

Mapeamento das rotas de substratos na RenovaCalc: situação atual e após aplicação de árvores de decisão

AGOSTO 2025

MAPEAMENTO DAS ROTAS DE SUBSTRATOS NA RENOVACALC: SITUAÇÃO ATUAL E APÓS APLICAÇÃO DE ÁRVORES DE DECISÃO

EQUIPE DE SUPERVISÃO EMBRAPA

Nilza Patrícia Ramos
Marília Ieda da Silveira Folegatti
Priscila Seixas Sabaini
Anna Leticia M T Pighinelli

EQUIPE i17

Alessandro Sanches Pereira
Vanice Nakano
Karina Guedes Cubas Amaral
Camila Ester Hollas
Leidiane Ferronato Mariani

EQUIPE ANP

Maria Auxiliadora de Arruda Nobre
Joana Borges da Rosa
Cristiane Mascarenhas da Silva Sampaio

Avisos e Orientações:

O Instituto 17, em parceria com a Embrapa Meio Ambiente, apresenta este relatório com o mapeamento das rotas de substratos na RenovaCalc, considerando sua configuração atual e as modificações propostas a partir da aplicação de árvores de decisão. O estudo tem como objetivo contribuir para o aprimoramento metodológico da ferramenta, especialmente no que se refere à definição de resíduos e à alocação de fluxos no contexto do RenovaBio.

Este documento apresenta os resultados iniciais da análise conduzida pelo Instituto 17, sob supervisão técnica da Embrapa Meio Ambiente, e está sujeito a revisões e aperfeiçoamentos.

Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelos autores. Nem o Instituto 17 nem os autores podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou diretamente resultante de eventuais erros, imprecisões ou omissões de informações nele presentes.

Agosto/2025.



Sumário

APRESENTAÇÃO	4
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. MAPEAMENTO DOS FLUXOS ATUAIS DA RENOVACALC	5
2.1. Metodologia de avaliação dos fluxos na RenovaCalc atual.....	5
2.2. Resultados do Mapeamento dos Fluxos Atuais da RenovaCalc	6
3. APLICAÇÃO DA ÁRVORE DE DECISÃO PARA OS SUBSTRATOS DA RENOVACALC	13
3.1. Metodologia de avaliação dos fluxos com aplicação da árvore de decisão	13
3.2. Resultados da aplicação da árvore de decisão	17
4. Considerações finais	35
5. REFERÊNCIAS	36
6. ANEXOS	40
6.1. Histórico dados econômicos e fontes utilizadas.....	40

APRESENTAÇÃO

O estudo de **mapeamento das rotas de substratos da RenovaCalc** está sendo desenvolvido pelo Instituto 17 (i17), sob supervisão técnica da Embrapa Meio Ambiente. Esta iniciativa integra um dos subprojetos do programa mais amplo intitulado **“Aprimoramento da contabilidade de carbono no RenovaBio”**, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e com financiamento da FINEP.

Este relatório reúne os resultados parciais de duas frentes principais: i) o **mapeamento e representação gráfica da cadeia de substratos na versão atual da RenovaCalc**; e

ii) a **aplicação de uma árvore de decisão**, elaborada com base em parâmetros fornecidos pela Embrapa Meio Ambiente, incluindo o levantamento de rendimentos e séries históricas de produção.

A elaboração deste documento teve como compromisso metodológico manter a coerência com os fundamentos estabelecidos no estudo anterior sobre a construção da árvore de decisão. A análise crítica dos dados e fluxos propostos, bem como a definição das abordagens consideradas aplicáveis, será conduzida em estreita articulação com a equipe técnica da Embrapa Meio Ambiente, responsável pela supervisão e validação das etapas do projeto.

As contribuições dessa fase são fundamentais para orientar os próximos passos no aprimoramento da RenovaCalc, assegurando maior robustez técnica à ferramenta no contexto da certificação de biocombustíveis no âmbito do RenovaBio e aos conceitos internacionais relacionados à classificação dos materiais.

1. INTRODUÇÃO

Compreender os fluxos atuais da RenovaCalc é essencial para garantir a coerência metodológica e a transparência na contabilização de emissões e alocação de impactos ambientais no contexto do RenovaBio. A forma como os materiais são classificados entre produtos, coprodutos, subprodutos ou resíduos, influencia diretamente na distribuição da carga ambiental entre os fluxos, afetando os resultados de intensidade de carbono atribuídos ao biocombustível certificado.

A introdução de uma nova abordagem por meio da **árvore de decisão**, desenvolvida com base em critérios técnicos mais estruturados, busca trazer maior consistência à identificação da finalidade econômica e da responsabilidade ambiental associada a cada fluxo. Essa mudança tem o potencial de impactar as rotas modeladas na RenovaCalc, redefinindo classificações anteriormente atribuídas e, consequentemente, alterando os fatores de alocação e os valores finais de emissões.

Diante desse cenário, o presente estudo visa comparar o mapeamento atual com as implicações da aplicação da árvore de decisão, destacando os pontos de divergência e os ganhos metodológicos esperados em termos de rigor técnico e alinhamento com princípios da contabilidade robusta de carbono.

2. MAPEAMENTO DOS FLUXOS ATUAIS DA RENOVACALC

2.1. Metodologia de avaliação dos fluxos na RenovaCalc atual

A avaliação dos fluxos de substratos na RenovaCalc foi realizada com base na análise detalhada das planilhas técnicas de cálculo disponibilizadas para cada uma das rotas de biocombustíveis contempladas no sistema. As rotas avaliadas foram:

- Biodiesel
- Etanol de primeira geração (1G) de cana-de-açúcar
- Etanol de segunda geração (2G)
- Usina flex (1G de cana-de-açúcar + 1G de milho)
- Etanol de primeira geração (1G) de milho
- Biometano
- HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids)

Cada planilha foi examinada individualmente, com o objetivo de mapear todas as entradas e saídas de substratos, bem como os fluxos intermediários e finais envolvidos em cada etapa da produção de biocombustíveis.

O processo metodológico adotado seguiu os seguintes passos:

1. **Identificação e extração dos fluxos:** Foram identificados todos os materiais utilizados como insumos (entradas) e todos os produtos, coprodutos, subprodutos e resíduos gerados (saídas) em cada etapa do processo produtivo descrito nas planilhas da RenovaCalc.
2. **Caracterização do papel de cada fluxo:** Para cada fluxo identificado, foi analisado o tratamento atribuído pelo modelo da RenovaCalc em relação à sua finalidade econômica, representatividade no processo e participação na alocação de emissões. Essa análise permitiu inferir se o fluxo era tratado como:
 - **Produto ou coproduto:** fluxos que carregam a carga ambiental do sistema produtivo a montante, incluindo etapas como plantio, colheita, transporte e beneficiamento. Estes geralmente possuem valor econômico relevante e participam da alocação de emissões via valor ou energia.
 - **Subproduto:** fluxos que não carregam carga ambiental da etapa produtiva anterior; os impactos passam a ser contabilizados apenas a partir do ponto de coleta ou reaproveitamento.
 - **Resíduo:** fluxos destinados ao descarte ou tratamento. Esses materiais não recebem qualquer alocação de emissões no sistema produtivo, sendo considerados ambientalmente “neutros” até que sejam eventualmente valorizados em outro processo.
3. **Representação gráfica e organização das informações:** Os fluxos foram representados em diagramas de processo, permitindo a visualização das rotas principais e auxiliares, dos pontos de bifurcação e das conexões entre insumos, produtos e saídas secundárias. Essa visualização foi essencial para subsidiar a aplicação posterior da árvore de decisão proposta.

Este mapeamento dos fluxos atuais constituiu a base para a identificação de potenciais inconsistências ou arbitrariedades nas classificações e alocações adotadas. Ele também permitiu verificar, de forma sistemática, os efeitos de uma possível reclassificação metodológica a partir da adoção da nova árvore de decisão proposta neste estudo.

2.2. Resultados do Mapeamento dos Fluxos Atuais da RenovaCalc

Os resultados do mapeamento permitiram sistematizar, para cada rota da RenovaCalc avaliada, as entradas e saídas de substratos, suas classificações adotadas na metodologia vigente, e o papel que cada fluxo desempenha na contabilização das emissões. Para isso, foi construída uma tabela síntese contendo os principais fluxos de cada rota (matérias-primas, resíduos gerados, produtos intermediários e finais), com destaque para a forma como são tratados no modelo atual da ferramenta (Quadro 1).

Quadro 1 Tabela síntese contendo os principais fluxos de cada rota de substratos e produtos das planilhas da Renovacalc

	Materiais	Base de dados utilizada	Fronteira / Classificação atual
Renovacalc Biodiesel			
Matérias primas	Óleo de Soja	Alocação (óleo de soja, farelo de soja, concentrado proteico, melaço, casca da soja, lectina da soja)	Coproduto
	Óleo de Palma	Palm oil, refined {GLO} market for palm oil, refined Cut-off, U	Coproduto
	Óleo de milho	IC fornecida pelo usuário	Coproduto
	Óleo de algodão	Cottonseed oil, refined {GLO} market for cottonseed oil, refined Cut-off, U	Coproduto
	Outros óleos vegetais	Cottonseed oil, refined {GLO} market for cottonseed oil, refined Cut-off, U	Coproduto
	Outros óleos residuais	NA	Subproduto sem processamento
	Óleo de fritura usado	NA	Subproduto sem processamento
	Gordura animal	NA	Subproduto sem processamento
Coprodutos	Glicerina purificada	Alocação com biodiesel	Coproduto
	Glicerina bruta	Alocação com biodiesel	Coproduto
Fontes de energia	Cavaco de madeira	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Lenha	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Resíduos florestais		Subproduto
	Bagaço de cana		Subproduto
	Palha de cana	Recolhimento (LNBR - 12 g CO ₂ /kg)	Subproduto
Renovacalc Etanol 1ª geração / cana-de-açúcar			
Matérias primas	Cana-de-açúcar		Coproduto
	Melaço	Alocação (Etanol anidro, Etanol hidratado, Açúcar, Energia elétrica comercializada, Bagaço comercializado, Melaço, Aguardente de cana, Açúcar mascavo e Rapadura)	Coproduto
	Melaço de terceiros	IC fornecida	Coproduto
Coprodutos	Etanol anidro, Etanol hidratado, Açúcar, Energia elétrica comercializada, Bagaço comercializado, Melaço, Aguardente de cana, Açúcar mascavo e Rapadura	Bagaço comercializado recebe carga zero	Coprodutos
Fontes de energia	Bagaço próprio		Resíduo
	Palha própria		Resíduo
	Bagaço de terceiros		Subproduto
	Palha de terceiros	Recolhimento (LNBR - 12 g CO ₂ /kg)	Subproduto
	Cavaco de madeira	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Lenha	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Resíduos florestais		Subproduto
	Biogás próprio		NA

	Biogás de terceiros	Valor de 7,5	Subproduto
Organominerais	Vinhaça		Resíduo
	Torta de filtro		Resíduo
	Cinzas e fuligem		Resíduo
	Outros Fertilizantes Orgânicos/Organominerais		Resíduo
Renovacalc Biometano (Versão atualizada)			
Matérias primas	Dejetos animais		Resíduo
	Resíduos sólidos urbanos		Resíduo
	Biogás de Aterro		Resíduo
	Vinhaça		Resíduo
	Torta de filtro		Resíduo
Coprodutos	CO ₂ comercializado		Resíduo
	Energia elétrica comercializada		Subproduto
	Energia elétrica própria		Resíduo
Fontes de energia	Bagaço próprio		Subproduto
	Palha própria		Subproduto
	Biometano	Biomethane, high pressure {RoW} market for biomethane, high pressure Cut-off, U (adaptado no conceito de "resíduos")	Subproduto
	Bagaço de terceiros		Subproduto
	Palha de terceiros		Subproduto
	Cavaco de madeira	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Lenha	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Resíduos florestais		Subproduto
	Biogás próprio	Biomethane, high pressure {RoW} market for biomethane, high pressure Cut-off, U (adaptado no conceito de "resíduos")	Subproduto
	Biogás de terceiros	Biomethane, high pressure {RoW} market for biomethane, high pressure Cut-off, U (adaptado no conceito de "resíduos")	Subproduto
Renovacalc Etanol 2ª geração			
Matérias primas	Bagaço de terceiros		Subproduto
	Palha de terceiros		Subproduto
	Melaço de terceiros	IC fornecida pelo usuário	Coproduto
Coprodutos	Etanol Anidro		Coproduto
	Etanol Hidratado		Coproduto
	Energia elétrica comercializada		Coproduto
Fontes de energia	Bagaço de terceiros		Subproduto
	Palha de terceiros		Subproduto
	Cavaco de madeira	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Lenha	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Resíduos florestais		Subproduto

	Biogás próprio		NA
	Biogás de terceiros	Valor de 7,5	Subproduto
	Etanol hidratado próprio		Resíduo
	Etanol anidro próprio		Resíduo
Renovacalc Etanol de milho 1ª geração planilha de produtores			
Matérias primas	Milho total produzido		Produto
	Milho adquirido pela usina		Produto
	Melaço de terceiros (elegível, apenas)		Coproduto
Coprodutos	Etanol Anidro		Coproduto
	Etanol Hidratado		Coproduto
	Eleticidade		Coproduto
	DDGS		Coproduto
	DDG		Coproduto
	WDG		Coproduto
	CGM		Coproduto
	CGF		Coproduto
	Óleo de Milho		Coproduto
Fontes de energia	Biogás próprio		NA
	Biogás de terceiros	Valor de 7,5	Subproduto
	Cavaco de madeira	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Lenha	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Resíduos florestais		Subproduto
	Bagaço de cana		Subproduto
	Palha de cana		Subproduto
Organominerais	Outros Fertilizantes Orgânicos/Organominerais		Resíduo
Renovacalc Usina Etanol 1ª geração flex - milho/cana-de-açúcar			
Matérias primas	Cana-de-açúcar produzida		Produto
	Cana-de-açúcar adquirido pela usina		Produto
	Milho total produzido		Produto
	Milho adquirido pela usina		Produto
	Melaço de terceiros (elegível, apenas)	IC fornecida pelo usuário	Coproduto
Coprodutos	Etanol anidro		Coproduto
	Etanol hidratado		Coproduto
	Açúcar		Coproduto
	Energia elétrica comercializada		Coproduto
	DDGS		Coproduto
	DDG		Coproduto
	WDG		Coproduto
	CGM		Coproduto
	CGF		Coproduto
	Óleo de Milho		Coproduto

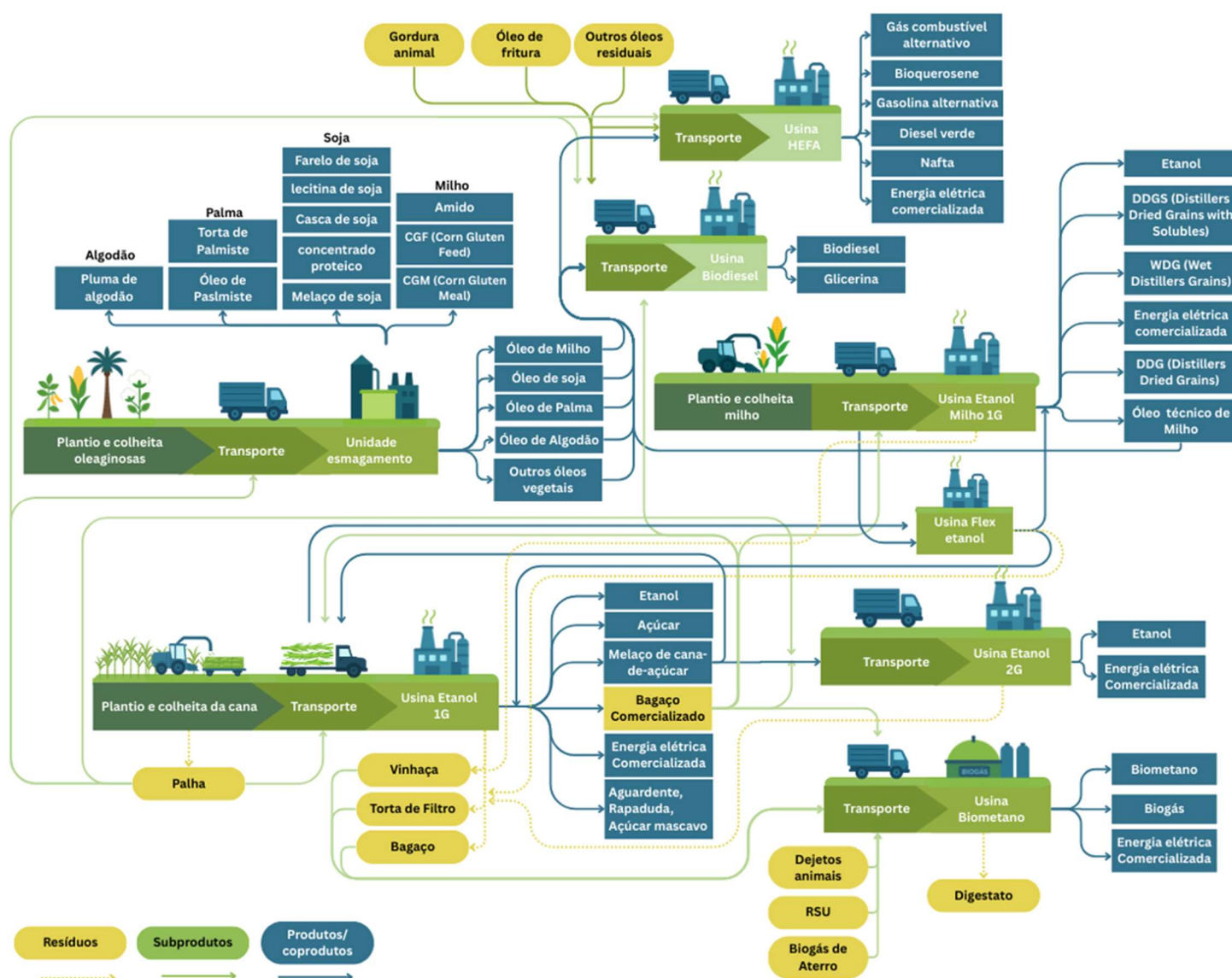
	Bagaço comercializado		Resíduo
	Melaço		Coproduto
	Aguardente de cana		Coproduto
	Açúcar mascavo		Coproduto
	Rapadura		Coproduto
Fontes de energia	Bagaço de terceiros		Subproduto
	Palha de terceiros		Subproduto
	Cavaco de madeira	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Lenha	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Resíduos florestais		Subproduto
	Bagaço próprio		Resíduo
	Palha própria		Resíduo
	Biogás de terceiros	Valor de 0	Resíduo
	Biogás próprio		NA
	Etanol hidratado próprio		Resíduo
	Etanol anidro próprio		Resíduo
Organominerais	Vinhaça		Resíduo
	Torta de filtro		Resíduo
	Cinzas e fuligem		Resíduo
	Outros Fertilizantes Orgânicos/Organominerais		Resíduo
Renovacalc Etanol de Milho importado			
Matérias primas	Milho adquirido pela usina		Produto
	Melaço de terceiros (elegível, apenas)	IC fornecida pelo usuário	Coproduto
Coprodutos	Etanol Anidro		Coproduto
	Etanol Hidratado		Coproduto
	Eletricidade		Coproduto
	DDGS		Coproduto
	DDG		Coproduto
	CGM		Coproduto
	CGF		Coproduto
	Óleo de Milho		Coproduto
Fontes de energia	Biogás próprio		NA
	Biogás de terceiros	Valor de 7,5	Subproduto
	Cavaco de madeira	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Lenha	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Resíduos florestais		Subproduto
Organominerais	Outros Fertilizantes Orgânicos/Organominerais		Resíduo
Renovacalc HEFA			
	Soja Produzida		Produto

Matérias primas	Soja comprada		Produto
	óleo de soja comprado		Coproduto
	Palma produzida		Produto
	Palma comprada	Palm oil, refined {GLO} palm oil refinery operation Cut-off, U	Produto
	óleo de palma comprado		Coproduto
	Milho produzido		Produto
	Milho comprado		Produto
	óleo de milho comprado		Produto
	Óleo destilado de milho	IC fornecida pelo usuário	coproduto
	Óleo de algodão	Cottonseed oil, refined {RoW} cottonseed oil refinery operation Cut-off, U	Produto
	Outros óleos vegetais	Cottonseed oil, refined {RoW} cottonseed oil refinery operation Cut-off, U	Produto
	Óleo de fritura usado		Subproduto
	Gordura animal		Subproduto
	Outros óleos residuais		Subproduto
	Óleo de soja		Coproduto
	Farelo de soja		Coproduto
	Concentrado protéico		Coproduto
	Melaço de soja		Coproduto
	Casca de soja		Coproduto
	Lecitina de soja		Coproduto
	Bioquerosene		Coproduto
	Gasolina alternativa		Coproduto
	Diesel verde		Coproduto
	Nafta		Coproduto
	Gás combustível alternativa		Coproduto
	Energia elétrica comercializada		Coproduto
	Óleo de palma		Coproduto
	Óleo de palmiste		Coproduto
	Torta de palmiste		Coproduto
	Óleo de milho		Coproduto
	Amido		Coproduto
	Fibra		Coproduto
	Farelo de milho		Coproduto
	CGM		Coproduto
	CGF		Coproduto
Fontes de energia	Biogás próprio		NA
	Biogás de terceiros	Valor de 7,5	Subproduto
	Cavaco de madeira	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Lenha	Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} wood chips production, hardwood, at sawmill Cut-off, U	Coproduto
	Resíduos florestais		Subproduto
	Bagaço de cana		Subproduto

	Palha de cana		Subproduto
Organominerais	Outros Fertilizantes Orgânicos/Organominerais		Resíduo

Em seguida, foram elaborados fluxogramas representativos dos sistemas produtivos modelados na RenovaCalc (Figura 1), com foco na visualização das conexões entre os fluxos e nas implicações da classificação metodológica de cada material. Esses diagramas facilitam a compreensão da estrutura lógica de alocação de emissões na ferramenta.

Figura 1 Mapeamento dos fluxos de cada rota de substratos e produtos das planilhas da RenovaCalc



Durante a análise, foi identificado que, na versão atual da RenovaCalc, os substratos são classificados exclusivamente como produtos/coprodutos ou resíduos. A ferramenta não adota explicitamente a categoria de subproduto, mas a fronteira adotada é semelhante à classificação de subproduto, contabilizando desde a etapa de transporte.

Apesar de alguns fluxos serem inicialmente tratados como resíduos, ou seja, saindo do sistema produtivo sem qualquer alocação de carga ambiental, esses mesmos materiais passam a reingressar no sistema como insumos em outros fluxos, classificados como substratos válidos. Nesses casos, a RenovaCalc considera a carga ambiental desses materiais a partir do momento em que são coletados, o que equivale, conceitualmente, ao tratamento de subprodutos isentos de impactos a montante, mas que passam a ter seus impactos contados a partir da reutilização ou do reprocessamento.

Essa abordagem, ainda que funcional, apresenta limitações conceituais que podem gerar inconsistências na distribuição das emissões entre fluxos produtivos. A ausência de critérios claros para distinguir subprodutos de resíduos pode comprometer a transparência e a robustez metodológica da ferramenta, especialmente em sistemas complexos, como o biometano ou o etanol de segunda geração, que dependem fortemente da reutilização de resíduos orgânicos.

3. APLICAÇÃO DA ÁRVORE DE DECISÃO PARA OS SUBSTRATOS DA RENOVALCALC

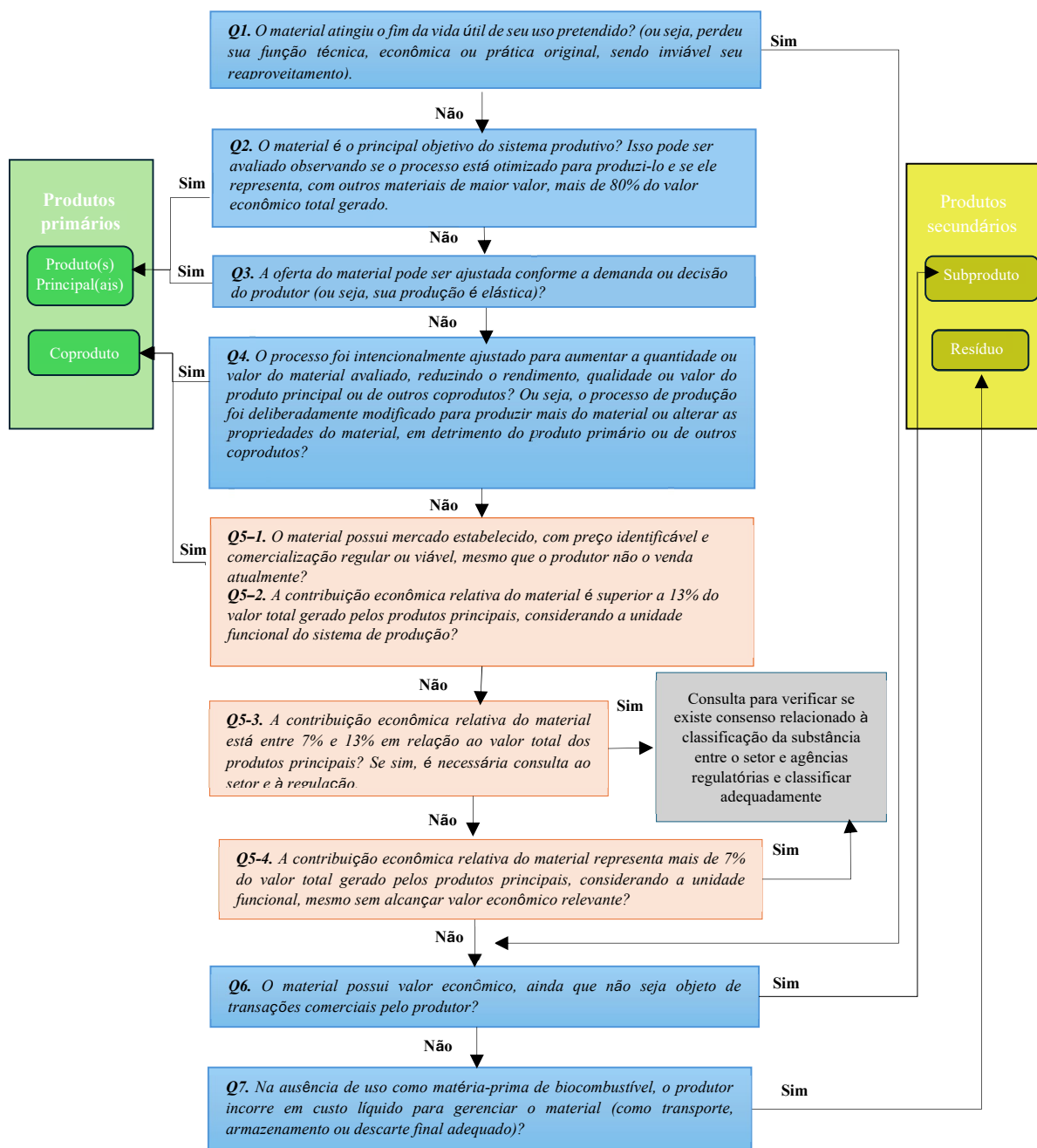
3.1. Metodologia de avaliação dos fluxos com aplicação da árvore de decisão

A aplicação da árvore de decisão teve como objetivo aprimorar a classificação dos substratos utilizados e gerados nas rotas da RenovaCalc, com base em critérios objetivos como **valor econômico, finalidade produtiva, elasticidade da oferta e intencionalidade no processo**.

A árvore de decisão (Figura 2) orienta a classificação dos materiais em quatro categorias principais:

- **Produto(s) principal(is):** gerados intencionalmente, com finalidade econômica, valor de mercado significativo, oferta elástica e foco de otimização do processo. Representam juntos mais de 80% do valor do sistema.
- **Coprodutos:** têm valor econômico relevante (>13% do valor total), mas oferta potencialmente inelástica. Podem resultar de modificações no processo para ampliar sua geração.
- **Subprodutos:** materiais com valor econômico baixo e oferta inelástica, sem intencionalidade de produção. Carregam apenas os impactos a partir da coleta.
- **Resíduos:** materiais sem valor econômico, não intencionalmente gerados e com oferta inelástica. Não carregam impactos ambientais na RenovaCalc.

Figura 2 Árvore de decisão para classificação das matérias primas para biocombustíveis



A aplicação segue uma sequência de perguntas (Q1 a Q7) sobre uso final, valor de mercado, elasticidade de oferta e custos de descarte, permitindo classificar o material conforme sua função no sistema.

Na prática, foram utilizados os rendimentos históricos das rotas da RenovaCalc para quantificar a participação de cada fluxo. Sempre que possível, consideraram-se os preços médios dos últimos cinco anos, com base em fontes oficiais, relatórios de mercado e demais referências do setor, a fim de avaliar sua relevância econômica, conforme

apresentado na Tabela 4. Adicionalmente, outros rendimentos foram obtidos a partir da literatura técnica disponível, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 Dados de Rendimentos e preços médios de diversos substratos e produtos relacionados a RenovaCalc.

Material	Rendimento		Preço médio histórico¹	Referência
Cana-de-açúcar				
Cana-de-açúcar	85,6	t /ha	113,76 R\$ / t	EPE (2023)
Palha de cana-de-açúcar comercializada	8	t /ha	20 R\$ / t	FLORES et al. (2014) e GOMES (2016)
Sistema etanol cana-de-açúcar				
Bagaço de cana-de-açúcar comercializado	21	kg/t cana	142,00 R\$/t	EPE (2023)
Etanol	45,46	L/t cana	2,38 R\$/L	EPE (2023)
Açúcar	56,69	kg/t cana	2.211,64 R\$/t	EPE (2023)
Elettricidade exportada	32,56	kW/t cana	0,35 R\$/kW	EPE (2023)
Gordura animal				
Carne bovina	256	kg/450kg boi vivo	17,92 R\$/kg	ABIEC (2023)
Couro bovino verde	34	kg/450kg boi vivo	1,12 R\$/kg	Scot Consultoria (2022)
Sebo bovino bruto	24,5	kg/450kg boi vivo	4,62 R\$/kg	Scot Consultoria (2022)
Farinha de carne	31	kg/450kg boi vivo	1,2 R\$/kg	Cezar et al. (2005)
Farinha de osso		kg/450kg boi vivo		Cezar et al. (2005)
Farinha de sangue	6,5	kg/450kg boi vivo	2,95 R\$/kg	Cezar et al. (2005)
Soja				
óleo de soja	0,195	t / t soja	1.082,00 US\$/t	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
concentrado proteico	0,533	t / t soja	845,00 US\$/t	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
melaço de soja	0,158	t / t soja	145,00 US\$/t	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
casca de soja	0,054	t / t soja	170,00 US\$/t	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
lecitina de soja	0,00098	t / t soja	1.000,00 US\$/t	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
tocoferol	0,0000002	t / t soja	3.000,00 US\$/t	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
ácido graxo	0,0000009	t / t soja	698,00 US\$/t	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
Farelo de soja	0,0590189	t / t soja	357,06 US\$/t	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
Palma				
Óleo de Palma (CPO)	0,152	t / t palma	4.733,80 R\$ / t	ADEMEHIN et al. (2013)
Óleo de Palmiste (PKO)	0,06	t / t palma	6.605,48 R\$ / t	TULCAN et al. (2021)
Torta de Palmiste (PCK)	0,4	t / t palma	2.431,20 R\$ / t	ADEMEHIN et al. (2013)
fibra do fruto	0,07	t / t palma	1.044,52 R\$ / t	TULCAN et al. (2021)
Casca do caroço (palm kernel shell – PKS)	0,103	t / t palma	503,69 R\$ / t	CHIN et al. (2010)
Algodão				
Pluma de algodão	410	Kg / t algodão	9,53 R\$ / kg	AIBA (2021) e ABRAPA (2025)
Caroço de algodão	540	Kg / t algodão	0,97 R\$ / kg	AIBA (2021) e ABRAPA (2025)
Óleo de Algodão				
Óleo de algodão	160	Kg / t caroço	5,72 R\$ / kg	KANSAS STATE UNIVERSITY (2005)

Farelo de algodão	420	Kg / t caroço	1,30 R\$ / kg	KANSAS STATE UNIVERSITY (2005)
Casca / Fibra de algodão	350	Kg / t caroço	1,23 R\$ / kg	KANSAS STATE UNIVERSITY (2005)
Milho moagem úmida				
Amido	640	kg/t milho	1,87 R\$ / kg	SATHAYE et al. (2001)
Glúten de milho (CGM)	65	kg/t milho	2,21 R\$ / kg	SATHAYE et al. (2001)
Glúten feed (CGF)	125	kg/t milho	1,02 R\$ / kg	SATHAYE et al. (2001)
Óleo de milho	21,5	kg/t milho	5,97 R\$ / kg	SATHAYE et al. (2001)
Torta de gérmen (Corn Germ Meal)	45	kg/t milho	1,34 R\$ / kg	SATHAYE et al. (2001)
Fibras isoladas (quando não incorporadas ao CGF)	27,5	kg/t milho	-	SATHAYE et al. (2001)
Steep liquor (quando não incorporadas ao CGF)	50	Kg (líquido seco eq.) /t milho	-	SATHAYE et al. (2001)
Sistema Biodiesel				
Biodiesel	1,08	m³/1000kg óleo	4.134,32 R\$ / m³	ATADJ (2012)
Glicerina bruta	134	kg/1000kg óleo	2.240,00 R\$ / t	EPE (2023); ABIOVE (comunicação pessoal, 15 de julho de 2025)
Oleína	6,4	kg/1000kg óleo	3.870,00 R\$ / t²	ABIOVE (comunicação pessoal, 18 de julho de 2025)
Ácido graxo	22,9	kg/1000kg óleo		ABIOVE (comunicação pessoal, 18 de julho de 2025)
Sistema etanol de Milho (moagem seca)				
Etanol	414	L/t de milho	2,38 R\$ / L	EPE (2023)
Óleo técnico de milho	18	kg /t de milho	5,97 R\$ / kg	EPE (2023)
WGD	479	kg /t de milho	0,429 R\$/kg	THE CATALYST GROUP (2013)
DDGS	294	kg /t de milho	1,1715 R\$ / kg	EPE (2023)
Rendimento moagem seca – 2ª centrifugação				
Óleo técnico de milho	18	kg /t de milho	5,97 R\$ / kg	UNITED STATES GRAINS COUNCIL (2019)
Syrup (ou CDS concentrado – condensed distillers solubles)	90	kg /t de milho	1,1715 R\$ / kg	UNITED STATES GRAINS COUNCIL (2019)
Resíduos florestais				
Madeira útil (lenha, toras, cavaco comercial)	600	Kg / t	424,47 R\$ / t	FAO (2003)
Resíduos florestais (sem aproveitamento imediato ou com aproveitamento secundário)	400	Kg / t	145,17 R\$ / t	FAO (2003)
Sistema HEFA				
Bioquerosene (SAF)	160	L/t	1,63 US\$ /L	IEA (2021)
Diesel verde (HVO)	873	L/t	1,45 US\$ /L	IEA (2021)
Gasolina alternativa	25	L/t	2,02 US\$ /L	IEA (2021)
Nafta renovável	25	kg/t	0,54 US\$ /kg	IEA (2021)
Gás combustível	0,03	Nm³/t	0,09 US\$ /kg	IEA (2021)

¹ Os valores econômicos são referentes a média da série histórica como apresentado na Tabela 4.

² Para a oleína o valor de venda dos ácidos graxos livres foi considerado.

A análise concentrou-se nos substratos e produtos utilizados nas rotas avaliadas pelas RenovaCalcs, com foco principal na aplicação da árvore de decisão para classificação de materiais, especialmente no que se refere à distinção entre resíduos e subprodutos.

A aplicação da árvore de decisão a essa lista permitiu reavaliar a adequação das classificações atuais, especialmente nos casos em que fluxos tratados como resíduos assumem função de substratos valorizados, o que pode indicar uma reclassificação como subprodutos. Essa diferenciação é essencial para garantir consistência na alocação da carga ambiental e nos cálculos de intensidade de carbono dentro do sistema RenovaCalc.

3.2. Resultados da aplicação da árvore de decisão

A Tabela 2 sintetiza os resultados da aplicação da árvore de decisão a um conjunto de 57 fluxos de materiais relevantes para a RenovaCalc. O objetivo dessa análise foi classificar os fluxos conforme critérios objetivos de valor econômico, elasticidade de oferta e intencionalidade de produção, permitindo distinguir entre produtos principais, coprodutos, subprodutos e resíduos.

Tabela 2 Resultados das respostas da aplicação da árvore de decisão e classificação dos materiais relacionados a RenovaCalc

Material	Desenvolvimento da árvore	Classificação
Óleo de Soja	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, junto com concentrado proteico (95,24% do valor do sistema)	Produto principal
Concentrado proteico	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, junto com óleo de soja (95,24% do valor do sistema)	Produto principal
Farelo de soja	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Não, o objetivo é o óleo e concentrado proteico Q3 - Sim, a demanda por farelo influencia diretamente o volume esmagado. O esmagamento pode ser aumentado ou reduzido deliberadamente conforme o mercado de rações (farelo) ou óleo (alimentação, biodiesel).	Coproducto
Melaço de soja	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Não, o objetivo é o óleo e concentrado proteico Q3 - Não, a produção de melaço depende diretamente da produção de proteína isolada/concentrada Q4 - Não, o processo é otimizado para obter a proteína Q5.1 - Sim, tem mercado, o produtor pode vender Q5.2 - Não, a contribuição econômica relativa representa 3,46% em relação aos produtos principais Q5.3 - Não, a contribuição econômica relativa representa 3,46% em relação aos produtos principais Q5.4 - Não, a contribuição econômica relativa representa 3,46%	Subproduto

	em relação aos produtos principais Q6 - Sim, o material pode ser comercializado	
Casca da soja	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é o óleo e concentrado proteico</p> <p>Q3 - Não, A produção da casca é fixa, determinada pela proporção de casca no grão de soja. Não é possível produzir mais casca sob demanda, sua produção é inelástica.</p> <p>Q4 - Não, apesar de poder ser peletizada por exemplo, em geral no Brasil é a venda in natura, o que não caracteriza um ajuste deliberado de processo para gerar mais valor.</p> <p>Q5.1 - Sim, tem mercado, o produtor pode vender</p> <p>Q5.2 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,39% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.3 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,39% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.4 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,39% em relação aos produtos principais</p> <p>Q6 - Sim, o material pode ser comercializado</p>	Subproduto
Lecitina da soja	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é o óleo e concentrado proteico</p> <p>Q3 - Sim, a produção de lecitina pode ser aumentada ou reduzida deliberadamente. É possível otimizar o processo para separar e purificar mais lecitina, devido ao seu valor de mercado elevado.</p>	Coproduto
Tocoferol	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é o óleo e concentrado proteico</p> <p>Q3 - Não, A oferta de tocoferol é residual e não responde diretamente à demanda, ela depende da produção total de óleo.</p> <p>Q4 - Sim, há ajustes deliberados e tecnológicos que impactam diretamente a preservação e recuperação de tocoferol. Tecnologias de refino físico suave são preferidas quando o objetivo é preservar compostos bioativos, sendo então uma etapa intencional.</p>	Coproduto
Ácido graxo livre na unidade de esmagamento de soja	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é o óleo e concentrado proteico</p> <p>Q3 - Não, a quantidade de ácido graxo gerado depende do teor de acidez do óleo bruto, não se aumenta a produção por interesse nele</p> <p>Q4 - Não, geração é não intencional, porque o foco é maximizar o rendimento e a qualidade do óleo refinado, e a remoção de AGL é apenas uma etapa necessária para atender especificações, não um objetivo de produção comercial.</p> <p>Q5.1 - Sim, tem mercado</p> <p>Q5.2 - Não, a CER é de 0,0001% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.3 - Não, a CER é de 0,0001% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.4 - Não, a CER é de 0,0001% em relação aos produtos principais</p> <p>Q6 - Sim, o material pode ser comercializado</p>	Subproduto

Óleo de Palma	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, junto com torta de palmiste (82,1% do valor do sistema)	Produto principal
Óleo de Palmiste	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Não, o objetivo é o óleo e a torta de palmiste Q3 - Sim, a produção de PKO pode ser ajustada conforme a extração da amêndoa, que pode ser separada ou não	Coproduto
Torta de Palmiste	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, junto com óleo de palma (82,1% do valor do sistema)	Produto principal
WDG/DDG	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, junto com o etanol correspondem a 91,5% (ou 92,3% para DDG) da receita do sistema	Produto principal
Óleo técnico de milho	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Não, o objetivo é a produção de etanol Q3 - Não, a oferta é inelástica Q4 - Sim. A planta precisa instalar etapas adicionais de centrifugação (além da separação do DDGs) específicas para separar o óleo da fração líquida da vinhaça (thin stillage), sendo que a remoção do óleo do thin stillage compromete o rendimento do produto principal o DDGs	Coproduto
DDGS	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, junto com o etanol vão representar mais de 80% da receita do sistema	Produto principal
Etanol	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, é o objetivo do sistema produtivo	Produto principal
CGM	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, junto com etanol e o óleo de milho (85% do valor do sistema)	Produto principal
óleo de milho	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, junto com etanol e o CGM (85% do valor do sistema)	Produto principal
CGF	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Não, o objetivo é a produção de etanol e CGM Q3 - Sim, A proporção de steep liquor adicionada à fibra pode ser alterada, e o volume de CGF produzido pode ser regulado conforme as condições comerciais. Q4 - Sim. O CGF é formado por uma mistura deliberada de duas frações (fibra + steep), com finalidade comercial. É possível ajustar a proporção de steep liquor ou a secagem para melhorar o valor nutricional.	Coproduto

Amido	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Sim, é o objetivo do sistema produtivo junto com o CGM (81%)</p>	Produto principal
Torta de gérmen	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é a produção de etanol/amido e CGM</p> <p>Q3 - Não. A oferta da torta de gérmen não pode ser ajustada conforme a demanda de mercado, pois ela está rigidamente vinculada à extração do óleo (produto de maior valor). Sua produção não é elástica.</p> <p>Q4 - Sim. A pressão de extração, teor de umidade final, ou o beneficiamento posterior pode ser otimizado para tornar a torta mais valorizada (ex: melhorar digestibilidade para ração). Mesmo quando o objetivo não é a torta em si, o processo pode ser ajustado para viabilizá-la comercialmente.</p>	Coproduto
Fibra de milho isolada (fora do CGF)	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é a produção de etanol/amido e CGM</p> <p>Q3 - Não. A produção da fibra é inelástica, pois depende diretamente do volume de milho processado e da composição do grão.</p> <p>Q4 - Sim, a planta pode ajustar parâmetros que reduzem ligeiramente o rendimento de amido para melhorar a qualidade e o valor da fibra, como Redução da intensidade de lavagem da fibra, Separação antecipada, Modificação física ou enzimática.</p>	Coproduto
Steep liquor (CSL)	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é a produção de etanol/amido e CGM</p> <p>Q3 - Não. Sua produção é rígida, associada ao volume de embebição.</p> <p>Q4 - Não, No Brasil, o CSL raramente é concentrado, seco ou valorizado isoladamente.</p> <p>Q5.1 - Não, não há cotações regulares de CSL isolado. geralmente é incorporado ao CGF.</p> <p>Q 5.2, Q5.3 e Q 5.4 - Não, não há cotações regulares de CSL isolado</p> <p>Q6 - Sim, o material pode ser comercializado e incorporado ao CGF para venda</p>	Subproduto
Pluma de algodão	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Sim, 88,14% do valor do sistema</p>	Produto principal
Caroço de algodão	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é a pluma</p> <p>Q3 - Não, O volume de caroço acompanha a produção da pluma, mas seu fornecimento não pode ser aumentado independentemente.</p> <p>Q4 - Não, O sistema não é modificado para otimizar a produção do caroço</p> <p>Q5.1 - Sim, tem mercado, o produtor pode vender</p> <p>Q5.2 - Sim, a contribuição econômica relativa representa 13,45% em relação aos produtos principais</p>	Coproduto

Óleo de algodão	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, juntamente com o óleo de algodão (48,67%), farelo (29,78%) e a casca (21,55%)	Produto principal
Farelo de algodão	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, juntamente com o óleo de algodão (48,67%), farelo (29,78%) e a casca (21,55%)	Produto principal
Casca / Fibra de algodão	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Sim, juntamente com o óleo de algodão (48,67%), farelo (28,91%) e a casca (22,72%)	Produto principal
Outros óleos vegetais	-	Produto/coproduto
Outros óleos residuais	-	Subproduto
Óleo de fritura usado	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Não, o sistema tem por objetivo fritar alimentos, não produzir o resíduo oleoso. Q3 - Não, deriva do consumo alimentar urbano, difícil de aumentar a oferta deliberadamente. Q4 - Não, a fritura não visa aumentar o volume ou a qualidade do óleo residual, ele surge como consequência. Q5.1 - Sim, existe um mercado informal e formal para coleta e reaproveitamento Q5.2 , Q5.3 e Q5.4 - Não, pois o óleo residual não está diretamente vinculado a um sistema de produção de produto principal com valor de mercado Q6 - Sim, o material pode ser comercializado	Subproduto
Gordura animal bruta (não renderizada)	Q1 - Não atingiu fim de vida Q2 - Não, o objetivo principal do abate é a produção de carne. A gordura animal é um subproduto inevitável da cadeia. Q3 - Não, A quantidade de gordura animal depende do número de animais abatidos e da composição corporal. Não é possível aumentar a produção de sebo sem abater mais bois. Portanto, a oferta é inelástica. Q4 - Não, O abate e desossa seguem o fluxo padrão. A separação da gordura animal é inerente ao processo de aproveitamento do animal, sem modificação para aumentar exclusivamente o rendimento de gordura. Q5.1 - Sim, a gordura animal tem mercado consolidado (sabões, rações, biodiesel). É vendido por frigoríficos. Q5.2 - Não, a contribuição econômica relativa representa 2,47% em relação aos produtos principais (carne) Q5.3 - Não, a contribuição econômica relativa representa 2,47% em relação aos produtos principais (carne) Q5.4 - Não, a contribuição econômica relativa representa 2,47% em relação aos produtos principais (carne) Q6 - Sim, o material pode ser comercializado	Subproduto

Sebo animal (na unidade de renderização)	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Sim, representa junto com a farinha de carne/osso 89% do valor do sistema, na unidade de renderização</p>	Produto principal da renderização
Glicerina Bruta	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é a produção de biodiesel</p> <p>Q3 - A produção de glicerina bruta é quimicamente vinculada à quantidade de biodiesel gerado (cerca de 10% em massa). Ou seja, só há mais glicerina se há mais biodiesel.</p> <p>Q4 - Não, a glicerina bruta é inevitável, apesar de existir opções tecnológicas para ajustes de processo que podem comprometer ligeiramente o rendimento ou a pureza do biodiesel para obter glicerina bruta mais valorizada, isso não é uma prática comum</p> <p>Q5.1 - Sim, a glicerina bruta tem um mercado consolidado</p> <p>Q5.2 - Não, a contribuição econômica relativa é de cerca de 6,94% em relação ao biodiesel</p> <p>Q5.3 - Não, a contribuição econômica relativa é de cerca de 6,94% em relação ao biodiesel</p> <p>Q5.4 - Não, a contribuição econômica relativa é de cerca de 6,94% em relação ao biodiesel</p> <p>Q6 - Sim, o material pode ser comercializado</p>	Subproduto
Glicerina purificada	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é a produção de biodiesel</p> <p>Q3 - A produção de glicerina é quimicamente vinculada à quantidade de biodiesel gerado (cerca de 10% em massa). Ou seja, só há mais glicerina se há mais biodiesel.</p> <p>Q4 - Sim, o processo é deliberadamente ajustado com etapas adicionais específicas (destilação, concentração, filtração), visando aumentar a qualidade e o valor da glicerina</p>	Coproducto
Ácido graxo remanescente da produção de biodiesel	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é o óleo e concentrado proteico</p> <p>Q3 - Não, a quantidade de ácido graxo gerado depende do teor de acidez do óleo bruto, não se aumenta a produção por interesse nele</p> <p>Q4 - Não, o sistema é ajustado para maximizar a produção de biodiesel, ou recuperação da glicerina bruta</p> <p>Q5.1 - Sim, pode ser comercializada</p> <p>Q5.2 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,99% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.3 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,99% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.4 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,99% em relação aos produtos principais</p> <p>Q6 - Sim, o material pode ser comercializado</p>	Subproduto
Oleína remanescente da produção de biodiesel	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é o óleo e concentrado proteico</p> <p>Q3 - Não, a quantidade de ácido graxo gerado depende do teor de acidez do óleo bruto, não se aumenta a produção por interesse nele</p> <p>Q4 - Não, o sistema é ajustado para maximizar a produção de biodiesel, ou recuperação da glicerina bruta</p>	Subproduto

	<p>Q5.1 - Sim, pode ser comercializada</p> <p>Q5.2 - Não, a contribuição econômica relativa representa 0,55% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.3 - Não, a contribuição econômica relativa representa 0,55% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.4 - Não, a contribuição econômica relativa representa 0,55% em relação aos produtos principais</p> <p>Q6 - Sim, o material pode ser comercializado</p>	
Palha de cana comercializada	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo principal do abate é a produção de cana de açúcar</p> <p>Q3 - Não, a produção de palha depende da biomassa aérea da cana, que não é ajustada diretamente por demanda de palha</p> <p>Q4 - Não, o sistema é ajustado para maximizar a colheita de cana</p> <p>Q5.1 - Sim, pode ser comercializada</p> <p>Q5.2 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,64% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.3 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,64% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.4 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,64% em relação aos produtos principais</p> <p>Q6 - Sim, o material pode ser comercializado</p>	Subproduto
Melaço de cana de açúcar	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é a produção de etanol e açúcar</p> <p>Q3 - Não, a produção do melaço está diretamente associada à eficiência da cristalização do açúcar. Ou seja, a oferta é inelástica, depende do volume processado e não pode ser ampliada sem comprometer o produto principal.</p> <p>Q4 - Sim, o processo pode ser ajustado deliberadamente para aumentar a geração de melaço, por exemplo, reduzindo a eficiência da cristalização do açúcar ou limitando o número de etapas do processo, com o objetivo de atender à demanda por melaço como insumo na fermentação alcoólica, ração animal ou outros mercados.</p>	Coproducto
Bagaço de cana	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é a produção de etanol e açúcar</p> <p>Q3 - Não, A produção do bagaço está diretamente relacionada ao volume de cana processado, não é ajustável conforme demanda de mercado.</p> <p>Q4 - Não, o processo visa extrair o máximo de caldo; não há alteração deliberada para gerar mais bagaço</p> <p>Q5.1 - Sim, pode ser comercializada</p> <p>Q5.2 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,18% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.3 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,18% em relação aos produtos principais</p> <p>Q5.4 - Não, a contribuição econômica relativa representa 1,18% em relação aos produtos principais</p> <p>Q6 - Sim, o material pode ser comercializado</p>	Subproduto

Açúcar	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Sim, representa junto com etanol representam 94,22% do valor do sistema</p>	Produto principal
Energia elétrica comercializada	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, nos sistemas de biocombustíveis a energia elétrica é um produto secundário</p> <p>Q3 - Sim, a produção pode ser aumentada ou reduzida conforme a demanda de mercado</p>	Coproduto
Aguardente de cana	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é a produção de etanol e açúcar</p> <p>Q3 - Sim, a produção pode ser aumentada ou reduzida conforme a demanda do mercado, já que a decisão de produzir aguardente é intencional e depende da alocação da matéria-prima (caldo de cana).</p>	Coproduto
Açúcar mascavo	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é a produção de etanol e açúcar</p> <p>Q3 - Sim, a produção pode ser aumentada ou reduzida conforme a demanda do mercado, já que a decisão de produzir açúcar mascavo é intencional e depende da alocação da matéria-prima (caldo de cana).</p>	Coproduto
Rapadura	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo é a produção de etanol e açúcar</p> <p>Q3 - Sim, a produção pode ser aumentada ou reduzida conforme a demanda do mercado, já que a decisão de produzir rapadura é intencional e depende da alocação da matéria-prima (caldo de cana).</p>	Coproduto
Torta de filtro	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo principal é a produção de etanol</p> <p>Q3 - Não, A quantidade de torta de filtro depende da quantidade de cana processada. Portanto, a oferta é inelástica.</p> <p>Q4 - Não. A geração de torta é inerente ao processo, sem modificação para aumentar exclusivamente o rendimento.</p> <p>Q5.1 - Parcial. Em algumas regiões é vendido, em outras é doado ou aplicado internamente. Não possui mercado consolidado nacionalmente.</p> <p>Q5.2 - Não, a torta não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q5.3 - Não, a torta não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q5.4 - Não, a torta não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q6 - Não, a torta não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q7. Sim, Caso não aproveitada, a torta exigiria transporte, armazenamento e disposição ambiental adequada, gerando custo ao sistema.</p>	Resíduo

Vinhaça	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo principal é a produção de etanol</p> <p>Q3 - Não, A quantidade de vinhaça depende da quantidade de etanol produzido. Portanto, a oferta é inelástica.</p> <p>Q4 - Não. A geração de vinhaça é inerente ao processo, sem modificação para aumentar exclusivamente o rendimento.</p> <p>Q5.1 - Não. A vinhaça não possui mercado formal nem preço de mercado amplamente reconhecido</p> <p>Q5.2 - Não, a vinhaça não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q5.3 - Não, a vinhaça não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q5.4 - Não, a vinhaça não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q6 - Não, a vinhaça não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q7. Sim, caso não aproveitada, a vinhaça exigiria transporte, armazenamento e disposição ambiental adequada, gerando custo ao sistema.</p>	Resíduo
Bioquerosene	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Sim, o processo HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) é otimizado para a produção de diesel verde e SAF</p>	Produto principal
Diesel verde	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Sim, O processo HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) é otimizado para a produção de diesel verde e SAF</p>	Produto principal
Gasolina alternativa	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o processo HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) é otimizado para a produção de diesel verde e SAF</p> <p>Q3 - Parcial. A produção é parcialmente inelástica, pois depende do fracionamento das correntes leves do HEFA, mas pode ser aumentada ou tratada com mais intensidade</p> <p>Q4 - Sim. É possível alterar condições do cracking, isomerização ou cortes de destilação para capturar frações com potencial como gasolina.</p>	Coproduto
Nafta	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o processo HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) é otimizado para a produção de diesel verde e SAF</p> <p>Q3 - Não. A produção é rigidamente associada à separação térmica e à composição do óleo bases</p> <p>Q4 - Sim, sua produção pode ser otimizada deliberadamente, mas sempre à custa de outros produtos, principalmente do diesel verde e, em menor grau, do GLP renovável</p>	Coproduto
Gás combustível alternativa	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o processo HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) é otimizado para a produção de diesel verde e SAF</p>	Coproduto

	<p>Q3 - Não. A produção é rigidamente associada à separação térmica e à composição do óleo bases</p> <p>Q4 - Sim, sua produção pode ser otimizada deliberadamente, mas sempre à custa de outros produtos, principalmente do diesel verde e, em menor grau, do GLP renovável</p>	
Cavaco de madeira	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Sim, é o objetivo do sistema produtivo</p>	Produto principal
Lenha	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Sim, é o objetivo do sistema produtivo</p>	Produto principal
Restos florestais processados	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo principal é a produção de madeira/lenha</p> <p>Q3 - Não, a geração de resíduos florestais está diretamente vinculada ao volume de madeira processada. Ou seja, a oferta é inelástica.</p> <p>Q4 - Não, os resíduos florestais resultam de um processo padrão de colheita; não há ajustes no processo para produzir mais resíduos.</p> <p>Q5.1 - Sim, pode ser comercializada</p> <p>Q5.2 - Sim, a contribuição econômica relativa representa 20% em relação aos produtos principais</p>	Coproduto do sistema de processamento
Biogás comercializado	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Sim, é o objetivo do sistema produtivo</p>	Produto principal da biodigestão
Biometano comercializado	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Sim, é o objetivo do sistema produtivo</p>	Produto principal do sistema de upgrading
Dejetos animais	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, o objetivo principal é a produção de carne</p> <p>Q3 - Não, A quantidade de dejetos depende da quantidade de etanol produzido. Portanto, a oferta é inelástica.</p> <p>Q4 - Não. A geração de dejetos é inerente ao processo, sem modificação para aumentar exclusivamente o rendimento.</p> <p>Q5.1 - Não. O dejetos não possui mercado formal nem preço de mercado amplamente reconhecido</p> <p>Q5.2 - Não, o dejetos não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q5.3 - Não, o dejetos não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q5.4 - Não, o dejetos não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q6 - Não, o dejetos não tem valor econômico unitário identificável e não representa contribuição relevante ao valor total do sistema.</p> <p>Q7. Sim, caso não aproveitada, o dejetos exigiria transporte,</p>	Resíduo

	armazenamento e disposição ambiental adequada, gerando custo ao sistema.	
Resíduos sólidos urbanos	Q1 - Sim, os RSU são, por definição, materiais descartados após o uso pelos consumidores.	Resíduo
Biogás de aterro	<p>Q1 - Não atingiu fim de vida</p> <p>Q2 - Não, O sistema de produto original (ex.: alimentos, embalagens) não visa gerar biogás de aterro. Ele é um subproduto da disposição dos resíduos.</p> <p>Q3 - Não, A quantidade de biogás depende da massa de resíduos depositada e suas características orgânicas. Não é possível aumentá-lo rapidamente sob demanda.</p> <p>Q4 - Não. quantidade de biogás depende da massa de resíduos depositada e suas características orgânicas</p> <p>Q5.1 - Parcial. Em algumas regiões, o biogás de aterro é comercializado para geração de energia elétrica ou biometano. Contudo, não há um mercado nacional consolidado, e a maior parte ainda é queimada (<i>flare</i>) ou utilizada internamente nos aterros.</p> <p>Q5.2 - Não, O biogás de aterro não apresenta valor unitário identificável amplamente no mercado nacional</p> <p>Q5.3 - Não, O biogás de aterro não apresenta valor unitário identificável amplamente no mercado nacional.</p> <p>Q5.4 - Não, O biogás de aterro não apresenta valor unitário identificável amplamente no mercado nacional</p> <p>Q6 -Parcial. O biogás pode ter valor para o operador do aterro, principalmente como energia térmica ou elétrica interna, mas esse valor não é garantido nem padronizado em escala nacional.</p> <p>Q7. Sim. Caso não seja aproveitado, o biogás exige queima controlada ou tecnologias de mitigação (como <i>flares</i> ou sistemas de recuperação), gerando custos operacionais e ambientais ao sistema.</p>	Resíduo

Essa análise evidencia casos em que a produção de determinados materiais decorre de modificações deliberadas nos processos industriais, ainda que o objetivo principal da planta seja outro (como o etanol ou o óleo). Ao aplicar os critérios de intencionalidade (Q2 e Q4), elasticidade de oferta (Q3) e valor econômico relativo, tornou-se possível distinguir coprodutos, subprodutos e resíduos de forma mais coerente com a realidade técnica e econômica das rotas produtivas.

O melaço de soja, antes tratado como coproduto, foi reclassificado como subproduto. Embora não seja produzido intencionalmente e sua oferta seja inelástica, trata-se de um material com valor comercial consolidado, utilizado como suplemento energético na alimentação animal. Já a lecitina de soja, componente da goma do óleo bruto, foi classificada como coproduto, uma vez que sua recuperação ocorre durante a etapa de degomagem e pode ser deliberadamente ajustada. A quantidade e a pureza da lecitina variam conforme a rota tecnológica adotada, degomagem aquosa, ácida ou enzimática, e com os parâmetros operacionais aplicados, como tempo de hidratação, temperatura, pH e uso de aditivos. Segundo Ceci et al. (2008), a escolha da técnica de degomagem influencia diretamente a quantidade de lecitina extraída e sua aptidão para mercados de maior valor agregado, como o grau alimentício ou farmacêutico. O mesmo documento ressalta que é tecnicamente viável ajustar o processo industrial para aumentar ou reduzir

sua produção, mesmo mantendo constante o rendimento global de óleo. Essa elasticidade de produção, combinada ao elevado valor de mercado da lecitina (sobretudo quando refinada), justifica sua classificação como coproduto elástico, conforme os critérios da árvore de decisão (Q3 = Sim; Q4 = Sim).

No caso do tocoferol (vitamina E), a classificação como coproduto é sustentada por evidências de que sua preservação e recuperação requerem ajustes tecnológicos deliberados nas etapas de refino, não se tratando, portanto, de um material gerado de forma não intencional. Estudos como o de Verhé et al. (2006) demonstram que a temperatura e o tempo de desodorização influenciam diretamente a degradação de tocoferóis, com perdas significativas em altas temperaturas e longos períodos. Além disso, estudos mostram que técnicas como destilação molecular e short-path são eficazes para recuperar tocoferóis do destilado da desodorização, permitindo sua extração como produto de alto valor comercial (Watanabe et al., 2004). Portanto, refinarias que pretendem preservar e comercializar o tocoferol adotam tecnologias de refino físico suave, configurando um ajuste intencional no processo (Q4 = Sim), e justificando a classificação como coproduto deliberado.

Outros materiais resultantes da unidade de esmagamento da soja que tiveram sua classificação alterada foram a casca de soja e os ácidos graxos livres, ambos reclassificados como subprodutos por serem gerados de forma inevitável e apresentarem baixa contribuição econômica relativa em comparação aos produtos principais. A geração desses materiais está diretamente vinculada às características físicas e químicas do grão e às etapas obrigatórias de beneficiamento e refino, não havendo, no cenário nacional, ajustes tecnológicos deliberados que visem aumentar seu volume. Embora existam possibilidades de valorização, como a peletização e purificação da casca ou o refino e aproveitamento oleoquímico dos ácidos graxos, essas práticas, quando adotadas, visam agregar valor ao material inevitavelmente gerado, sem comprometer ou substituir a produção de óleo e farelo, que permanecem como foco central do processo.

O ácido graxo e a oleína remanescentes da produção de biodiesel foram classificados como subprodutos, por apresentarem contribuição econômica relativa inferior a 13%. Assim como a glicerina bruta, que também foi classificada como subproduto, por ter uma baixa contribuição econômica relativa e ser gerada de forma inevitável no sistema sem comprometer a qualidade do produto principal. Já a glicerina purificada, segundo a Farmacopeia Brasileira (6ª edição), é aquela que contém entre 98,0% e 101,0% de glicerol ($C_3H_8O_3$), em relação à substância anidra. Para atingir esse nível de pureza, são implementados processos específicos de purificação da glicerina bruta, com isso com base na Q4 da árvore de decisão é classificada como coproduto, uma vez que sua recuperação envolve etapas deliberadas para a remoção de ácidos graxos e a oleína. Após a remoção do metanol excedente, adicionam-se à glicerina ácido clorídrico e água glicerínica (proveniente da fase pesada da centrifuga), com o objetivo de promover a cisão dos sabões e liberar os ácidos graxos livres. A mistura resultante, composta principalmente por glicerina, metanol residual, água e ácidos graxos, é conduzida por gravidade aos decantadores, onde ocorre a separação entre as fases glicerina e oleína (Dumont e Narine, 2007; US 4,118,407).

O óleo técnico de milho é recuperado a partir da fração líquida da vinhaça fina (thin stillage), exclusivamente em usinas que instalam uma segunda etapa de centrifugação, adicional ao processo-padrão utilizado para a separação dos DDG. Essa modificação

deliberada no processo permite a obtenção de dois fluxos com valor econômico significativo: o óleo técnico e os solúveis concentrados (syrup). Embora o sistema produtivo como um todo tenha como objetivo principal a produção de etanol e a oferta desses materiais seja inelástica (Q3 = Não), a decisão de incorporar uma nova etapa de centrifugação é motivada por ganhos econômicos complementares, configurando uma alteração proposital na rota tecnológica as custas do DDGs (Q4 = Sim).

Para compreender a motivação dessa modificação, foi realizada uma análise isolada dos rendimentos específicos da segunda etapa de centrifugação, desconsiderando o restante do sistema de etanol. O objetivo era identificar qual dos dois fluxos (óleo técnico ou solúveis) representava o principal incentivador econômico para a implementação dessa tecnologia adicional. Os dados indicam uma contribuição econômica relativa (CER) de aproximadamente 50% para cada um dos fluxos, evidenciando que ambos são coprodutos valorizados e justificam a alteração do processo.

Segundo o United States Grains Council (2019), essa separação ocorre apenas mediante investimentos adicionais em infraestrutura, reforçando seu caráter deliberado. Além disso, a operação reduz o volume final de DDGS em cerca de 9%, demonstrando um trade-off intencional na produtividade do sistema, típico de estratégias voltadas à geração de coprodutos. Assim, mesmo que a produção de etanol permaneça como o foco do sistema principal, a adaptação da rota tecnológica sustenta a classificação do óleo técnico como coproduto do subsistema de centrifugação.

O glúten feed de milho (CGF) foi mantido como coproduto elástico. Sua produção envolve a mistura deliberada de fibra de milho e steep liquor após a separação mecânica da fração proteica e amido. Essa formulação pode ser ajustada conforme o perfil nutricional desejado, aumentando ou reduzindo a proporção de steep liquor e influenciando teores de proteína, energia e palatabilidade. Segundo Drouillard e Kuhl (1999), o CGF é frequentemente modulado pelas indústrias para atender exigências de diferentes segmentos do mercado de nutrição animal. Essa elasticidade na composição e finalidade comercial justifica a classificação como coproduto (Q3 = Sim; Q4 = Sim) (INRAE-CIRAD-AFZ & FAO, 2012).

A torta de gérmen de milho, resultante da extração do óleo, também foi classificada como coproduto com ajustes possíveis. Embora o foco principal do processo seja o óleo, a torta remanescente é utilizada em rações, especialmente suínas e bovinas, após passar por secagem, moagem e, em alguns casos, tratamentos térmicos ou enzimáticos para melhorar sua digestibilidade (CORN REFINERS ASSOCIATION, 2006). Zhao et al. (2025) destacam que o produto pode ser padronizado conforme demanda, aumentando seu valor e ampliando a viabilidade econômica. Ajustes como extração menos agressiva, controle de temperatura e maior pureza do gérmen podem melhorar o valor nutricional e a qualidade da torta de gérmen, mas geralmente reduzem o rendimento de óleo obtido na extração. Guo et al. (2020) reforçam que até mesmo extrações complementares podem ser aplicadas sobre a torta para aproveitamento adicional de compostos, o que demonstra a possibilidade de modificações deliberadas (Q4 = Sim).

A fibra de milho isolada, quando não incorporada ao CGF e direcionada ao mercado como farelo ou pellet, requer ajustes tecnológicos deliberados. A secagem a aproximadamente 90 °C, a moagem fina e a peletização são etapas que aumentam a vida útil, reduzem a umidade e facilitam o transporte e a formulação de rações. Ainda, a planta pode ajustar

parâmetros que reduzem ligeiramente o rendimento de amido para melhorar a qualidade e o valor da fibra, adotando estratégias como a redução da intensidade de lavagem, a separação antecipada, ou a modificação física ou enzimática, de forma a favorecer a recuperação da fibra em detrimento do amido. Segundo Santos et al. (2016), essas práticas fazem parte do padrão técnico consolidado para o aproveitamento de subprodutos do milho na alimentação animal. A existência de equipamentos específicos no mercado para essa finalidade reforça que há intencionalidade e adaptação do processo, o que justifica sua classificação como coproduto (Q4 = Sim).

Ainda dentro da lógica da árvore de decisão, a justificativa técnica aplicada ao melaço também se estende a produtos como açúcar mascavo, rapadura e aguardente, porém com uma leitura inversa: enquanto no caso do melaço o processo é ajustado para ampliar a geração de um coproduto energético, nos demais casos a usina altera deliberadamente o fluxo de produção para obter novos produtos finais. Para produzir açúcar mascavo ou rapadura, por exemplo, o processamento é interrompido antes da cristalização fracionada e sem centrifugação, mantendo as frações que formariam o melaço incorporadas ao produto final. Já na produção de aguardente a partir do caldo de cana, o caldo não é direcionado à fabricação de açúcar, mas sim à fermentação e destilação, o que representa uma substituição intencional da rota convencional (Embrapa, 2014). Em todos esses casos, a geração dos produtos decorre de modificações explícitas e tecnicamente justificadas no sistema produtivo, em detrimento dos produtos principais como açúcar e etanol. Além disso, são produtos com oferta elástica (Q3=sim), assim, açúcar mascavo, rapadura e aguardente também atendem ao critério Q4 = Sim e devem ser enquadrados como coprodutos.

Embora o processo HEFA apresente rendimentos variados conforme a matéria-prima utilizada, os dados técnicos e as referências consultadas indicam que os principais produtos visados no sistema são o SAF (combustível sustentável de aviação) e o HVO (diesel verde). Ambos são o foco da rota tecnológica, e as condições operacionais podem ser deliberadamente ajustadas para maximizar a produção de um ou de outro, conforme a demanda do mercado e os objetivos da planta industrial (Advanced Biofuels USA, 2025; IEA Bioenergy, 2021).

A gasolina alternativa derivada do processo HEFA foi classificada como coproduto parcialmente elástico, com justificativas fundamentadas no controle técnico do processo. Segundo o relatório da Advanced Biofuels USA (2025) e do NREL (Calderon et al., 2024), a etapa de hidrocracking e hidroisomerização pode ser operada com maior ou menor severidade para alterar o rendimento das frações leves, como gasolina, nafta e propano. Aburto et al. (2024) também apontam que plantas bem equipadas podem optar por recuperar frações C5–C8 com valor comercial, dependendo da demanda de mercado. Essa capacidade de ajuste deliberado do corte e da severidade da reação atende aos critérios Q4 = Sim, caracterizando a gasolina alternativa e a nafta como coprodutos intencionais, e não um resíduo secundário. Já o gás combustível renovável apesar de ser gerado de forma não intencional, a planta pode alterar parâmetros para produzir mais, como aumentar severidade do craqueamento, utilizar catalisadores mais ácidos ou ativos para craqueamento ou ajustar hidrogenação e remoção de oxigênio de forma a maximizar liberação de propano da molécula de glicerol, com foco comercial. Além disso, existem etapas adicionais como: compressão, purificação, adaptação à norma necessárias para sua comercialização, sendo então também classificado como coproduto.

A avaliação da gordura animal bruta (não renderizada) e do sebo renderizado revela distinções relevantes no contexto da árvore de decisão, sobretudo no que se refere à intencionalidade de produção, à elasticidade da oferta e à alocação de emissões entre subsistemas.

No caso da gordura animal bruta, considerada antes da etapa de renderização, observa-se que esse material é um fluxo inevitável gerado durante o abate de bovinos, suínos ou aves. Ele não atinge o fim de vida (Q1 = Não), mas tampouco é produzido como objetivo do sistema de abate, cujo foco principal é a carne (Q2 = Não). Além disso, sua oferta está condicionada à composição corporal dos animais abatidos e à escala de abate, o que a torna inelástica (Q3 = Não). Não há modificação técnica no abate voltada exclusivamente a aumentar o rendimento de gordura (Q4 = Não). No entanto, essa gordura possui valor comercial quando vendida a terceiros (Q5.1 = Sim), sendo utilizada em segmentos como produção de sabões, ração e biocombustíveis. A análise de valor econômico relativo (CER \approx 2,47% em relação à carne) indica que esse fluxo não atinge o limiar mínimo de 13% para ser tratado como coproduto, tampouco há intencionalidade suficiente para considerá-lo um produto principal. Por isso, foi classificado como subproduto, e suas emissões associadas à cadeia de produção animal não são alocadas diretamente a ele, mas permanecem concentradas nos produtos principais (carne).

Contudo, ao ingressar no sistema de renderização, essa gordura bruta passa a compor um novo sistema produtivo com outras características. Na unidade de renderização, o sebo animal renderizado é gerado juntamente com a farinha de carne e osso, e os dois produtos respondem por 89% do valor do sistema, sendo tratados como produtos principais (Q2 = Sim). Nessa etapa, há intencionalidade no processo, infraestrutura dedicada e mercado consolidado para ambos os fluxos. Assim, o sebo deve ser tratado como produto principal do sistema de renderização, com emissões alocadas proporcionalmente entre os fluxos obtidos, conforme diretrizes de alocação por valor econômico.

Essa abordagem está alinhada com iniciativas internacionais, como o modelo GREET (Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies) do Argonne National Laboratory, que já incorpora as emissões associadas à etapa de renderização ao sebo, reconhecendo o impacto energético e ambiental do processamento térmico e da separação física necessária para sua obtenção. Ignorar esse impacto pode resultar em subestimativas de emissões em rotas como biodiesel de sebo.

Portanto, a atualização da modelagem da gordura e do sebo na RenovaCalc é importante para garantir a coerência metodológica e a comparabilidade internacional. A distinção entre o tratamento da gordura bruta (como subproduto, sem alocação de emissões da cadeia animal) e do sebo renderizado (como coproduto do sistema de renderização, com emissões atribuídas) é uma forma adequada de refletir as transformações tecnológicas e econômicas envolvidas nesses fluxos.

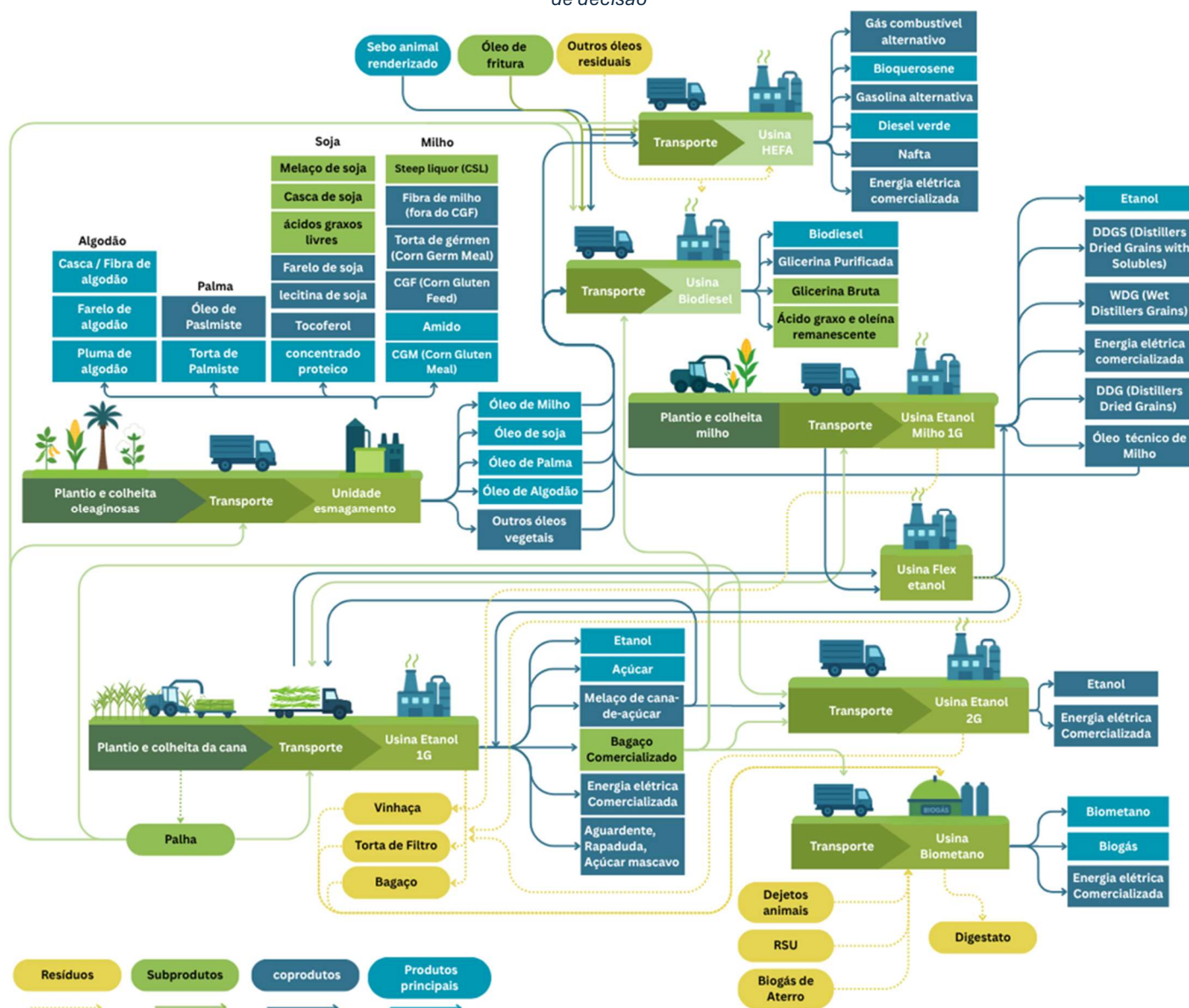
O mesmo princípio metodológico aplicado ao sebo animal na unidade de renderização também se aplica aos resíduos florestais, como galhos, folhas, gravetos e outros materiais lenhosos que permanecem no campo após o corte ou manejo florestal. Enquanto esses resíduos permanecem in natura e não são coletados, não carregam as emissões da cadeia de suprimentos do cultivo florestal, pois não foram objeto de uma intenção produtiva nem passaram por transformação tecnológica. Assim, são corretamente tratados como resíduos isentos de emissões a montante (C-BREC, 2022; JRC, 2013).

No entanto, uma vez que esses materiais são coletados e direcionados à indústria de cavacos ou biomassa para energia, passam a ser considerados matéria-prima com valor comercial, exigindo etapas técnicas adicionais como moagem, trituração, serragem e, frequentemente, secagem térmica para viabilizar sua queima em caldeiras ou sua utilização como combustível em processos industriais. A partir do momento em que são coletados e processados, esses fluxos deixam de ser resíduos e passam a ser coprodutos dentro do sistema de aproveitamento florestal, e suas emissões passam a ser contabilizadas a partir do ponto de coleta (JRC, 2013).

Dessa forma, é necessário que as emissões associadas ao consumo energético nas etapas de preparo da biomassa, como trituração, moagem e secagem, sejam alocadas proporcionalmente entre os produtos obtidos, incluindo cavacos, briquetes, pellets ou qualquer outro derivado florestal com uso energético.

Após a aplicação da árvore de decisão e a definição da classificação dos materiais, foram elaborados fluxogramas representativos dos sistemas produtivos modelados na RenovaCalc (Figura 3), com foco na visualização das conexões entre os fluxos e nas implicações da classificação metodológica atribuída a cada material.

Figura 3 Mapeamento dos fluxos de cada rota de substratos da RenovaCalc após a classificação pela árvore de decisão



A aplicação da árvore de decisão resultou em mudanças na classificação de diversos materiais nos sistemas modelados pela RenovaCalc. A principal implicação ocorre nos fluxos que anteriormente eram tratados como subprodutos, mas que tecnicamente configuram resíduos, como é o caso da vinhaça, resíduos sólidos urbanos (RSU), biogás de aterro, dejetos animais, torta de filtro e bagaço. Antes da reclassificação, as emissões associadas às etapas de tratamento e transporte desses materiais eram contabilizadas como parte do processo produtivo de biocombustíveis, onerando indevidamente seus indicadores de intensidade de carbono.

Com a correta classificação como resíduos, essas emissões passam a ser atribuídas exclusivamente ao processo de tratamento (como digestão anaeróbia ou disposição em aterros), que é de responsabilidade do gerador original dos resíduos. Essa mudança

metodológica alinha-se ao princípio do poluidor-pagador e tem efeitos diretos na redução da pegada de carbono dos biocombustíveis produzidos a partir desses fluxos, como o etanol e o biometano. As emissões agora são contabilizadas apenas a partir do ponto de entrada na rota de conversão energética, e não desde a geração do resíduo. No caso específico da cadeia do etanol, essa reclassificação tende a onerar os balanços de emissões da própria rota, uma vez que grande parte dos resíduos utilizados como insumos energéticos (como a vinhaça, torta de filtro e bagaço) são subprodutos do próprio processo de produção de etanol. Assim, o setor passa a ser responsável pelas emissões do tratamento desses resíduos, quando usados posteriormente para geração de biogás ou energia.

Além disso, alterações em fluxos classificados como coprodutos, como o melaço de soja, o óleo técnico de milho e os subprodutos da moagem de milho, impactam diretamente as regras de alocação de emissões e, por isso, exigem ajustes nos cálculos da ferramenta. Essas mudanças asseguram maior consistência técnica com as definições internacionais e reforçam a necessidade de revisão contínua da base metodológica utilizada pela RenovaCalc. A Tabela 3 apresenta os resultados de classificação dos materiais com base na árvore de decisão.

Tabela 3 Resumo dos resultados de classificação dos materiais com base na árvore de decisão.

Produtos principais	Coprodutos	Subprodutos	Resíduos
Óleo de soja	Farelo de soja	Casca de soja	Torta de filtro
Concentrado proteico de soja	Lecitina da soja	Melaço de soja	Vinhaça
		Ácidos graxos livres	
Óleo de palma	Tocoferol	unidade de esmagamento soja	Restos florestais
Torta de palmiste	Óleo de palmiste	Glicerina Bruta	Dejetos animais
Etanol	Óleo técnico de milho	Outros óleos residuais	Resíduos sólidos urbanos
Açúcar	DDGs	Óleo de fritura usado	Biogás de aterro
CGM	DDG	Gordura animal bruta (não renderizada)	
Óleo de milho	CGF	Sebo animal (renderizado)	
Amido de milho	Torta de gérmen de milho	Ácido graxo remanescente da produção de biodiesel	
Pluma de algodão	Fibra de milho isolada (fora do CGF)	Oleína remanescente da produção de biodiesel	
Óleo de algodão	Caroço do algodão	Palha de cana comercializada	
Farelo de algodão	Glicerina purificada	Bagaço de cana	
Outros óleos vegetais	Melaço de cana de açúcar	Restos florestais processados	
Bioquerosene	Energia elétrica comercializada		
Diesel verde	Aguardente de cana		
Cavaco de madeira	Açúcar mascavo		
Lenha	Rapadura		
Biogás comercializado	Gasolina alternativa		
Biometano comercializado	Nafta		
	Gás combustível alternativo		

4. Considerações finais

A aplicação da árvore de decisão e a consequente reclassificação dos materiais utilizados nas rotas da RenovaCalc contribuíram para um aprimoramento metodológico importante. Materiais como vinhaça, dejetos animais, resíduos sólidos urbanos, biogás de aterro, torta de filtro e bagaço de cana, anteriormente classificados como subprodutos em alguns contextos, passaram a ser interpretados, conforme critérios técnicos, como resíduos. Com isso, suas emissões passaram a ser contabilizadas a partir do ponto de entrada nas rotas de conversão energética, como a etapa de aprimoramento do biogás, em consonância com o princípio da responsabilidade pelo tratamento e com a lógica de alocação do emissor original.

Paralelamente, a revisão incluiu a avaliação de fluxos não contemplados anteriormente ou com classificações que demandavam reanálise. Materiais como o melaço de soja, o óleo técnico de milho, e a torta de gérmen de milho, e as gorduras animais por exemplo, foram analisados com base em referências técnicas e econômicas que evidenciam sua produção deliberada e ajustável. Esses casos reforçam a importância de considerar os aspectos tecnológicos e mercadológicos dos sistemas produtivos, além de critérios como a Contribuição Econômica Relativa (CER) e a possibilidade de controle da produção (elasticidade técnica e econômica).

Essas atualizações contribuem para uma modelagem mais precisa dos sistemas agroindustriais representados na RenovaCalc, conferindo maior coerência com os princípios da Análise de Ciclo de Vida (ACV), diretrizes internacionais, e normativas da ISO 14044. Assim, o processo de reclassificação representa um avanço na consolidação da ferramenta como referência nacional no apoio à avaliação ambiental de biocombustíveis.

5. REFERÊNCIAS

ABAPA – ASSOCIAÇÃO BAIANA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. *Relatório de Fechamento da Safra 2020/2021*. Salvador: Abapa, 2021. Disponível em: <https://abapa.com.br/wp-content/uploads/2022/01/relatorio-fechamento-2020-2021.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. *Beef Report 2023 – Perfil da Pecuária no Brasil*. São Paulo: ABIEC, 2023. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/wp-content/uploads/Final-Beef-Report-2023-Completo-Versao-web.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ABURTO, Jorge; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Elías; CASTILLO-LANDERO, Arick. Techno-economic assessment of jet fuel production via hydroprocessed esters and fatty acids (HEFA) pathway. *Sustainability*, v. 17, n. 4, p. 1584, 2024. DOI: 10.3390/su17041584. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/4/1584>. Acesso em: 11 jul. 2025.

AIBA – ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA. *Agricultores batem recorde de produção de algodão na Bahia*. Barreiras: Aiba, 2021. Disponível em: <https://aiba.org.br/agricultores-batem-recorde-de-producao-de-algodao-na-bahia/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ABRAPA – Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. *Relatório de farelo de algodão*. Brasília, DF: ABRAPA, 2025. Disponível em: <https://abrapa.com.br/wp-content/uploads/2025/04/Relatorio-de-Farelo-de-algodao.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2025

ADEMEHIN, O. P. et al. Quantitative assessment of palm oil wastes generated by mills in Southern Benin. *African Journal of Agricultural Research*, v. 8, n. 14, p. 1235–1241, 2013. DOI: 10.5897/AJAR2013.8124

ADVANCED BIOFUELS USA. *Renewable Diesel/HEFA Plant Conversions for Maximum SAF Production*. 2022. Disponível em: <https://advancedbiofuelsusa.info/renewable-diesel-hefa-plant-conversions-for-maximum-saf-production>. Acesso em: 11 jul. 2025.

Argonne National Laboratory. (2022). GREET 2022 Model – Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies. Center for Transportation Research, Energy Systems Division, U.S. Department of Energy. Disponível em: <https://greet.es.anl.gov>

ATADJ, Joseph. *Advances in Biodiesel Production: Processes and Technologies*. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2012. (Woodhead Publishing Series in Energy). DOI: <https://doi.org/10.1016/C2011-0-06924-5>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780857091178/advances-in-biodiesel-production>. Acesso em: 10 jul. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Farmacopeia Brasileira*. 6. ed. Brasília: ANVISA, 2019. Monografia: Glicerol (Glycerolum). Disponível em: https://bibliotecadigital.anvisa.gov.br/jspui/bitstream/anvisa/1236/1/Glicerol_IF205-00_6ed_2019.pdf. Acesso em: 21 jul. 2025.

California Board of Forestry and Fire Protection. (2022). *C-BREC (California Biomass Residual Emissions Calculator) – Fact Sheet*. Sacramento, CA: California Natural Resources Agency. Disponível em: https://bof.fire.ca.gov/media/ew1bq2lu/calculatorortool-fact-sheet_final.pdf

CECI, Liliana N.; CONSTENLA, Diana T.; CRAPISTE, Guillermo H. Effect of drying conditions on soybean lecithin properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 88, n. 5, p. 824–831, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.3363>.

CEZAR, I. M.; SOUZA, A. M. de; MOURA, M. M. A. de. *Sistemas de Produção de Gado de Corte no Brasil: Avaliação Econômica e Simulação de Indicadores Técnicos*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2005. (Documentos, 151). Disponível em: https://old.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc_pdf/doc151.pdf. Acesso em: 10 jul. 2025.

CHIN, K. L. et al. Pyrolysis and combustion of oil palm stone and palm kernel cake using thermogravimetric analysis. *Bioresource Technology*, v. 101, n. 23, p. 9024–9031, 2010. DOI: [10.1016/j.biortech.2010.01.079](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.079)

DROUILLARD, James S.; KUHL, Gary L. *Corn gluten feed: composition and feeding value for beef and dairy cattle*. Manhattan: Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 1999. Disponível em: <https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF2488.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2025.

DUMONT, Marie-Josée; NARINE, Suresh S. Soapstock and deodorizer distillates from North American vegetable oils: review on their characterization, extraction and utilization. *Food Research International*, v. 40, n. 8, p. 957–974, 2007. DOI: [10.1016/j.foodres.2007.06.006](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.06.006). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.06.006>. Acesso em: 11 jul. 2025.

EMBRAPA AGROINDÚSTRIA DE ALIMENTOS. *Boas práticas de fabricação para unidades de produção de açúcar mascavo, rapadura e melado*. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1139968>. Acesso em: 11 jul. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Análise de conjuntura dos biocombustíveis: ano base 2022, ano de publicação 2023*. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/analise-de-conjuntura-dos-biocombustiveis-2023>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ERICKSON, D. R. *Practical handbook of soybean processing and utilization*. Champaign: AOCS Press, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/C2015-0-04084-9>. Acesso em: 11 jul. 2025.

FLORES, R. A.; BERNARDI, A. C. C.; MADARI, B. E. *Palha da cana-de-açúcar: quantificação e estratégias de manejo*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. (Comunicado Técnico, 106). Disponível em: [https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1017590/1/CTE106.Palha hadacana de acucar.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1017590/1/CTE106.Palha%20adacana%20de%20acucar.pdf). Acesso em: 10 jul. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. *Biomass energy: Data, analysis and trends*. Rome: FAO, 2003. Disponível em: <https://www.fao.org/4/ad576e/ad576e00.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2025.

GOMES, G. *Colheita da palha de cana*. Revista Opiniões, v. 50, 2016. Disponível em: <https://sucroenergetico.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/50-colheita-da-palha-de-cana/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

GUO, J.; ZHANG, H.; LI, J.; LIU, H.; LI, Y. Recovery of oil and hydrolyzed sugars from corn germ meal by liquid hot water treatment. *Energy*, v. 13, n. 22, p. 6022, 2020. DOI: 10.3390/en13226022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/22/6022>. Acesso em: 11 jul. 2025.

IEA BIOENERGY. *Progress in the Commercialization of Biojet / Sustainable Aviation Fuels (SAF)*. Task 39. Maio 2021. Disponível em: <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/06/IEA-Bioenergy-Task-39-Progress-in-the-commercialisation-of-biojet-fuels-May-2021-1.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2025.

INRAE; CIRAD; AFZ; FAO. *Corn gluten feed*. Feedipedia, 2012. Disponível em: <https://www.feedipedia.org/node/714>. Acesso em: 11 jul. 2025.

JRC – Joint Research Centre. (2013). *Carbon accounting of forest bioenergy*. Publications Office of the European Union. Disponível em: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC70663/eur25354en_online.pdf

KANSAS STATE UNIVERSITY. Composition and feeding value of cottonseed feed products for beef cattle. Manhattan, KS: *Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service*, 2005. (Publication MF-2538). Disponível em: <https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF2538.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2025.

Rosales Calderon, Oscar, Ling Tao, Zia Abdullah, Michael Talmadge, Anelia Milbrandt, Sharon Smolinski, Kristi Moriarty, et al. 2024. Sustainable Aviation Fuel State-of-Industry Report: Hydroprocessed Esters and Fatty Acids Pathway. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-5100-87803. <https://www.nrel.gov/docs/fy24osti/87803.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SANTOS, Livia Ferreira dos; GONÇALVES, Mayara Fabiane; RIOS, Maisa Paschoal; NOGUEIRA, Ana Paula Carneiro; GOMES, Camila Takassugui; SOUZA, Rafael Rocha de; FERREIRA, Isabel Cristina. *Subprodutos da indústria do milho na alimentação de animais*. Veterinária Notícias, v. 22, n. 2, p. 77–86, 2016. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/vetnot/article/view/23008/13544>. Acesso em: 11 jul. 2025.

SATHAYE, J. A. et al. *Estimating Carbon Dioxide Emissions from the Generation of Electric Power in the United States*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), 2001. Disponível em: <https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/LBNL-52307.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SCOT CONSULTORIA. *Rendimento do abate de gado bovino.* 2022. Disponível em: <https://www.comprerural.com/rendimento-do-abate-de-gado-bovino/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

THE CATALYST GROUP. Vol. 6 (April–May–June 2013). *[Relatório periódico]*. Disponível em: <https://www.thecatalystsgroup.com/public/storage/downloads/files/vol-6-apr-may-june-2013-1674629363.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

TULCAN, C. et al. Contents and utilization of palm oil fruit waste. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, v. 11, n. 3, p. 10148–10160, 2021. DOI: [10.33263/BRIAC113.1014810160](https://doi.org/10.33263/BRIAC113.1014810160)

UNITED STATES GRAINS COUNCIL. *Precision DDGS – Chapter 3: U.S. DDGS Production and Co-Product Value.* Washington, DC: USGC, 2019. Disponível em: https://grains.org/wp-content/uploads/2019/07/USGC-Precision-DDGS-2019_07_02-Updated-Chapter-3-WEB.pdf. Acesso em: 10 jul. 2025.

UNITED STATES PATENT. *Fatty acid recovery from soapstock.* US 4 118 407 A, 1978. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US4118407A/en>. Acesso em: 11 jul. 2025.

VERHÉ, R. et al. Influence of refining of vegetable oils on minor components. *Journal of Oil Palm Research*, v. 18, p. 168–179, 2006.

Watanabe, Y., Nagao, T., Hirota, Y. et al. Purification of tocopherols and phytosterols by a two-step *in situ* enzymatic reaction. *J Amer Oil Chem Soc* 81, 339–345 (2004). <https://doi.org/10.1007/s11746-004-0904-9>

ZHAO, Jinbiao; LIU, Zhaoyu; SONG, Xiaoming; YANG, Meiyu; LI, Zhongchao; LIU, Ling. *Effect of processing techniques on energy content and amino acid digestibility in corn germ meal fed to growing pigs.* *Animal Bioscience*, v. 38, n. 5, p. 1003–1014, maio 2025. DOI: 10.5713/ab.24.0581.

6. ANEXOS

6.1. Histórico dados econômicos e fontes utilizadas

Tabela 4 Histórico dados econômicos e fontes utilizadas.

Material	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Média	Fonte (URL)
Óleo de Soja (R\$/t)	R\$ 3.025,00	R\$ 4.232,00	R\$ 7.091,00	R\$ 8.553,00	R\$5.747,00	R\$ 6.163,13	R\$ 6.422,16	R\$ 5.890,47	<p>CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Nov. 2019. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0676552001609938744.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.</p> <p>CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Jan. 2021. Disponível em: https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0180104001612198740.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.</p> <p>CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Dez. 2021. Disponível em: https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0873309001641492372.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.</p> <p>CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Nov. 2022. Disponível em: https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0887807001670352980.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.</p> <p>CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Dez. 2023. Disponível em: https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0656653001704731347.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.</p> <p>CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Dez. 2024. Disponível em:</p>

									https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0935634001736267893.pdf . Acesso em: 11 jul. 2025. CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – jun. 2025. Disponível em: https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0394886001751916873.pdf . Acesso em: 11 jul. 2025.
Óleo de Soja (US\$/t)	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	\$-	\$-	\$-	\$ 1.082,00	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
concentrado proteico de soja (US\$/t)	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	\$-	\$-	\$-	\$845,00	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
melaço de soja (US\$/t)	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	\$-	\$-	\$-	\$145,00	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
casca de soja (US\$/t)	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	\$-	\$-	\$-	\$170,00	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
lecitina de soja (US\$/t)	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	\$-	\$-	\$-	\$ 1.000,00	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
Tocoferol (US\$/t)	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	\$-	\$-	\$-	\$ 3.000,00	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
ácido graxo (US\$/t)	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	\$-	\$-	\$-	\$698,00	CJ Selecta (comunicação pessoal, 2025)
Farelo de soja (US\$/t)	\$ 301,62	\$ 325,82	\$ 382,72	\$ 435,70	\$427,69	\$332,72	\$293,13	\$357,06	INVESTING.COM. Histórico de preços – US Soybean Meal Futures. Disponível em: https://www.investing.com/commodities/us-soybean-meal-historical-data . Acesso em: 11 jul. 2025.
Farelo de soja (R\$/t)	R\$ 1.600,00	R\$ 2.000,00	R\$ 2.400,00	R\$ 2.700,00	R\$2.500,00	R\$ 2123,33	R\$ 1900	R\$ 2.174,76	CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Nov. 2019. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0676552001609938744.pdf . Acesso em: 11 jul. 2025. CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Jan. 2021. Disponível em: https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0180104001612198740.pdf . Acesso em: 11 jul. 2025. CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Dez. 2021. Disponível em: https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0873309001641492372.pdf . Acesso em: 11 jul. 2025.

									<p>CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Nov. 2022. Disponível em: https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0887807001670352980.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.</p> <p>CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Dez. 2023. Disponível em: https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0656653001704731347.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.</p> <p>CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – Dez. 2024. Disponível em: https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0935634001736267893.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.</p> <p>CEPEA. Análise Conjuntural do óleo de soja – jun. 2025. Disponível em: https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0394886001751916873.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.</p>
Óleo de Palma (R\$/t)	R\$ 2.450,00	R\$ 4.063,00	R\$ 6.128,00	R\$ 6.533,00	R\$4.495,00	R\$ -	R\$ -	R\$3.381,29	INDEX MUNDI. Palm Oil Monthly Price - US Dollars per Metric Ton. Disponível em: https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=palm-oil . Acesso em: 11 jul. 2025.
Óleo de Palmiste (PKO) (R\$/t)	R\$ -	R\$ 5.709,00	R\$ 6.696,00	R\$ 6.773,00	R\$6.050,00	R\$7.799,40	R\$ -	R\$4.718,20	INVESTING.COM. Palm Kernel Oil Historical Data. Disponível em: https://www.investing.com/commodities/palm-kernel-oil-historical-data . Acesso em: 13 jul. 2025.
Torta de Palmiste (PCK) (R\$/t)	R\$ -	R\$ 2.336,00	R\$ 2.511,00	R\$ 2.345,00	R\$2.178,00	R\$2.786,00	R\$ -	R\$1.736,57	MALAYSIAN PALM OIL BOARD (MPOB). Overview of the Malaysian Oil Palm Industry 2022. Kuala Lumpur: MPOB, 2023. Disponível em: https://bepi.mpob.gov.my/images/overview/Overview2022.pdf . Acesso em: 13 jul. 2025.
fibra do fruto (R\$/t)	R\$ -	R\$ 622,80	R\$ 837,00	R\$ 937,80	R\$ 968,00	R\$1.857,00	R\$ -	R\$ 746,09	MALAYSIAN PALM OIL BOARD (MPOB). Overview of the Malaysian Oil Palm Industry 2022. Kuala Lumpur: MPOB, 2023. Disponível em: https://bepi.mpob.gov.my/images/overview/Overview2022.pdf . Acesso em: 13 jul. 2025.

Casca do caroço (palm kernel shell – PKS) (R\$/t)	R\$ -	R\$ 311,40	R\$ 418,50	R\$ 468,90	R\$ 484,00	R\$ 835,65	R\$ -	R\$ 359,78	MALAYSIAN PALM OIL BOARD (MPOB). Overview of the Malaysian Oil Palm Industry 2022. Kuala Lumpur: MPOB, 2023. Disponível em: https://bepi.mpob.gov.my/images/overview/Overview2022.pdf . Acesso em: 13 jul. 2025.
Óleo técnico de milho (R\$/t)	R\$ 2.900,00	R\$ 4.650,00	R\$ 7.100,00	R\$ 8.200,00	R\$7.000,00	R\$ -	R\$ -	R\$5.970,00	TRIDGE – Global Wholesale Prices. Corn oil global wholesale prices. Tridge Directory, 2024. Disponível em: https://dir.tridge.com/prices/corn-oil . Acesso em: 13 jul. 2025. IMARC GROUP. <i>Corn oil prices, market trend and forecast 2024–2029</i> . IMARC Group, 2024. Disponível em: https://www.imarcgroup.com/corn-oil-pricing-report . Acesso em: 13 jul. 2025.
CGM (R\$/t)	R\$ 1.725,00	R\$ 2.190,00	R\$ 2.280,00	R\$ 2.420,00	R\$2.455,00	R\$ -	R\$ -	R\$2.214,00	UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. Feed Grains Yearbook Tables. Washington, D.C.: USDA Economic Research Service, 2024. Disponível em: https://ers.usda.gov/data-products/feed-grains-database/feed-grains-yearbook-tables . Acesso em: 10 jul. 2025.
CGF (R\$/t)	R\$ 860,00	R\$ 1.080,00	R\$ 1.100,00	R\$ 1.300,00	R\$ 910,00	R\$ -	R\$ -	R\$1.050,00	UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. Corn byproducts market reports. Washington, D.C.: USDA Agricultural Marketing Service, 2019–2024. Disponível em: https://www.ams.usda.gov/market-news/feedstuffs . Acesso em: 10 jul. 2025.
WDG (R\$/t)	R\$ 165,00	R\$ 183,00	R\$ 614,00	R\$ 604,00	R\$ -	R\$ 490,00	R\$ 520,00	R\$ 429,33	2019 AGROLINK. Preços e mercado de DDG e WDG. 2019. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/precos-e-mercado-de-ddg-e-wdg_427782.html . Acesso em: 13 ago. 2025. 2020 (jan.) AGROLINK. Mercado de DDG e WDG em alta. 2020. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/mercado-de-ddg-e-wdg-em-alta_429646.html . Acesso em: 13 ago. 2025. 2020 (mar.) AGROLINK. DDG e WDG: preços firmes e em alta. 2020. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/ddg-e-

									<p>wdg--precos-firmes-e-em-alta_431485.html. Acesso em: 13 ago. 2025.</p> <p>2021 (jan.)</p> <p>AGROLINK. DDG & WDG – Relatório quinzenal Scot Consultoria. 2021. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/ddg---wdg---relatorio-quinzenal-scot-consultoria_443983.html. Acesso em: 13 ago. 2025.</p> <p>2021 (jul.)</p> <p>AGROLINK. Preços do DDG e WDG voltam a ficar firmes. 2021. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/precos-do-ddg-e-wdg-voltam-a-ficar-firmes_453839.html. Acesso em: 13 ago. 2025.</p> <p>2022 (abr.)</p> <p>AGROLINK. DDG e WDG: preços e mercado em abril. 2022. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/ddg-e-wdg--precos-e-mercado-em-abril_479171.html. Acesso em: 13 ago. 2025.</p> <p>2024 (mai.)</p> <p>SCOT CONSULTORIA. Relatório bimestral DDG & WDG – vol. 6, nº 84, maio/junho 2025. Bebedouro: Scot Consultoria, 2025.</p> <p>2025 (jun.)</p> <p>SCOT CONSULTORIA. Relatório bimestral DDG & WDG – vol. 6, nº 84, maio/junho 2025. Bebedouro: Scot Consultoria, 2025.</p>
DDG (R\$/t)	R\$ 579,70	R\$ 732,00	R\$1.612,00	R\$1.750,00	R\$1.429,00	R\$ 1.144,00	R\$1.169,00	R\$1.202,24	<p>2019</p> <p>AGROLINK. Preços e mercado de DDG e WDG. 2019. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/precos-e-mercado-de-ddg-e-wdg_427782.html. Acesso em: 13 ago. 2025.</p> <p>2020 (jan.)</p> <p>AGROLINK. Mercado de DDG e WDG em alta. 2020. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/mercado-de-ddg-e-wdg-em-alta_429646.html. Acesso em: 13 ago. 2025.</p>

									<p>2020 (mar.) AGROLINK. DDG e WDG: preços firmes e em alta. 2020. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/ddg-e-wdg--precos-firmes-e-em-alta_431485.html. Acesso em: 13 ago. 2025.</p> <p>2021 (jan.) AGROLINK. DDG & WDG – Relatório quinzenal Scot Consultoria. 2021. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/ddg---wdg---relatorio-quinzenal-scot-consultoria_443983.html. Acesso em: 13 ago. 2025.</p> <p>2021 (jul.) AGROLINK. Preços do DDG e WDG voltam a ficar firmes. 2021. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/precos-do-ddg-e-wdg-voltam-a-ficar-firmes_453839.html. Acesso em: 13 ago. 2025.</p> <p>2022 (abr.) AGROLINK. DDG e WDG: preços e mercado em abril. 2022. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/ddg-e-wdg--precos-e-mercado-em-abril_479171.html. Acesso em: 13 ago. 2025.</p> <p>2023 (mai.) AGROLINK. Preço do DDG mantém estabilidade em Mato Grosso e Goiás. 2023. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/preco-do-ddg-mantem-estabilidade-em-mato-grosso-e-goias_487127.html. Acesso em: 13 ago. 2025.</p> <p>2024 (mai.) SCOT CONSULTORIA. Relatório bimestral DDG & WDG – vol. 6, nº 84, maio/junho 2025. Bebedouro: Scot Consultoria, 2025.</p> <p>2025 (jun.) SCOT CONSULTORIA. Relatório bimestral DDG & WDG – vol. 6, nº 84, maio/junho 2025. Bebedouro: Scot Consultoria, 2025.</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

DDGS (R\$/t)	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$1.171,50	UNIÃO NACIONAL DO ETANOL DE MILHO – UNEM. Comunicação pessoal. 2025.
Óleo de Milho (R\$/t)	R\$ 2.900,00	R\$ 4.650,00	R\$ 7.100,00	R\$ 8.200,00	R\$7.000,00	R\$ -	R\$ -	R\$5.970,00	TRIDGE – Global Wholesale Prices. Corn oil global wholesale prices. Tridge Directory, 2024. Disponível em: https://dir.tridge.com/prices/corn-oil . Acesso em: 13 jul. 2025. IMARC GROUP. <i>Corn oil prices, market trend and forecast 2024–2029</i> . IMARC Group, 2024. Disponível em: https://www.imarcgroup.com/corn-oil-pricing-report . Acesso em: 13 jul. 2025.
Amido (R\$/t)	R\$ 1.350,00	R\$ 1.920,00	R\$ 2.100,00	R\$ 1.970,00	R\$1.840,00	R\$1.970,00	R\$1.960,00	R\$1.872,86	INVESTING.COM. Corn Starch Futures Historical Data. Dalian Commodity Exchange – China. Disponível em: https://br.investing.com/commodities/corn-starch-futures-historical-data . Acesso em: 10 jul. 2025.
torta de Gérmen de milho (R\$/t)	R\$ 1.440,00	R\$ 975,00	R\$ 1.380,00	R\$ 700,00	R\$1.900,00	R\$1.500,00	R\$1.480,00	R\$1.339,29	2019: MF RURAL. Farelo de gérmen de milho – Mossoró (RN). Disponível em: https://www.mfrural.com.br/detalhe/318447/farelo-germen-de-milho . Acesso em: 10 jul. 2025. 2020: MF RURAL. Gérmen de milho a granel – Cuiabá (MT). Disponível em: https://www.mfrural.com.br/detalhe/389572/germen-de-milho . Acesso em: 10 jul. 2025. 2021: MF RURAL. Gérmen de milho gordo – Cuiabá (MT). Disponível em: https://www.mfrural.com.br/detalhe/441590/germen-de-milho . Acesso em: 10 jul. 2025. 2022: MF RURAL. Gérmen de milho a granel – Nova Esperança (PR). Disponível em: https://www.mfrural.com.br/detalhe/609487/germen-de-milho . Acesso em: 10 jul. 2025. 2023: MF RURAL. Gérmen de milho gordo – Cravinhos (SP). Disponível em: https://www.mfrural.com.br/detalhe/346246/germe-de-milho-gordo-a-granel . Acesso em: 10 jul. 2025. 2024: MF RURAL. Gérmen de milho a granel – Uberlândia (MG). Disponível em:

									https://www.mfrural.com.br/detalhe/842787/germen-de-milho-a-granel . Acesso em: 10 jul. 2025.
Pluma de algodão (R\$/t)	R\$ 600,00	R\$ 950,00	R\$ 800,00	R\$703,0	R\$ 850,00	R\$ 1088,00	R\$ 1450,00	R\$920,14	<p>CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicadores de preços – Algodão 41-4. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/br/categoria/acessar/algodao-49.aspx. Acesso em: 13 jul. 2025.</p> <p>CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicadores de preços – Algodão 41-3. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/br/categoria/acessar/algodao-50.aspx. Acesso em: 13 jul. 2025.</p> <p>CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicadores de preços – Algodão 41-2. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/br/categoria/acessar/algodao-51-2.aspx. Acesso em: 13 jul. 2025.</p> <p>NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. Cotações de caroço de algodão. Disponível em: https://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/algodao/caro-co-de-algodo. Acesso em: 13 jul. 2025.</p>
Caroço de algodão (R\$/t)	R\$ 563,33	R\$ 615,33	R\$ 764,67	R\$ 1007,34	R\$ 1026,00	R\$ 1075,00	R\$ 1132,00	R\$ 953,00	<p>CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicadores de preços – Algodão 41-4. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/br/categoria/acessar/algodao-49.aspx. Acesso em: 13 jul. 2025.</p> <p>CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicadores de preços – Algodão 41-3. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/br/categoria/acessar/algodao-50.aspx. Acesso em: 13 jul. 2025.</p> <p>CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicadores de preços – Algodão 41-2. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/br/categoria/acessar/algodao-51-2.aspx. Acesso em: 13 jul. 2025.</p>

									NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. Cotações de caroço de algodão. Disponível em: https://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/algodao/caro-co-de-algodo . Acesso em: 13 jul. 2025.
Óleo de Algodão (R\$/t)	R\$ 2.700,00	R\$ 3.900,00	R\$ 6.500,00	R\$ 8.500,00	R\$7.000,00	R\$ -	R\$ -	R\$5.720,00	IMARC GROUP. Cottonseed Oil Pricing Report 2024. [S.l.]: IMARC Group, 2024. Disponível em: https://www.imarcgroup.com/cottonseed-oil-pricing-report . Acesso em: 13 jul. 2025. TRIDGE. <i>Cottonseed Oil – Global Market Prices</i> . [S.l.]: Tridge, 2025. Disponível em: https://dir.tridge.com/prices/cottonseed-oil . Acesso em: 13 jul. 2025. VESPERTOOL. <i>Semi-refined Cottonseed Oil Prices</i> . [S.l.]: Vesper, 2025. Disponível em: https://vespertool.com/oils-and-fats/semi-refined-cottonseed-oil . Acesso em: 13 jul. 2025.
Farelo de algodão (R\$/t)	R\$ -	R\$ 1.298,11	R\$ 1.867,22	R\$ 1.091,32	R\$ 1.084,17	R\$ 1.084,17	R\$ 1.170,00	R\$ 2.302,16	SCOT CONSULTORIA. Mercado de farelo de algodão em dezembro/2020. Bebedouro, dez. 2020. Disponível em: https://www.scotconsultoria.com.br . Acesso em: 13 jul. 2025. SCOT CONSULTORIA. Preço médio do farelo de algodão – maio/2021. Bebedouro, mai. 2021. Disponível em: https://www.scotconsultoria.com.br . Acesso em: 13 jul. 2025. SCOT CONSULTORIA. Cotações do farelo de algodão – julho/2024. Bebedouro, jul. 2024. Disponível em: https://www.scotconsultoria.com.br . Acesso em: 13 jul. 2025. SCOT CONSULTORIA. <i>Cotações do farelo de algodão – agosto/2024</i> . Bebedouro, ago. 2024. Disponível em: https://www.scotconsultoria.com.br . Acesso em: 13 jul. 2025. AGROLINK. <i>Farelo de algodão segue em alta em São Paulo, aponta Scot</i> . Porto Alegre, 2025. Disponível em: https://www.agrolink.com.br . Acesso em: 13 jul. 2025.

Casca / Fibra de algodão (R\$/t)	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 590,00	R\$ -	R\$ 1,547,00	R\$ 1.228,10	AGRO2BUSINESS. Casca de algodão a R\$ 0,59/kg (≈ R\$ 590/t). São Paulo: Agro2Business, 2025. Disponível em: https://www.agro2business.com . Acesso em: 13 jul. 2025. AGRO2BUSINESS. Casca de algodão a R\$ 0,59/kg (≈ R\$ 590/t). São Paulo: Agro2Business, 2025. Disponível em: https://www.agro2business.com . Acesso em: 13 jul. 2025. CANAL RURAL. Casca de algodão tem preço de R\$ 1.434,40 no MT em abril, diz Imea. Canal Rural, 17 abr. 2024. Disponível em: https://www.canalrural.com.br/noticias/agronegocio/casca-de-algodao-tem-preco-de-r-1-43440-no-mt-em-abril-diz-imea/ . Acesso em: 13 jul. 2025.
Outros óleos vegetais (R\$/t)	R\$ 2.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 6.000,00	R\$ 7.000,00	R\$5.000,00	R\$ -	R\$ -	R\$4.800,00	FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Food Price Monitoring and Analysis – Vegetable Oil Price Index. Rome: FAO, 2025. Disponível em: https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/ . Acesso em: 13 jul. 2025.
Óleo de Fritura Usado	R\$ 1.800,00	R\$ 2.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 4.300,00	R\$4.800,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 3.380,00	BIODIESELBR. Óleo de cozinha usado avança com demanda por biocombustíveis. São Paulo, 28 set. 2023. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/ogr/oleo-de-cozinha-usado-avanca-com-demanda-por-biocombustiveis-280923 . Acesso em: 14 jul. 2025. BIODIESELBR. Demanda da indústria de biodiesel por óleo de cozinha usado dispara. São Paulo, 13 nov. 2023. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/ogr/demanda-da-industria-de-biodiesel-por-oleo-de-cozinha-usado-dispara-131123 . Acesso em: 14 jul. 2025. CME GROUP. Gulf Coast UCO (Argus) Futures. Chicago: CME Group, 2025. Disponível em: https://www.cmegroup.com/markets/energy/biofuels/gulf-coast-uco-argus-60_000-lb.html . Acesso em: 14 jul. 2025.
Glicerina (bruta)	R\$ -	R\$-	R\$-	R\$-	R\$ -	R\$ 712,54	R\$ -	R\$ 712,54	EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Análise de conjuntura dos biocombustíveis: ano base 2022, ano de publicação 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-

									abertos/publicacoes/analise-de-conjuntura-dos-bicombustiveis-2023. Acesso em: 10 jul. 2025.
Biodiesel (R\$/m³)	R\$ 3.356,14	R\$ 3.380,00	R\$ 4.980,00	R\$ 5.070,00	R\$3.880,00	R\$ -	R\$ -	R\$4.134,32	EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Análise de conjuntura dos biocombustíveis: ano base 2022, ano de publicação 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/analise-de-conjuntura-dos-bicombustiveis-2023 . Acesso em: 10 jul. 2025.
Carne bovina (arroba) (R\$/@)	R\$ -	R\$ 260,00	R\$ 287,00	R\$ 271,00	R\$ 228,00	R\$ 273,00	R\$ 294,00	R\$ 268,83	CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicador do Boi Gordo CEPEA/ESALQ (arroba – São Paulo). Piracicaba: CEPEA/ESALQ, [s.d.]. Disponível em: https://www.cepea.org.br/br/indicador/boi-gordo.aspx . Acesso em: 13 jul. 2025.
Couro (R\$/kg)	R\$ -	R\$ 0,75	R\$ 1,82	R\$-	R\$ -	R\$ -	R\$0,95	R\$ 1,12	SCOT CONSULTORIA. Preço do couro dispara em 2020. Bebedouro: Scot Consultoria, 2020. Disponível em: https://www.scotconsultoria.com.br . Acesso em: 13 jul. 2025. SCOT CONSULTORIA. Cotações do couro via Investi.ng. Bebedouro: Scot Consultoria, [s.d.]. Disponível em: https://www.investing.com . Acesso em: 13 jul. 2025. SCOT CONSULTORIA. Couro estável no Centro-Oeste. Bebedouro: Scot Consultoria, 2024. Disponível em: https://www.scotconsultoria.com.br . Acesso em: 13 jul. 2025. SCOT CONSULTORIA; NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. Cotação do couro: 03 de julho de 2025. Bebedouro: Scot Consultoria, 2025. Disponível em: https://www.noticiasagricolas.com.br . Acesso em: 13 jul. 2025.
Gordura Animal (Sebo) (R\$/t)	R\$ 2.000,00	R\$ 4.400,00	R\$ 5.500,00	R\$ 6.200,00	R\$5.000,00	R\$ -	R\$ -	R\$4.620,00	SCOT CONSULTORIA. Cotações – Couro e sebo. Bebedouro: Scot Consultoria, 11 jul. 2025. Disponível em: https://www.scotconsultoria.com.br/cotacoes/couro-e-sebo/ . Acesso em: 13 jul. 2025. SCOT CONSULTORIA. Carta de conjuntura: sebo bovino, mercado, exportação e expectativas. Bebedouro: Scot Consultoria, 2024. Disponível em: https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/cartas/57671/c

									arta-conjuntura-sebo-bovino-mercado-exportacao-e-expectativas.htm. Acesso em: 13 jul. 2025.
Farinha de carne e osso (R\$/kg)	R\$ -	R\$-	R\$-	R\$-	R\$ -	R\$ -	R\$1,20	R\$1,20	EDITORA STILO. <i>Cotação – Farinhas e Gorduras Animais</i> . São Paulo: Editora Stilo, 11 jul. 2025. Disponível em: https://www.editorastilo.com.br/cotacoes/ . Acesso em: 13 jul. 2025.
Farinha de sangue (R\$/kg)	R\$ -	R\$-	R\$-	R\$-	R\$ -	R\$ -	R\$2,95	R\$2,95	EDITORA STILO. <i>Cotação – Farinhas e Gorduras Animais</i> . São Paulo: Editora Stilo, 11 jul. 2025. Disponível em: https://www.editorastilo.com.br/cotacoes/ . Acesso em: 13 jul. 2025.
Cavaco de Madeira (R\$/t)	R\$ -	R\$ -	R\$ 133,8	R\$ 190,51	R\$ 209,16	R\$ 198,16	R\$ 214,83	R\$ 189,29	Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB-PR). Preços de Produtos Florestais. Curitiba: SEAB, 2025. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Precos-de-Produtos-Florestais . Acesso em: 11 jul. 2025.
Toras (R\$/t)	R\$ -	R\$ -	R\$ 311,73	R\$ 445,15	R\$ 433,47	R\$ 460,26	R\$ 471,76	R\$ 424,47	Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB-PR). Preços de Produtos Florestais. Curitiba: SEAB, 2025. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Precos-de-Produtos-Florestais . Acesso em: 11 jul. 2025.
Resíduos Florestais processados (R\$/t)	R\$ -	R\$ -	R\$84,71	R\$ 117,48	R\$ 155,62	R\$ 183,19	R\$ 185,17	R\$ 145,17	Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB-PR). Preços de Produtos Florestais. Curitiba: SEAB, 2025. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Precos-de-Produtos-Florestais . Acesso em: 11 jul. 2025.
Lenha (R\$/t)	R\$ -	R\$ -	R\$ 183,47	R\$ 256,8	R\$ 321,82	R\$ 352,62	R\$ 352,98	R\$ 293,54	Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB-PR). Preços de Produtos Florestais. Curitiba: SEAB, 2025. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Precos-de-Produtos-Florestais . Acesso em: 11 jul. 2025.
Bagaço de Cana (R\$/t)	R\$ 59,22	R\$ 100,00	R\$ 150,00	R\$ 180,00	R\$ 200,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 142,00	JORNALCANA. Quanto custa o bagaço? Confira aqui. Piracicaba, 30 mai. 2019. Disponível em: https://jornalcana.com.br/mercado/quanto-custa-o-bagaco-confira-aqui/ . Acesso em: 14 jul. 2025.

									MF RURAL. Anúncios de bagaço de cana. São Paulo, várias datas (2024), incluindo valores: Cerquilho/SP, R\$ 140/t; Nova Mutum/MT, R\$ 300/t; Campo Grande/MS, R\$ 350/t; Dracena/SP, R\$ 150–180/t
Palha de Cana (R\$/t)	R\$ -	R\$-	R\$-	R\$50,00	R\$ 50,00	R\$-	R\$-	R\$ 20,00	VICENTE PEREIRA, M. F. et al. A feição regional do circuito espacial produtivo sucroenergético no Triângulo Mineiro. Campo-Território: revista de geografia agrária, v. 13, n. 29, p. 162-188, abr. 2018. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/download/41488/25693 . Acesso em: 14 jul. 2025. JORNALCANA. <i>Vender palha de cana para usina gera renda extra para fornecedor</i> . Piracicaba, 23 jan. 2015. Disponível em: https://jornalcana.com.br/mercado/usinas/vender-palha-de-cana-para-usina-gera-renda-extra-para-fornecedor/ . Acesso em: 14 jul. 2025.
Cana-de-açúcar (R\$/t)	R\$ 78,80	R\$95,00	R\$ 115,00	R\$ 135,00	R\$ 145,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 113,76	CONSECANA-SP. Dados históricos do preço do kg de ATR. São Paulo, 2024. Disponível em: https://www.consecana.com.br/ . Acesso em: 14 jul. 2025. CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicadores de preço – Açúcar cristal. Piracicaba, 2021–2023. Disponível em: https://www.cepea.org.br/ . Acesso em: 14 jul. 2025. TRIDGE. Brazil sugarcane domestic price. Maringá, 04 jul. 2025. Disponível em: https://www.tridge.com/intelligences/sugarcane/BR . Acesso em: 14 jul. 2025.
Etanol hidratado (R\$/L)	R\$1,75	R\$ 1,81	R\$ 2,95	R\$ 2,97	R\$2,40	R\$ -	R\$ -	R\$2,38	EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Análise de conjuntura dos biocombustíveis: ano base 2022, ano de publicação 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/analise-de-conjuntura-dos-biocombustiveis-2023 . Acesso em: 10 jul. 2025.
Açúcar cristal (R\$/t)	R\$ 1.310,40	R\$ 1.686,00	R\$ 2.507,00	R\$ 2.688,00	R\$2.866,80	R\$ -	R\$ -	R\$2.211,64	CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicadores de preços – Açúcar. Piracicaba: ESALQ/USP, [s.d.]. Disponível em: https://www.cepea.org.br/br/indicador/acucar.aspx . Acesso em: 14 jul. 2025.

Energia elétrica biomassa (bagaço de cana) (R\$/kW)	R\$ 345,99	R\$ 350,41	R\$ 351,24	R\$ 350,82	R\$ 349,72	R\$ -	R\$ -	R\$ 249,74	CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. InfoLeilão Dinâmico 086 – Junho de 2025. São Paulo: CCEE, [s.d.]. Disponível em: https://www.ccee.org.br/-/infoleilao-dinamico-086-jun-2025 . Acesso em: 14 jul. 2025.
Bioquerosene (US\$/L)	U\$ 1,20	U\$ 1,30	U\$ 1,40	U\$ 1,60	U\$ 1,80	U\$ 2,00	U\$ 2,10	U\$ 1,63	NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY (NREL). <i>Transportation Annual Technology Baseline 2024 – Aviation Fuels</i> . Golden, CO: NREL, 2024. Disponível em: https://atb.nrel.gov/transportation/2024/aviation_fuels . Acesso em: 14 jul. 2025. NUNEZ, G. & PEYTON, B. <i>RINs, RVO prices rise nearly 30% in two days, impacting jet fuel prices</i> . <i>Commodity Insights</i> , 16 jun. 2025. Disponível em: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/agriculture/061625-rins-rvo-prices-rise-nearly-30-in-two-days-impacting-jet-fuel-prices . Acesso em: 14 jul. 2025. S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. <i>Infográfico: demanda por SAF eleva preços do jet fuel</i> . <i>Commodity Insights</i> , 30 maio 2025. Disponível em: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/crude-oil/080724-infographic-jet-fuel-demand-soars-saf-flight-summer-travel-aviation-pandemic-kerosene-cargo-decarbonization . Acesso em: 14 jul. 2025. S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. <i>Biofuel Regulations Stoke Demand, Volatility Hits Brakes</i> . [S.l.], 2024. Disponível em: https://www.spglobal.com/_assets/documents/ratings/research/101601186.pdf . Acesso em: 14 jul. 2025.
Gasolina alternativa (US\$/L)	U\$ 0,70	U\$,075	U\$ 0,80	U\$ 0,85	U\$ -	U\$ 1,00	U\$ 1,05	U\$ 0,86	NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY (NREL). <i>Transportation Annual Technology Baseline 2024 – Aviation Fuels</i> . Golden, CO: NREL, 2024. Disponível em: https://atb.nrel.gov/transportation/2024/aviation_fuels . Acesso em: 14 jul. 2025. NUNEZ, G. & PEYTON, B. <i>RINs, RVO prices rise nearly 30% in two days, impacting jet fuel prices</i> . <i>Commodity Insights</i> , 16 jun. 2025. Disponível em: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/agriculture/061625-rins-rvo-prices-rise-nearly-30-in-two-days-impacting-jet-fuel-prices . Acesso em: 14 jul. 2025.

									<p>research/latest-news/agriculture/061625-rins-rvo-prices-rise-nearly-30-in-two-days-impacting-jet-fuel-prices. Acesso em: 14 jul. 2025.</p> <p>S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. <i>Infográfico: demanda por SAF eleva preços do jet fuel</i>. Commodity Insights, 30 maio 2025. Disponível em: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/crude-oil/080724-infographic-jet-fuel-demand-soars-saf-flight-summer-travel-aviation-pandemic-kerosene-cargo-decarbonization. Acesso em: 14 jul. 2025.</p> <p>S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. <i>Biofuel Regulations Stoke Demand, Volatility Hits Brakes</i>. [S.l.], 2024. Disponível em: https://www.spglobal.com/_assets/documents/ratings/research/101601186.pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.</p>
Diesel verde (US\$/L)	U\$ 1,10	U\$ 1,12	U\$ 1,30	U\$ 1,45	U\$ 1,60	U\$ 1,70	U\$ 1,80	U\$ 1,45	<p>NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY (NREL). <i>Transportation Annual Technology Baseline 2024 – Aviation Fuels</i>. Golden, CO: NREL, 2024. Disponível em: https://atb.nrel.gov/transportation/2024/aviation_fuels. Acesso em: 14 jul. 2025.</p> <p>NUNEZ, G. & PEYTON, B. <i>RINs, RVO prices rise nearly 30% in two days, impacting jet fuel prices</i>. Commodity Insights, 16 jun. 2025. Disponível em: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/agriculture/061625-rins-rvo-prices-rise-nearly-30-in-two-days-impacting-jet-fuel-prices. Acesso em: 14 jul. 2025.</p> <p>S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. <i>Infográfico: demanda por SAF eleva preços do jet fuel</i>. Commodity Insights, 30 maio 2025. Disponível em: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/crude-oil/080724-infographic-jet-fuel-demand-soars-saf-flight-summer-travel-aviation-pandemic-kerosene-cargo-decarbonization. Acesso em: 14 jul. 2025.</p> <p>S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. <i>Biofuel Regulations Stoke Demand, Volatility Hits Brakes</i>. [S.l.], 2024. Disponível em:</p>

									https://www.spglobal.com/_assets/documents/ratings/research/101601186.pdf . Acesso em: 14 jul. 2025.
Nafta (US\$/t)	U\$ 450,00	U\$ 400,00	U\$ 550,00	U\$ 600,00	U\$ 580,00	U\$ 590,00	U\$ 600,00	U\$ 538,00	<p>NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY (NREL). <i>Transportation Annual Technology Baseline 2024 – Aviation Fuels</i>. Golden, CO: NREL, 2024. Disponível em: https://atb.nrel.gov/transportation/2024/aviation_fuels. Acesso em: 14 jul. 2025.</p> <p>NUNEZ, G. & PEYTON, B. <i>RINs, RVO prices rise nearly 30% in two days, impacting jet fuel prices</i>. <i>Commodity Insights</i>, 16 jun. 2025. Disponível em: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/agriculture/061625-rins-rvo-prices-rise-nearly-30-in-two-days-impacting-jet-fuel-prices. Acesso em: 14 jul. 2025.</p> <p>S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. <i>Infográfico: demanda por SAF eleva preços do jet fuel</i>. <i>Commodity Insights</i>, 30 maio 2025. Disponível em: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/crude-oil/080724-infographic-jet-fuel-demand-soars-saf-flight-summer-travel-aviation-pandemic-kerosene-cargo-decarbonization. Acesso em: 14 jul. 2025.</p> <p>S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. <i>Biofuel Regulations Stoke Demand, Volatility Hits Brakes</i>. [S.l.], 2024. Disponível em: https://www.spglobal.com/_assets/documents/ratings/research/101601186.pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.</p>
Gás combustível alternativa (US\$/t eq)	U\$ 80,00	U\$ 80,00	U\$ 85,00	U\$ 90,00	U\$ 95,00	U\$ 95,00	U\$ 100,00	U\$ 89,29	<p>NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY (NREL). <i>Transportation Annual Technology Baseline 2024 – Aviation Fuels</i>. Golden, CO: NREL, 2024. Disponível em: https://atb.nrel.gov/transportation/2024/aviation_fuels. Acesso em: 14 jul. 2025.</p> <p>NUNEZ, G. & PEYTON, B. <i>RINs, RVO prices rise nearly 30% in two days, impacting jet fuel prices</i>. <i>Commodity Insights</i>, 16 jun. 2025. Disponível em: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/agriculture/061625-rins-rvo-prices-rise-nearly-30-in-two-days-impacting-jet-fuel-prices.</p>

									<p>nearly-30-in-two-days-impacting-jet-fuel-prices. Acesso em: 14 jul. 2025.</p> <p>S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. <i>Infográfico: demanda por SAF eleva preços do jet fuel</i>. Commodity Insights, 30 maio 2025. Disponível em: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/crude-oil/080724-infographic-jet-fuel-demand-soars-saf-flight-summer-travel-aviation-pandemic-kerosene-cargo-decarbonization. Acesso em: 14 jul. 2025.</p> <p>S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. <i>Biofuel Regulations Stoke Demand, Volatility Hits Brakes</i>. [S.l.], 2024. Disponível em: https://www.spglobal.com/_assets/documents/ratings/research/101601186.pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.</p>
Taxa de Câmbio (R\$/CNY)	R\$ 0,56	R\$ 0,78	R\$ 0,84	R\$ 0,78	R\$ 0,72	R\$ 0,77	R\$ 0,77	R\$ 0,75	<p>BANCO CENTRAL DO BRASIL. Séries Temporais – Taxa de câmbio média anual (CNY/BRL). Código da série: 21619. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/estatisticas/seriehist. Acesso em: 10 jul. 2025.</p>
Taxa de Câmbio (R\$/US\$)	R\$ 3,94	R\$ 5,16	R\$ 5,23	R\$ 5,19	R\$ 5,10	R\$ 6,18	R\$ 5,54	R\$ 5,54	<p>BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. Cotações e boletins de taxas de câmbio – Média anual do dólar comercial (compra). Brasília: BCB, 2024. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/historicocotacoes. Acesso em: 10 jul. 2025.</p>

- Para a conversão entre unidades de massa e volume dos diferentes produtos energéticos e materiais avaliados, foram adotadas densidades médias. A densidade da madeira foi considerada como 0,45 t/m³, valor usualmente utilizado para biomassa seca de base florestal. Para os combustíveis líquidos, as seguintes densidades foram aplicadas: biodiesel, 0,88 kg/L (variando entre 0,86 e 0,90 kg/L, a depender da matéria-prima e da temperatura); gás liquefeito de petróleo (GLP), 0,538 kg/L; nafta, 0,685 kg/L; diesel verde (HVO), 0,78 kg/L; e bioquerosene de aviação (SAF), 0,80 kg/L.