



EMBRAPA MEIO AMBIENTE

**INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA DE
PRODUÇÃO DE ETANOL DE MELAÇO DE SOJA
PARA USO NA RENOVACALC®**

Jaguariúna – novembro de 2024

INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA DE PRODUÇÃO DE ETANOL DE MELAÇO DE SOJA PARA USO NA RENOVACALC®

*Claudia Cristina Sanchez Moore, Priscila Seixas Sabani, Anna Letícia M. T. Pighinelli,
Marília I. da Silveira Folegatti, Nilza Patrícia Ramos*

RESUMO

A inclusão de novas matérias-primas para a produção de biocombustíveis na RenovaCalc tem sido demandada por diversos agentes do setor produtivo, que têm interesse em participar mais efetivamente do RenovaBio. Dentre as novas matérias-primas, pode-se destacar o melaço de soja para a produção de etanol veicular. Nesse contexto, o presente relatório apresenta a estrutura do processo de produção de etanol de melaço de soja no Brasil incorporado na RenovaCalc. Para o atendimento do objetivo estabelecido foram seguidas as seguintes etapas: i) identificação dos principais insumos e das respectivas quantidades usadas na produção de etanol de melaço de soja; ii) construção da rota de obtenção de melaço de soja e de produção de etanol hidratado, seguindo o padrão da RenovaCalc; iii) discussão e validação da nova rota junto ao GT ACV e ao GT RenovaBio. A Fase Agrícola de produção de soja corresponde àquela já disponível na RenovaCalc, usada para a produção de biodiesel; para a Fase Industrial, foram incorporados novos produtos além do óleo de soja e do farelo, i.e. concentrado protéico, melaço de soja, casca e lecitina.

1. INTRODUÇÃO

A RenovaBio é a nova Política Nacional de Biocombustíveis, aprovada pela Lei 13.576 de 26 de dezembro de 2017, que tem como objetivo fomentar o aumento da produção de biocombustíveis seguindo padrões mais sustentáveis, premiando os biocombustíveis com menor emissão de gases de efeito estufa (GEE) em seu ciclo de vida. Nesse contexto, foi estabelecida uma estrutura metodológica chamada RenovaCalc, que quantifica, em g CO₂ eq./MJ, a intensidade de carbono dos biocombustíveis, tendo como base a Avaliação de Ciclo de Vida atribucional com escopo do berço-à-roda (Matsuura et al., 2018).

Atualmente, a ferramenta disponibiliza as rotas de produção de etanol de cana-de-açúcar de primeira geração; etanol de primeira e segunda geração em usina integrada; etanol de segunda geração em usina dedicada; etanol de cana-de-açúcar e milho em usina integrada (“flex”); etanol de milho em usina dedicada; etanol de milho importado; biodiesel; bioquerosene de aviação por HEFA (Hydro-processed Esters and Fatty Acids) de soja; e biometano de resíduos (Brasil, 2018).

Recentemente, a inclusão de outras matérias-primas na RenovaCalc tem sido demandada por empresas e associações representantes dos produtores de biocombustíveis, buscando uma participação mais efetiva na RenovaBio. Dentre as novas matérias-primas, pode-se destacar o melaço de soja para a produção de etanol. O melaço de soja, subproduto derivado do processo de esmagamento de soja para a produção de óleo e Concentrado Proteico de Soja (SPC), é amplamente utilizado como ração animal, na fabricação de briquetes ou na formulação de fertilizantes granulares ou foliares (Mello et al., 2021; CJ Selecta, 2022a). No entanto, a alta concentração de açúcares permite que este subproduto também seja transformado em um produto com alto potencial de mercado, o etanol veicular. A Tabela 1 apresenta a composição típica do melaço de soja, incluindo a sua composição de açúcares.

O presente estudo teve como objetivo identificar, caracterizar e estruturar o processo de produção de etanol hidratado de melaço de soja no Brasil, para a sua incorporação na calculadora.

2. METODOLOGIA

Para o cumprimento do objetivo proposto, o método de trabalho foi estruturado da seguinte forma:

- 1) Identificação das principais matérias-primas e das suas respectivas quantidades usadas na produção de melaço de soja e de etanol hidratado, a partir da consulta via e-mail a empresas produtoras;
- 2) Construção da rota de obtenção de melaço de soja e de produção de etanol hidratado, seguindo o padrão RenovaCalc, a partir dos dados coletados;
- 3) Discussão e validação da nova rota com a equipe do GT ACV (composto pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, Universidade Estadual de Campinas - Unicamp e Laboratório Nacional de Biorrenováveis - LNBR) e do GT RenovaBio (composto adicionalmente pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP e Ministério de Minas e Energia - MME).

Tabela 1. Composição típica do melaço de soja.

Parâmetro	Valor (g/kg)
Proteína bruta	50 min.
Umidade	300 max.
Gordura	5,0 max.
Fibra bruta	3,0 max.
Cinzas	100 max.
Açúcares	400
<i>Frutose</i>	26
<i>Sacarose</i>	199
<i>Rafinose</i>	50

<i>Estaquiase</i>	119
<i>Glucose</i>	6,0

Fonte: CJ Selecta (2022b)

2.1. Processo de produção de etanol de melaço de soja

A caracterização do processo de produção de etanol de melaço de soja no Brasil, mostrado na Figura 1, considerou as principais etapas, operações e insumos identificados em relatórios técnicos, bem como em consulta a empresas do setor.

De forma geral, a fase agrícola de produção dos grãos de soja envolve as etapas de: a) preparo do solo, que em sistemas de produção plantio direto (mais comuns no Brasil), sem movimentação do solo, só abrange as operações de dessecação da cultura anterior e, em intervalos de 3-4 anos, a aplicação de corretivos em superfície, sendo que, nos sistemas convencionais (pouco adotados) também abarcaria operações anuais de aração, gradagem, subsolagem e nivelamento, todas com movimentação intensa do solo; b) semeadura/adubação que envolve inicialmente o tratamento de sementes (produzidas em campos específicos para este fim) com inoculantes, pesticidas e fertilizantes micronutrientes, seguida da deposição das sementes já tratadas e de fertilizantes macronutrientes no fundo do sulco de plantio e posterior aplicação de defensivos para controle de plantas invasoras; c) tratos culturais ou cultivo, envolvendo operações de aplicação de fertilizantes e defensivos para manejo nutricional e controle fitossanitário ao longo do crescimento vegetativo e reprodutivo da soja; d) colheita, que envolve o uso de automotrizes para recolhimento dos grãos, após maturação e em condições de umidade que evite perdas, usando máquinas automotrizes e transporte do campo até unidades de beneficiamento (Sugawara, 2012; Hirakuri et al., 2018, 2019a, 2019b, 2020).

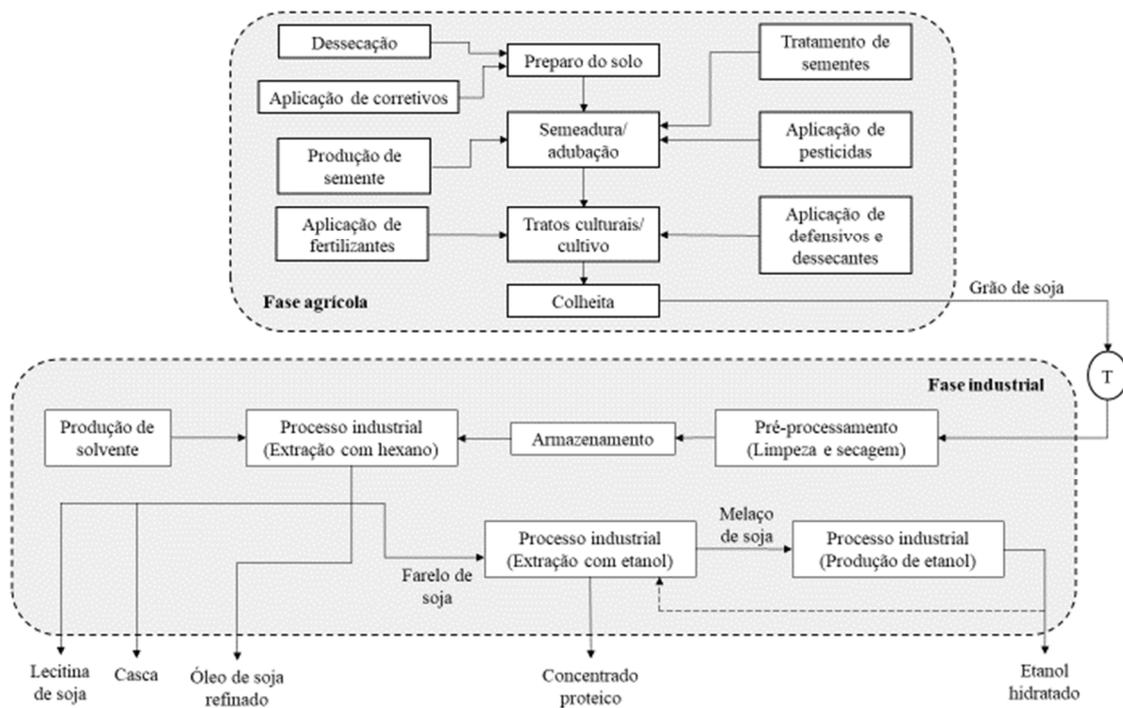


Figura 1. Processo de produção de derivados de soja e de etanol hidratado (adaptado de Machado, 1999; Sugawara, 2012; Mandarino et al., 2015).

Na unidade industrial, os grãos de soja passam pelas etapas de limpeza e secagem, que visam remover resíduos orgânicos e minerais e estabelecer um teor de umidade dos grãos entre 13% e 14%, para posterior armazenamento. Os grãos limpos e secos são encaminhados para as etapas de descascamento, condicionamento, trituração, laminação e cozimento, processos que visam facilitar a extração do óleo de soja. O material obtido é encaminhado para a etapa de extração do óleo, que pode ser pela combinação de prensagem mecânica e extração com solvente ou unicamente por ação do solvente, que normalmente é o hexano. Essa última alternativa é a mais utilizada atualmente (Mandarino et al., 2015). Os flocos laminados são introduzidos no extrator, onde uma solução de óleo-solvente chamada “micela” é produzida. O solvente é recuperado dessa mistura e o farelo de soja desengordurado é encaminhado para a etapa de produção de concentrado proteico (Sugawara, 2012).

O refino, que visa adequar o óleo bruto para uso comestível, considera as etapas de: degomagem ou hidratação; neutralização ou desacidificação; branqueamento ou clarificação; e desodorização. Da etapa de degomagem resulta a lecitina de soja, subproduto com importante valor comercial (Mandarino et al., 2015).

A produção do concentrado protéico de soja (SPC) (com teor de proteína acima de 60%) envolve uma etapa de lavagem com uma solução hidroalcoólica, na qual os açúcares e outros compostos

solúveis são arrastados. O solvente, geralmente etanol, é evaporado e retorna ao processo, ao passo que os sólidos concentrados formam o melaço de soja. Após a secagem e o resfriamento, o SPC é encaminhado ao armazém e posteriormente transportado. O melaço, por sua vez, é enviado para a etapa de fermentação e destilação para obter etanol hidratado (Machado, 1999; Caldeirão et al., 2015).

Antes de iniciar o processo de fermentação, o melaço é tratado para remover impurezas (i.e. sólidos insolúveis) provenientes da etapa de extração do farelo de soja. O melaço 30 °Bx é armazenado em um tanque e alimentado nas dornas de fermentação. Antes do início da dosagem do melaço, o fermento é adicionado nas dornas em uma quantidade entre 5 e 50% do volume final da dorna. Esse fermento é posteriormente recuperado. Após as dornas receberem o fermento e o melaço, elementos minerais e antiespumante são adicionados. Concluída a fermentação, o mosto fermentado ou vinho bruto é retirado e bombeado para a centrifugação, onde ocorre a separação do vinho e do fermento. O último é enviado às dornas de fermentado, onde será tratado com água, ácido sulfúrico, nutrientes e antibióticos, para sua reativação. O vinho bruto é enviado para as colunas de destilação, onde ocorre a separação do etanol do mosto, conhecido como vinhaça.

3. RESULTADOS

3.1. Parâmetros de entrada para a incorporação da rota do etanol de melaço de soja na RenovaCalc

Na RenovaCalc, são requeridos do usuário dados de entrada referentes às fases: (i) Agrícola, correspondente à produção da matéria-prima; (ii) Industrial, incluindo o processamento da matéria-prima, com obtenção de produtos intermediários, até a produção do biocombustível; e (iii) de Distribuição do biocombustível (Matsuura *et al.* 2018). Para a Fase Agrícola, há campos específicos para inserir dados de produção própria e de fornecedores externos, sendo possível a escolha entre as opções de preenchimento por “perfil de produção primário” ou “perfil de produção padrão”, como destacado na Figura 2. No primeiro caso, que é a condição ideal, dados primários do processo agrícola das áreas de produção da usina e de seus fornecedores são inseridos. Por outro lado, o “perfil de produção padrão”, que representa um perfil de produção médio ao qual foram aplicados fatores de penalização, é a alternativa quando não são conhecidos todos os parâmetros técnicos da Fase Agrícola. Neste caso, o usuário deve inserir unicamente informações relacionadas aos critérios de elegibilidade da RenovaBio e os parâmetros “área total”, “produção total”, “resíduos agrícolas recolhidos”.

Os dados preenchidos nas duas abas “perfil de produção primário” e “perfil de produção padrão” são consolidados e apresentados na aba "RENOVACALC_E1GM".

Tabela 2. Valores típicos e valores penalizados para a produção de a soja

Parâmetro	Valor Típico	Valor Padrão
Calcário Calcítico ou Dolomítico	249,0 kg/t soja	546,6 kg/t soja
Gesso	53,3 kg/t soja	90,6 kg/t soja
Sementes	17,4 kg/t soja	39,16 kg/t soja
Fertilizantes sintéticos nitrogenados	2,8 kg N/t soja	5,55 kg N/t soja
Fertilizantes sintéticos fosfatados	27,2 kg P ₂ O ₅ /t soja	58,77 kg P ₂ O ₅ /t soja
Fertilizantes sintéticos potássicos	32,7 kg K ₂ O/t soja	51,80 kg K ₂ O/t soja
Combustíveis e eletricidade	10,7 L/t soja	17,36 L/t soja

Para a rota de produção de etanol de melaço de soja, na Fase de Produção Agrícola, o preenchimento com dados primários considera os mesmos insumos da soja já existente na rota de produção de biodiesel já disponível na RenovaCalc. Da mesma forma, na condição de preenchimento “padrão”, são considerados os parâmetros da Tabela 2, que também correspondem ao já adotado na calculadora para a rota de biodiesel.

RenovaCalc

RenovaBio

Instruções

Produtor de Soja - preenchimento de dados primários

Identificação do produtor:	CNPJ/CPF:	Informações gerais					Tipo de preenchimento	
		Sistema de plantio	Área total	Produção Total (base úmida)	Quantidade comprada pela unidade produtora de biocombustível (base úmida)	Umidade da soja	Tipo de dados fornecidos	Calcário
			ha	t soja	t soja	%		
Produtor Hipotético 1	000.000.000-00	Direto	0,00	0,00	0,00	0,00%	Primário	0

← →

DADOS_AGRICOLAS_PRIMARIOS_SOJA DADOS_AGRICOLAS_PADRAO_SOJA

Figura 2. Imagem da aba de dados agrícolas primários e padrão da RenovaCalc.

Na Fase Industrial, é possível o preenchimento unicamente com dados primários referentes aos processos de produção intermediários e final. No caso da rota de etanol de melaço de soja, a Fase Industrial foi dividida em duas etapas. A primeira é relacionada ao processamento dos grãos de soja para a obtenção de óleo, farelo, concentrado proteico, casca, lecitina e melaço, como apresentado na Figura 3. A segunda etapa corresponde à obtenção do etanol hidratado a partir do

melaço de soja, como mostra a Figura 4. Vale destacar que outros subprodutos, tais como ácidos graxos, tocoferol, derivados do processamento da soja, e óleo fúsel, resultante da produção de etanol, foram desconsideradas na calculadora, já que a sua massa é negligenciável para efeito dos cálculos da intensidade de carbono do etanol.

Caso a usina compre melaço de soja de terceiros para a produção de etanol, a intensidade de carbono desse melaço deverá ser informada. Para isso, basta a usina preencher com os dados de produção desse melaço de terceiros, fase agrícola e industrial, e buscar o valor automaticamente calculado pela RenovaCalc.

Por fim, na Fase de Distribuição, a informação solicitada corresponde ao sistema logístico de distribuição de cada fração dos biocombustíveis comercializados. Os sistemas logísticos disponíveis na calculadora são: a) Rodoviário (sistema padrão adotado pela RenovaCalc, caso o usuário não disponha de informações específicas para o seu biocombustível); b) Dutoviário; c) Ferroviário; d) Marítimo (apenas para o etanol de milho importado) (Matsuura *et al.* 2018).

Fase industrial - produção de melaço		
Processamento e rendimentos		
Processamento efetivo - soja	t soja	Umidade <input type="text" value="10,00%"/>
Distância de transporte - soja	km	
Rendimento Óleo	kg/t soja	
Rendimento Farelo	kg/t soja	
Rendimento de concentrado protéico	kg/t soja	
Rendimento de melaço (75* Erix)	kg/t soja	
Rendimento de casca de soja	kg/t soja	
Rendimento de lecitina de soja	kg/t soja	
Combustíveis e eletricidade		
Eletricidade da rede - mix médio	kWh/t soja	
Eletricidade - PCH	kWh/t soja	
Eletricidade - biomassa	kWh/t soja	
Eletricidade - eólica	kWh/t soja	
Eletricidade - solar	kWh/t soja	
Diesel - B10	L/t soja	
Diesel - B11	L/t soja	
Diesel - B12	L/t soja	
Diesel - BX	L/t soja	
Diesel - BX	L/t soja	
Diesel - BX	L/t soja	
Diesel - BX	L/t soja	
Biodiesel - B100	L/t soja	
Óleo combustível	L/t soja	
Biogás de terceiros	Nm ³ /t soja	Teor de biodiesel na mistura <input type="text"/>
Biogás próprio	Nm ³ /t soja	Teor de biodiesel na mistura <input type="text"/>
Gás natural	Nm ³ /t soja	Teor de biodiesel na mistura <input type="text"/>
		Teor de biodiesel na mistura <input type="text"/>
		PCI do biogás <input type="text"/> MJ/Nm ³
		PCI do biogás <input type="text"/> MJ/Nm ³
Cavaco de madeira		
Quantidade (base úmida)	kg/t soja	
Umidade		
Distância de transporte	km	
Lenha		
Quantidade (base úmida)	kg/t soja	
Umidade		
Distância de transporte	km	
Resíduos florestais		
Quantidade (base úmida)	kg/t soja	
Umidade		
Distância de transporte	km	
Bagaço de cana		
Quantidade (base úmida)	kg/t soja	
Umidade		
Distância de transporte	km	
Falha de cana		
Quantidade (base úmida)	kg/t soja	
Umidade		
Distância de transporte	km	

Figura 3. Imagem da aba de dados consolidados da produção de melão de soja da RenovaCalc, com destaque aos campos de rendimento de produtos.

3.2. Métodos de cálculo para a incorporação da rota do etanol de melão de soja na RenovaCalc

Na RenovaCalc, os principais métodos para quantificar a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) são apresentados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) no v.4 “*Agriculture, Forestry and Other Land Use*” e no v.3 “*Industrial Processes and Product Use*” (IPCC, 2006 a, b, c, e). Quando fatores de emissão específicos para a região, a cultura e o processo de interesse estiverem disponíveis na literatura técnica e científica, estes poderão ser usados em substituição aos fatores de emissão padrão (“default”) publicados pelo IPCC (Matsuura et al., 2018).

A estimativa da Intensidade de Carbono, em $\text{g CO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}$, é realizada automaticamente pela RenovaCalc após o preenchimento dos dados solicitados, seguindo seis passos principais: i) adequação dos parâmetros de entrada ao fluxo de referência definido na ferramenta, i.e. tonelada de biomassa processada, e inserção dos “fluxos de entrada” no Inventário de Ciclo de Vida de cada rota de produção; ii) associação dos “fluxos de entrada” de inventário aos dados de emissões de GEE relacionadas à produção de insumos agrícolas e industriais, à geração de energia e à distribuição e uso do biocombustível; iii) consolidação de um inventário das emissões de GEE geradas nas Fases Agrícola, Industrial, de Distribuição e uso do biocombustível; iv) conversão das emissões de GEE para a unidade padrão “ $\text{g CO}_{2\text{eq}}$ ”, usando fatores de caracterização para cada gás, segundo o GWP100, AR5 do IPCC (IPCC, 2014); v) adequação do índice à unidade funcional (MJ de biocombustível); vi) cálculo da diferença da intensidade de carbono do biocombustível com o fóssil substituto, gerando a NEEA (Matsuura et al., 2018). A Figura 5 apresenta os campos onde é estimada a intensidade de carbono do etanol de melão de soja e a Nota de Eficiência Energético-Ambiental. Para processos à montante (e.g. produção de combustíveis, fertilizantes, insumos usados na Fase Industrial, etc) foram utilizadas informações de pegada de carbono provenientes da base de dadosecoinvent. Para efeitos alocação energética de cargas ambientais entre os diferentes produtos gerados no processamento da soja, dados do Poder Calorífico Inferior (PCI) foram tomados de Mourad e Walter (2011), Mandalawi et al. (2015), Rostagno et al. (2017) e van Passen et al. (2019).

Fase industrial - produção de etanol hidratado

Processamento e rendimentos

Consumo melão de soja 75o Brix (descontado açúcares corrente de saída) Fração elegível do melão próprio	Melão de soja próprio	L melão	Intensidade de Carbono média do melão	0,00	g CO ₂ eq/kg melão
Consumo melão de soja 75o Brix (descontado açúcares corrente de saída) Distância média de transporte - melão de soja Fração elegível do melão de terceiros	Melão de soja de terceiros	L melão km	Intensidade de Carbono média do melão	0,00	g CO ₂ eq/kg melão
Produção de etanol hidratado Produção de etanol anidro		L/t melão 75oBrix L/t melão 75oBrix			

Combustíveis e eletricidade

Detricidade da rede - mix médio		kWh/t melão			
Detricidade - PCH		kWh/t melão			
Detricidade - biomassa		kWh/t melão			
Detricidade - eólica		kWh/t melão			
Detricidade - solar		kWh/t melão			
Diesel - B10		L/t melão			
Diesel - B11		L/t melão			
Diesel - B12		L/t melão			
Diesel - BX		L/t melão			
Diesel - BX		L/t melão			
Diesel - BX		L/t melão			
Diesel - BX		L/t melão			
Diesel - BX		L/t melão			
Biodiesel - B100		L/t melão			
Óleo combustível		L/t melão			
Etanol hidratado próprio		L/t melão			
Biogás de terceiros		Nm ³ /t melão			
Biogás próprio		Nm ³ /t melão			
Gás natural		Nm ³ /t melão			
			Teor de biodiesel na mistura		
			Teor de biodiesel na mistura		
			Teor de biodiesel na mistura		
			Teor de biodiesel na mistura		
			PCI do biogás		MJ/Nm ³
			PCI do biogás		MJ/Nm ³

Cavaco de madeira

Quantidade (base úmida)		kg/t melão			
Umidade					
Distância de transporte		km			

Lenha

Quantidade (base úmida)		kg/t melão			
Umidade					
Distância de transporte		km			

Resíduos florestais

Quantidade (base úmida)		kg/t melão			
Umidade					
Distância de transporte		km			

Bagaço de cana

Quantidade (base úmida)		kg/t melão			
Umidade					
Distância de transporte		km			

Palha de cana

Quantidade (base úmida)		kg/t melão			
Umidade					
Distância de transporte		km			

Figura 4. Imagem da aba de dados consolidados da produção de etanol da RenovaCalc

RenovaCalc

RenovaBio
Instruções

Etanol combustível de primeira geração produzido a partir de melão de soja v.1

Nome da Usina: Usina Hipotética
 CNPJ: 00.000.000/0000-00
 Responsável pelo preenchimento:
 Telefone: (00) 0000-0000
 E-mail:

Etanol Anidro		Etanol Hidratado		Fóssil substituto: Gasolina
Intensidade de Carbono (g CO₂eq/MJ)	0,44	Intensidade de Carbono (g CO₂eq/MJ)	80,44	87,40
Melão de Soja - agrícola	0,00	Melão de Soja - agrícola	65,95	
Melão de Soja - industrial	0,00	Melão de Soja - industrial	2,44	
Melão de soja de terceiros	0,00	Melão de soja de terceiros	0,00	
Fermentação do melão	0,00	Fermentação do melão	9,37	
transporte	0,00	transporte	2,03	
uso	0,44	uso	0,66	
Nota de Eficiência Energético-Ambiental (g CO₂eq/MJ)	86,96	Nota de Eficiência Energético-Ambiental (g CO₂eq/MJ)	6,96	
Redução de emissões	99,50%	Redução de emissões	7,96%	

Figura 5. Imagem do cálculo da intensidade de carbono e da NEEA do etanol na RenovaCalc

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- i) A tecnologia agrícola e industrial de produção de etanol de melaço de soja foi considerada como desenvolvida e com informação disponível suficiente, que permitiu a construção da rota desse biocombustível para a posterior incorporação na RenovaCalc.
- ii) A inclusão da nova rota na RenovaCalc conseguiu aproveitar estruturas e informações já disponíveis para outras rotas, como a de produção de biodiesel de soja e de etanol de cana-de-açúcar, facilitando a implantação.
- iii) A inclusão da nova rota na RenovaCalc para a produção de etanol permitirá que novos produtores participem mais efetivamente da RenovaBio, contribuindo para o desenvolvimento mais sustentável do setor de biocombustíveis no país.

5. REFERÊNCIAS

ANP. Agência Nacional do Petróleo. **Nota Técnica RenovaCalc^{MD}**: Método e ferramenta para a contabilidade da Intensidade de Carbono de Biocombustíveis no Programa RenovaBio. [Rio de Janeiro, 2018]. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-e-audiencia-publica/2018/arquivos-consultas-e-audiencias-publicas-2018/cap-10-2018/cp10-2018_nota-tecnica-renova-calc.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2022.

BRASIL. Resolução N° 758, de 23 de novembro de 2018. Regulamenta a certificação da produção ou importação eficiente de biocombustíveis de que trata o art. 18 da Lei n° 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e o credenciamento de firmas inspetoras. **Diário Oficial da União**, 27 de nov. 2018.

CALDEIRÃO, L., et al. Utilização de Melaço de Soja para Obtenção de Bioetanol em Fermentação Estática. Em: V SIMPÓSIO DE BIOQUÍMICA E BIOTECNOLOGIA, agosto, 2015, Londrina. **Anais do V Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia**. São Paulo: Blucher, 2015.

CJ Selecta. **Melaço de Soja**. [Minas Gerais, 2022a]. Disponível em: <<https://www.cjselecta.com.br/melaco.html>>. Acesso em: 17 mai. 2022.

CJ Selecta. **Nutritional Typical Profile Soybean Molasses Ingredient for Animal Nutrition.** [Minas Gerais, 2022b]. Disponível em: <
https://www.cjselecta.com.br/documentos/Ficha_Tecnica_Melaco_de_Soja_Soybean_Molasses_Nutricional_Information.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2022.

HIRAKURI, M.H. et al. **Diagnóstico da Produção de Soja na Macrorregião Sojícola 5.** Londrina: Embrapa Soja, 2018, 121 p. (Embrapa Soja. Documentos, 405).

HIRAKURI, M.H. et al. **Diagnóstico da Produção de Soja na Macrorregião Sojícola 4.** Londrina: Embrapa Soja, 2019, 120 p. (Embrapa Soja. Documentos, 412).

HIRAKURI, M.H. et al. **Diagnóstico da Produção de Soja na Macrorregião Sojícola 1.** Londrina: Embrapa Soja, 2019, 114 p. (Embrapa Soja. Documentos, 423).

HIRAKURI, M.H. et al. **Diagnóstico da Produção de Soja na Macrorregião Sojícola 2 e 3.** Londrina: Embrapa Soja, 2020, 24 p. (Embrapa Soja. Documentos, 405).

MACHADO, R.P. **Produção de etanol a partir de melaço de soja.** 1999. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

MAMDALAWI, H.A. et al. Glycerin and lecithin inclusion in diets for brown egg-laying hens: Effects on egg production and nutrient digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v. 209, p. 145-156, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.07.019> .

MANDARINO, J.M.G., HIRAKURI, M.H., ROESSING, A.C. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos.** Londrina: Embrapa Soja, 2015, 42 p. (Embrapa Soja. Documentos, 171).

MATSUURA, M.I.S.F. et al. RenovaCalc: A calculadora do Programa RenovaBio. Em: VI CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, junho 2018, Brasília, DF. **Anais do VI Congresso Brasileiro Sobre Gestão do Ciclo de Vida.** Brasília, DF: IBICT/ABCV, 2018.

MELLO, B.S.; RODRIGUES, B.C.G.; DUDA, R.M.; SARTI, A. Uso do melaço de soja como substrato para a digestão anaeróbia/aeróbia em reator compartimentado. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 9543 2-95454, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n10-046>

MOURAD, A.L.; WALTER, A. The energy balance of soybean biodiesel in Brazil: a case study. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 5, n. 2, p. 185-197, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/bbb.278>

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: v. 1 general guidance and reporting.** Japan: IGES, 2006a. Em várias paginações.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: v. 2 energy.** Japan: IGES, 2006b. Em várias paginações.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: v. 3 industrial processes and product use.** Japan: IGES, 2006c. Em várias paginações.

ROSTAGNO, H.S., et al. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais.** Viçosa: Departamento de Zootecnia, 2017. p. 487.

SUGAWARA, E.T. **Comparação dos desempenhos ambientais do B5 etílico de soja e de óleo diesel, por meio da avaliação do ciclo de vida (ACV).** 2012. 242 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

VAN PASSEN, M., et al. **Agri-footprint 5.0. Part 1: Methodology and basic principles.** Gouda: Blonk Consultants, 2019. p. 42.