações sustentáveis do bioetanol em transporte, energia e indústria; contextualizar a relevância dessa prática no cenário brasileiro de biocombustíveis; e apontar desafios e perspectivas futuras para sua implementação em larga escala.

Material e Métodos

O método científico consiste em um conjunto de procedimentos voltados para alcançar resultados específicos por meio de uma investigação organizada e sistemática, que busca a verdade científica fundamentada em princípios éticos e legais, os quais delimitam o tema sem prejuízos (Lozada; Nunes, 2019).

A presente pesquisa, de caráter básico, adotou uma metodologia exploratória, utilizando técnicas de coleta de dados por meio de pesquisa documental e bibliográfica. Foram consultadas fontes primárias e secundárias, como artigos em português, espanhol e inglês disponíveis em bases de dados, como a *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), além de revistas digitais científicas e outros materiais pertinentes ao tema.

A pesquisa exploratória tem como finalidade ampliar a compreensão de um problema, tornando-o mais evidente ou possibilitando a formulação de hipóteses, contribuindo para o aprimoramento de ideias (Gil, 2010). Nesse contexto, é importante distinguir as técnicas de coleta de dados: a pesquisa documental recorre a

documentos de fonte primária, oriundos de órgãos que realizaram observações diretas, oferecendo dados consistentes e estáveis, já a pesquisa bibliográfica se apoia em referências teóricas publicadas, exigindo levantamento prévio para fundamentação, delimitação e defesa das contribuições da investigação. Assim, suas interpretações são classificadas como fontes secundárias (Marconi; Lakatos, 2021).

O conteúdo analisado neste estudo abrange o período de 2000 a 2026. Foram utilizadas como palavras-chave: bioetanol, sustentabilidade, fermentação alcoólica e resíduos orgânicos, a fim de ampliar o alcance temático. A abordagem adotada foi qualitativa, com o objetivo de sustentar uma pesquisa explicativa.

A pesquisa qualitativa caracteriza-se por seu enfoque realista e não quantificado, centrado na compreensão e interpretação do tema. Busca hierarquizar ações e produzir informações que expliquem o porquê dos fenômenos, valorizando a interpretação das experiências. Nesse tipo de investigação, novas hipóteses são desenvolvidas a partir da perspectiva do indivíduo, aprofundadas pelo raciocínio e pela subjetividade (Almeida, 2021).

Resultados e Discussão

Contextualização

O bioetanol é um biocombustível renovável obtido pela fermentação de açúcares presentes em matérias-primas vegetais, como cana-de-açúcar, milho e beterraba, sendo considerado uma alternativa estratégica aos combustíveis fósseis por reduzir emissões de gases de efeito estufa em até 90% quando comparado à gasolina, por exemplo, além de contribuir para a diversificação da matriz energética, mitigação das mudanças climáticas e para a transição energética global (Demirbas, 2007; Ramalho, 2023).

O etanol, produzido por processos biológicos, destaca-se como um dos principais biocombustíveis utilizados em larga escala, especialmente em países como Brasil e Estados Unidos, sendo capaz de reduzir sua dependência da importação de petróleo e fortalecer a economia interna do país (Goldemberg, 2008).

No contexto brasileiro, a produção de bioetanol exerce forte influência sobre o desenvolvimento socioeconômico, onde o setor sucroenergético é responsável por significativa geração de empregos e renda. Estudos apontam que a cadeia produtiva do bioetanol contribui para a inclusão social e para o fortalecimento de economias regionais (Carvalho et al., 2024).

Tais dados podem ser justificados pelo fato do Brasil se consolidar historicamente como um dos maiores exportadores de etanol, aproveitando sua vantagem comparativa na produção de cana-de-açúcar (Milanez et al., 2021).

Classificação

Os tipos de bioetanol são geralmente classificados em primeira e segunda geração. O de primeira geração é obtido a partir de culturas alimentares ricas em carboidratos, como milho e cana-de-açúcar, enquanto o de segunda geração é produzido a partir de biomassa lignocelulósica, como resíduos agrícolas e florestais. Este último é considerado mais sustentável, pois não compete diretamente com a produção de alimentos, embora ainda enfrente barreiras tecnológicas e econômicas para sua produção em larga escala (Sims et al., 2010).

A fabricação do bioetanol envolve etapas como a hidrólise da biomassa para liberação de açúcares, seguida da fermentação por microrganismos — geralmente *Saccharomyces cerevisiae* — e posterior destilação para purificação do etanol. No caso da biomassa

lignocelulósica, são necessários pré-tratamentos físico-químicos para quebrar a celulose e hemicelulose, tornando o processo mais complexo e custoso (Balat; Balat, 2009).

O bioetanol também pode ser categorizado conforme sua pureza (hidratado ou anidro) e aplicação. O anidro é utilizado misturado à gasolina, enquanto o hidratado pode ser empregado diretamente em veículos flex. Além disso, pode ser classificado como insumo industrial ou energético, dependendo da finalidade (Nigam; Singh, 2011).

Seu uso mais comum é como combustível automotivo, seja puro ou em mistura com gasolina. Também é aplicado na indústria química como solvente, na produção de bebidas alcoólicas e em processos farmacêuticos. No setor energético, pode ser utilizado em usinas termoeletricas para geração de eletricidade, ampliando sua versatilidade (Renewable Energy Agency, 2019).

Estudo de viabilidade

Entre as limitações do bioetanol, destacam-se a competição por terras agrícolas, o elevado consumo de água e a dependência de condições climáticas para o cultivo das matérias-primas. Além disso, o bioetanol de primeira geração levanta preocupações sobre segurança alimentar, já que utiliza culturas destinadas à alimentação humana, onde o aumento da demanda por milho e cana-de-açúcar pode pressionar preços e reduzir a disponibilidade de alimentos básicos (Hill et al., 2006; Searchinger et al., 2008).

Ademais, a expansão da monocultura de cana-de-açúcar e milho pode gerar impactos negativos, como degradação do solo, perda de biodiversidade e recursos hídricos (Carvalho et al., 2024). Esse dilema é especialmente relevante em países em desenvolvimento, onde a segurança alimentar é uma questão crítica. A expansão do

bioetanol pode agravar desigualdades sociais e comprometer o acesso a alimentos (Searchinger et al., 2008).

Por outro lado, o bioetanol de segunda geração, obtido a partir de resíduos agrícolas e florestais, evita a competição direta com culturas alimentares e apresenta maior potencial de sustentabilidade (Balat; Balat, 2009). No entanto, seus desafios tecnológicos e financeiros ainda dificultam a expansão em escala comercial. O pré-tratamento da biomassa lignocelulósica exige processos complexos e de alto custo, e mesmo com avanços recentes em biotecnologia e engenharia genética a viabilidade econômica se mantém limitada (Sims et al., 2010; Oliveira et al., 2018; Boldarini et al., 2025).

Neste contexto, o aproveitamento de resíduos de frutas, vegetais e cereais descartados em feiras livres surge como alternativa estratégica. Esses materiais, ricos em açúcares simples, permitem a produção de bioetanol sem competir com a cadeia alimentar, ao mesmo tempo em que reduzem impactos ambientais e evitam desperdício. Além disso, não demandam os altos investimentos necessários ao bioetanol de segunda geração, configurando uma solução intermediária entre os dois modelos. Essa inovação pode ser considerada fundamental para superar barreiras tecnológicas e ampliar a produção em escala industrial, consolidando o bioetanol como alternativa viável na transição energética (Saraiva et al., 2024).

Produção do bioetanol a partir de resíduos orgânicos de feiras livres

O bioetanol é reconhecido como alternativa ambientalmente favorável frente aos combustíveis fósseis. Mais do que discutir suas limitações já conhecidas, torna-se relevante explorar caminhos que ampliem sua sustentabilidade. Nesse sentido,

o aproveitamento de resíduos orgânicos provenientes de feiras livres representa uma abordagem inovadora: transforma materiais descartados em recurso energético, insere-se em políticas de economia circular e fortalece práticas de gestão de resíduos urbanos. Essa estratégia não apenas reduz o impacto ambiental associado ao descarte inadequado, como também cria valor em cadeias produtivas locais, aproximando a produção de energia da realidade comunitária. Somado às tecnologias emergentes de fermentação, o uso desses resíduos consolida o conceito de “energia sem conflito”, capaz de alinhar transição energética e responsabilidade social (Nigam; Singh, 2011).

A produção de bioetanol a partir de resíduos orgânicos vegetais descartadas em feiras livres (Figura 1) inicia-se com o pré-tratamento da biomassa, que envolve a separação, trituração e, em alguns casos, hidrólise enzimática para liberar açúcares fermentáveis. Esse processo é fundamental para aumentar a eficiência da fermentação subsequente, já que resíduos vegetais possuem diferentes composições químicas e níveis de umidade (Souza; Carvalho, 2020).

Na etapa de fermentação alcoólica, microrganismos convertem os açúcares presentes nos resíduos em etanol. Essa fase é semelhante à utilizada na indústria de bebidas, mas adaptada para fins energéticos. Estudos demonstram que resíduos de frutas, por possuírem alto teor de açúcares simples, apresentam rendimentos superiores em comparação a outras biomassas, podendo atingir até 80% de conversão em condições otimizadas (Silva; Oliveira; Santos, 2021).

Após a fermentação, o bioetanol precisa ser purificado por meio de destilação, garantindo a concentração necessária para uso como

combustível. Essa etapa é crítica para assegurar a qualidade do produto final e sua aplicabilidade em motores de combustão interna. Pesquisas recentes reforçam que a utilização de resíduos orgânicos urbanos, especialmente frutas descartadas, para a produção de bioetanol por meio de processos fermentativos é viável e pode

ser realizada em escala piloto, com potencial de expansão para indústrias locais (Favaretto, 2023).

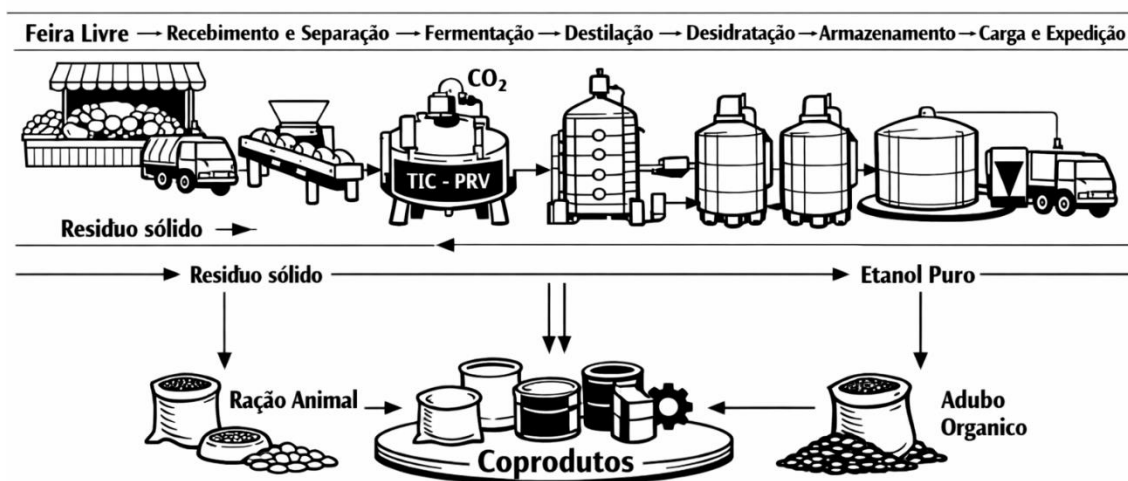


Figura 1. Processo de produção do bioetanol por resíduos orgânicos de feiras livres.

Fonte: autoral.

Para acrescentar, estudos realizados na Universidade Estadual Paulista (UNESP), demonstra que os resíduos sólidos gerados durante o processo de produção de bioetanol, compostos por fibras vegetais e subprodutos da fermentação, podem ser reaproveitados de forma sustentável. Após o tratamento e secagem, parte desse material pode ser incorporado à formulação de ração animal, devido ao seu valor nutricional e alta digestibilidade. Outra fração, rica em matéria orgânica e nutrientes, pode ser destinada à produção de adubo orgânico, contribuindo para o enriquecimento do solo e fechamento do ciclo produtivo. Ainda, o aproveitamento desses resíduos permite a obtenção de coprodutos industriais, como biogás e biomateriais, ampliando

a eficácia do processo e reduzindo desperdícios (Ordoñez Camacho, 2013).

Outrossim, a produção de bioetanol a partir de resíduos de feiras livres pode contribuir para a redução da quantidade de lixo urbano. Iniciativas de economia circular, como as desenvolvidas por *startups* brasileiras, demonstram que o aproveitamento de resíduos vegetais pode ser integrado a sistemas de energia limpa, fortalecendo práticas sustentáveis (Carvalho et al., 2021).

Outro tema relevante é a integração com políticas públicas e infraestrutura existente. O Brasil já possui uma rede consolidada para uso de etanol em veículos flex, o que facilita a inserção do bioetanol proveniente de resíduos de feiras livres. Essa integração poderia complementar a

produção tradicional de etanol de cana-de-açúcar, ampliando a matriz energética renovável e contribuindo para o cumprimento das metas globais de redução de carbono (Agência Nacional De Energia, 2022).

Quando comparado ao cenário internacional, observa-se que países como Estados Unidos, China, Índia e União Europeia também enfrentam o desafio de conciliar o elevado volume de resíduos orgânicos urbanos com a predominância do consumo de combustíveis fósseis. Apesar dos avanços em políticas de energia renovável, o uso de derivados de petróleo continua sendo muito

superior ao de biocombustíveis, evidenciando a necessidade de alternativas mais sustentáveis (Banco Mundial, 2024; IEA, 2025).

Nesse contexto, o aproveitamento de resíduos orgânicos para produção de bioetanol surge como uma estratégia inovadora e complementar. Diferentemente do biodiesel, que depende de óleos vegetais como soja, colza e palma, o bioetanol pode ser obtido a partir de frutas, vegetais e cereais descartadas em feiras livres, aproveitando açúcares simples presentes nesses materiais (Silva; Oliveira; Santos, 2021).

Tabela 1. Potencial de aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de bioetanol no cenário internacional.

Região	Resíduos de alimentos urbanos (t/ano)	Consumo anual de bioetanol (L/ano)	Consumo anual de combustíveis derivados de petróleo (L/ano)	Principal Fonte de bioetanol	Potencial de aproveitamento de resíduos
Estados Unidos	~32 milhões (EPA, 2024)	~50 bilhões (US EIA, 2025)	~780 bilhões (IEA, 2025)	Milho (US EIA, 2025)	Grande parte dos resíduos orgânicos poderia ser convertida em bioetanol, reduzindo aterros
China	~60 milhões (World Bank, 2024)	~4 bilhões (IEA, 2025)	~700 bilhões (BP, 2025)	Milho e mandioca (IEA, 2025)	Elevado potencial de aproveitamento, ainda pouco explorado
Índia	~25 milhões (UNEP, 2024)	~10,5 bilhões (USDA, 2025)	~250 bilhões (IEA, 2025)	Cana de açúcar e melaço (UNEP, 2024)	Resíduos poderiam suprir parte da demanda energética rural

Brasil	~81,6 milhões (ABREMA, 2025)	~30 bilhões (ANP, 2025)	~140 bilhões (EPE, 2025)	Cana de açúcar (ANP, 2025)	País consolidado em etanol de cana, resíduos de feiras ampliariam a matriz
União Europeia	~40 milhões (Irena, 2026)	~5 bilhões (European Commission, 2025)	~500 bilhões (IEA, 2025)	Trigo, beterraba e cereais (Irena, 2026)	Políticas de economia circular favorecem aproveitamento para bioenergia, mas ainda pouco explorado

Fonte: autoral.

A tabela 1 sintetiza dados sobre a geração de resíduos orgânicos em feiras e mercados, o consumo anual de bioetanol e de combustíveis fósseis, além das principais matérias-primas utilizadas em cada país. É importante destacar que os valores de resíduos representam estimativas de desperdício alimentar urbano (incluindo feiras livres), utilizados como aproximação pela ausência de levantamentos específicos em escala nacional. O objetivo é evidenciar o contraste entre o potencial de aproveitamento energético desses resíduos e a dependência atual de fontes não sustentáveis, reforçando a relevância da proposta de utilizar descartes de feiras livres para produção de bioetanol.

Considerações Finais

O estudo demonstra que o aproveitamento de resíduos orgânicos provenientes de feiras livres para a produção de bioetanol é uma alternativa sustentável e estratégica para o Brasil. Essa prática contribui para reduzir os impactos ambientais do descarte inadequado e fortalece a economia circular que, por sua vez, direciona seus

benefícios a populações economicamente vulneráveis, ampliando a inclusão social por meio da geração de empregos verdes. A análise evidencia que o processo de produção é tecnicamente viável em escala piloto e pode ser expandido com apoio de políticas públicas e inovação tecnológica.

Apesar dos desafios relacionados a custos e infraestrutura, o potencial identificado reforça a relevância dessa abordagem como complemento à matriz energética nacional. Conclui-se que a integração entre gestão eficiente de resíduos e incentivos governamentais é essencial para transformar essa proposta em realidade, contribuindo para a transição energética e para a redução da pegada de carbono.

Referências

ALMEIDA, Ítalo D'Artagnan. **Metodologia do trabalho científico**. Recife: Ed. UFPE, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/49435/1/METODOLOGIA%20DO%20TRABALHO%20CIENT%20C3%8DFICO.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2024.

AMORIM, H. V.; LOPES, M. L.; OLIVEIRA, J. V. de C.; BUCKERIDGE, M. S.; GOLDMAN, G. H. Scientific

challenges of bioethanol production in Brazil (2011). **Applied Microbiology and Biotechnology**, 91, 1267-1275, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/51473149_Scientific_challenges_of_bioethanol_production_in_Brazil. Acesso em 30 de jul 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2025**. São Paulo: ABREMA, 2025. Disponível em: https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/2026/05/Panorama2025_Metodologia.pdf. Acesso em: 30 de jul 2026.

BALAT, Mustafa; BALAT, Havva. Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. **Applied Energy**, v. 86, n. 11, p. 2273-2282, 2009.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2025**. Rio de Janeiro: ANP, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-brasileiro-do-petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis-2025>. Acesso em: 5 maio 2026.

CARVALHO, Igor Alves de; PEREIRA, Ranulfo; LEITE, João Vitor Penariol; BONAVENTURA, André Luis. **Geração de bioetanol a partir de resíduos vegetais**. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 28., 2024, São José dos Campos. Anais [...] São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2024. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2024/anais/arquivos/RE_0923_1078_01.pdf. Acesso em: 5 maio 2026

DEMIRBAŞ, Ayhan. Progress and recent trends in biofuels. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 33, n. 1, p. 1–18, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360128506000256>. Acesso em: 5 maio 2026.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Biomassa lenhosa residual**: Nota Técnica EPE nº 17/2018. Rio de Janeiro: EPE, 2018. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-312/NT-EPE_17-2018_Biomassa-Lenhosa-Residual_2018-10-17.pdf. Acesso em: 29 jul. 2026.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2025**. Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2025>. Acesso em: 5 maio 2026.

ENERGY INSTITUTE. **Statistical Review of World Energy: resources and data downloads**. London: Energy Institute, 2025. Disponível em: <https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads>. Acesso em: 29 jul. 2026.

EUROPEAN COMMISSION. **Biofuels in the European Union**. Bruxelas: EC, 2025.

FAVARETTO, Danúbia Paula Cadore. **Produção de bioetanol a partir de resíduos de frutas**. 2023. 72 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2023. Disponível em: <https://repositorio.upf.br/handle/123456789/2708>. Acesso em: 5 maio 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas S. A., 5. ed, p.27- 33, 2010.

GOLDEMBERG, José. The Brazilian biofuels industry. **Biotechnology for Biofuels**, v. 1, art. 6, 2008. DOI: 10.1186/1754-6834-1-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/1754-6834-1-6>. Acesso em: 5 maio 2026.

ILL, Jason; NELSON, Erik; TILMAN, David; POLASKY, Stephen; TIFFANY, Douglas. **Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Washington, DC, v. 103, n. 30, p. 11206–11210, 2006. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0604600103>. Acesso em: 5 maio 2026.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Outlook 2025**. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025>. Acesso em: 5 maio 2026.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Advanced biofuels: what holds them back?** Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2019. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2019/Nov/Advanced-biofuels-What-holds-them-back>. Acesso em: 5 maio 2026.

KHAIRATI, Miftahul. **Bioethanol: Advances, Benefits, and Future Prospects**. Department of Chemical Engineering, Politeknik ATI Padang. International Journal of Research and Review. Indonésia, v. 11, n. 8, 2024. Disponível em: https://www.ijrrjournal.com/IJRR_Vol.11_Issue.8_August2024/IJRR60.pdf. Acesso em 30 de jul 2026.

LOZADA, Gisele; NUNES, Karina da Silva. **Metodologia científica**. Porto Alegre: SAGAH, 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 9 Ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MARQUES, Pedro Paulo. **Geração de energia a partir de resíduos agroindustriais no Brasil: etanol de segunda geração**. Protocolos em Química., 01, 30-35, 2023. Disponível em: https://protocolosemquimica.com/wp-content/uploads/2023/11/2.f.v.e.-geracao-de-energia-a-partir-de-residuos-agroindustriais-no-brasil_etanol-de-segunda-geracao.pdf. Acesso em: 29 de jul 2026.

NIGAM, Poonam Singh; SINGH, Anoop. Production of liquid biofuels from renewable resources. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 37, n. 1, p. 52–68, 2011. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360128510000353>. Acesso em: 5 maio 2026.

OLIVEIRA, F. A. de; CEBINELLI, J. P.; FORNAZARI, M., LINDINO, C. A., BARICCATTI, R. A., & SIQUEIRA, J. A. C. (2024). Aproveitamento de Resíduo de Poda de Árvore Urbana: Uma Via Tecnologicamente Viável para Produção de Bioetanol e Bioenergia. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, 13(2), e1304. Disponível em: <https://journalppc.com/RPPC/article/view/1304>. Acesso em: 30 de jul 2026.

ORDOÑEZ CAMACHO, Ileana Andrea. **Produção de resíduos sólidos de matérias-primas amiláceas na fabricação de bioetanol para análise de segurança em alimentação de ratos Wistar**. 2013. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/101822>. Acesso em: 5 maio 2026.

RASTOGI, M.; SHRIVASTAVA, S. Avanços recentes na produção de bioethanol de Segunda geração: Uma visão sobre os processos de pré-tratamento, sacarificação e fermentação. **Revista de Energia Renovável e Sustentável**, v. 80, p. 330-340, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117308651>. Acesso em 30 de jul 2026.

SEARCHINGER, Timothy; HEIMLICH, Ralph; HOUGHTON, Richard A.; DONG, Fengxia; ELOBEID, Amani; FABIOSA, Jacinto; TOKGOZ, Simla; HAYES, Dermot; YU, Tun-Hsiang. Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. **Science**, v. 319, n. 5867, p. 1238–1240, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1151861>. Acesso em: 5 maio 2026.

SIMS, Ralph E. H.; MABEE, Warren; SADDLER, Jack N.; TAYLOR, Michael. An overview of second generation biofuel technologies. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 6, p. 1570–1580, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852409015508>. Acesso em: 5 maio 2026.

SOUZA, L. A. F. **Aproveitamento de biomassas de frtvas tropicais e pré tratamento com líquido iônico para produção de etanol**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2024. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/35295>. Acesso em: 30 de jul 2026.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Global Waste Management Outlook 2024: beyond an age of waste: turning rubbish into a resource**. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2024. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>. Acesso em: 5 maio 2026.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Advancing Sustainable Materials Management: Facts and Figures Report 2024 – Food**

waste generation in urban áreas. Washington: USA, 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Biofuels annual** – Brasília, Brazil (BR2025-0030). Washington, DC: USDA, 2025. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels+Annual_Brasilia_Brazil_BR2025-0030.pdf. Acesso em: 30 jul. 2026.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). **Annual Energy Outlook 2025**. Washington, DC: U.S. Energy Information Administration, 2025. Disponível em: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/>. Acesso em: 5 maio 2026.