

# SAF: regulamentação e rotas tecnológicas

Fábio da Silva Vinhado

*Superintendente Adjunto de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos*

*15 de Agosto de 2024*



## Atribuições da ANP

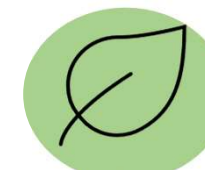
Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997 – “Lei do Petróleo”



Promover a **regulação, fiscalização** e contratação das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis;

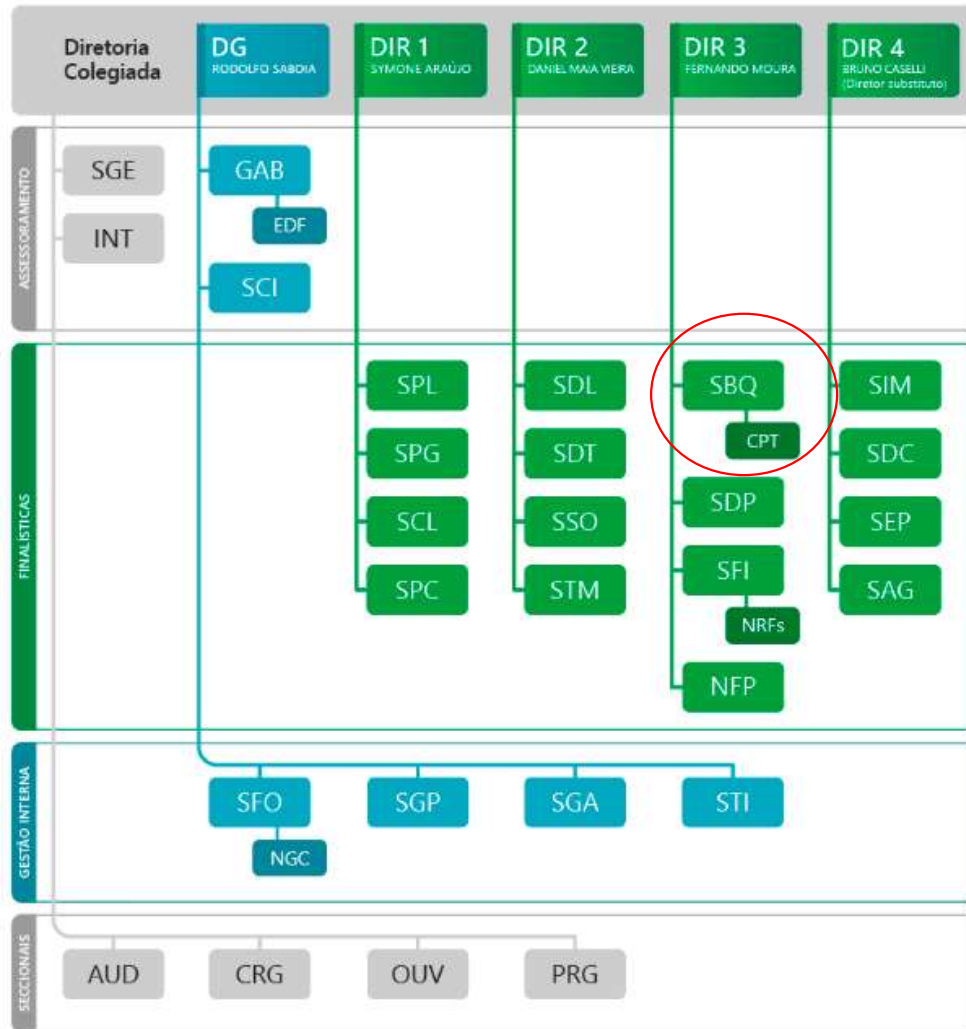


Implementar, em sua esfera de atribuições, a política nacional de petróleo, gás natural e biocombustíveis... na **proteção dos interesses dos consumidores quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos;**



Fazer cumprir as boas práticas de conservação e uso racional do petróleo, gás natural, seus derivados e **biocombustíveis e de preservação do meio ambiente.**

# Organograma ANP



## Algumas das competências da SBQ e do CPT

- propor a regulamentação das atividades relacionadas à qualidade do petróleo e seus derivados, gás natural e seus derivados, biocombustíveis e outros combustíveis não especificados, incluindo a definição de suas especificações;
- realizar pesquisas nas áreas da qualidade dos produtos regulados;
- executar programas governamentais relacionados ao cumprimento das metas de acordos climáticos a partir do uso de biocombustíveis, em especial o disposto na Política Nacional de Biocombustíveis;
- realizar análises físico-químicas de derivados de petróleo, gás natural e seus derivados, e biocombustíveis;
- avaliar e propor a adoção de especificações e metodologias internacionais de análise de derivados de petróleo e gás natural e de biocombustíveis na regulação produzida pela ANP

## PL 528/2020 (PL Combustível do Futuro)



*Art. 8º A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP estabelecerá os valores das emissões totais equivalentes por unidade de energia computados no ciclo do poço à queima de cada rota tecnológica de produção de SAF, para fins de contabilizar a descarbonização em face ao querosene de aviação fóssil.*

*Parágrafo único. A ANP deverá observar, além do disposto na Política Nacional de Biocombustíveis, as seguintes diretrizes na elaboração da análise do ciclo do poço à queima:*

*I - o reconhecimento da importância do aproveitamento do SAF produzido e utilizado no País para o cumprimento de compromissos internacionais de descarbonização pelos operadores aéreos; e*

*II - a busca pelo alinhamento metodológico à Organização de Aviação Civil Internacional em relação aos requisitos de elegibilidade e de certificação para o SAF.*

### ANEXO

#### PERCENTUAL ANUAL MÍNIMO DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA - GEE EM OPERAÇÕES DOMÉSTICAS PELOS OPERADORES AÉREOS

Ano	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Percentual mínimo de redução das emissões de GEE	1%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%

## Definições

- ❖ JET-A: querosene de aviação de origem fóssil, com ponto de congelamento máximo de - 40°C, destinado exclusivamente ao consumo em turbinas de aeronaves (Resolução ANP 856/2021).
- ❖ JET-A1: querosene de aviação de origem fóssil, com ponto de congelamento máximo de - 47°C, destinado exclusivamente ao consumo em turbinas de aeronaves (Resolução ANP 856/2021).
- ❖ Querosene de aviação C (JET-C): combustível destinado exclusivamente ao consumo em turbinas de aeronaves, composto de um único tipo de JET alternativo misturado ao JET A ou ao JET A-1 nas proporções definidas na RANP 856/2021.
- ❖ Querosene de aviação alternativo (JET alternativo): combustível derivado de fontes alternativas, como biomassa, óleos vegetais, gordura animal, gases residuais, resíduos sólidos, carvão e gás natural, produzido pelos processos que atendam à RANP 856/2021.

## Definições

- ❖ Combustível sustentável de aviação (SAF): combustível alternativo ao combustível aeronáutico de origem fóssil, produzido a partir de quaisquer matérias-primas e processos que atendam a padrões de sustentabilidade, conforme definição da Organização de Aviação Civil Internacional (International Civil Aviation Organization - ICAO), que possa ser utilizado puro ou em mistura com o combustível de origem fóssil, conforme as especificações técnicas das normas aplicáveis, e que promova benefícios ambientais quando considerado o seu ciclo de vida completo (PL 528/2020).
- *Sustainable aviation fuels (SAF) are renewable or waste-derived aviation fuels that meets sustainability criteria (reference: Annex 16 Volume IV - ICAO).*
- ❖ Bioquerosene de aviação: substância derivada de biomassa renovável que pode ser usada em turborreatores e turbopropulsores aeronáuticos ou, conforme regulamento, em outro tipo de aplicação que possa substituir parcial ou totalmente combustível de origem fóssil (Lei 9.478/1997)

# Especificações dos querosenes de aviação

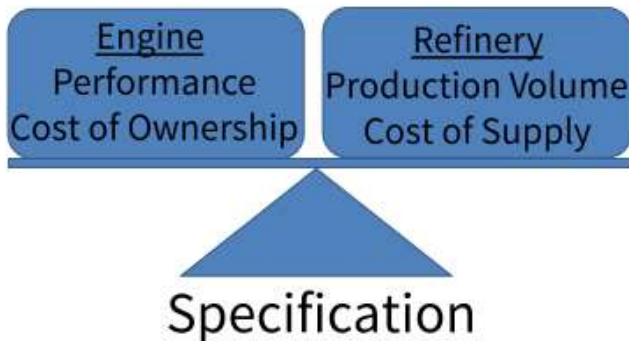
- ✓ Definição dos parâmetros técnicos que garantem a adequação ao uso.
- ✓ Necessidade de uma harmonização em nível internacional
- ✓ Evolução histórica dos parâmetros e normas técnicas



- ASTM D1655 – Jet A/A-1 e co-processamento
- ASTM D7566 – SAFs
- ASTM D4054 – Novos SAFs



- Def Stan 91-091 – Jet A-1



- RANP 856/2021



# Resolução ANP 856/2021



*Estabelece as especificações do querosene de aviação JET A e JET A-1, dos querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C (JET C), bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional.*

## **Principais grupos de parâmetros exigidos pela RANP 856/2021:**

### **Tabela I - Especificação do JET A, do JET A-1 e do JET C**

26 parâmetros físicos químicos divididos entre as seguintes propriedades:

Aparência, Composição, Volatilidade, Fluidez, Combustão, Corrosão, Estabilidade, Contaminantes, Condutividade, Lubricidade, Aditivos

### **Tabela II - Requisitos adicionais da especificação do JET C.**

Requisitos Adicionais de Composição (Aromáticos), Volatilidade, Lubricidade e Fluidez (Viscosidade a -40 °C)

### **Tabela III - Requisitos adicionais da especificação do JET A e do JET A-1 formulado a partir do coprocessamento.**

Requisitos adicionais de Estabilidade e Fluidez

### **Tabela IV, V, VI, VII, VIII e IX - Especificação dos querosenes de aviação alternativos SPK-FT e SPK-HEFA, SIP, SPK/A, SPK-ATJ, CHJ, HC-HEFA.**

Composição, Volatilidade, Fluidez, Estabilidade, Contaminantes, Aditivos, Composição de Hidrocarbonetos e não Hidrocarbonetos



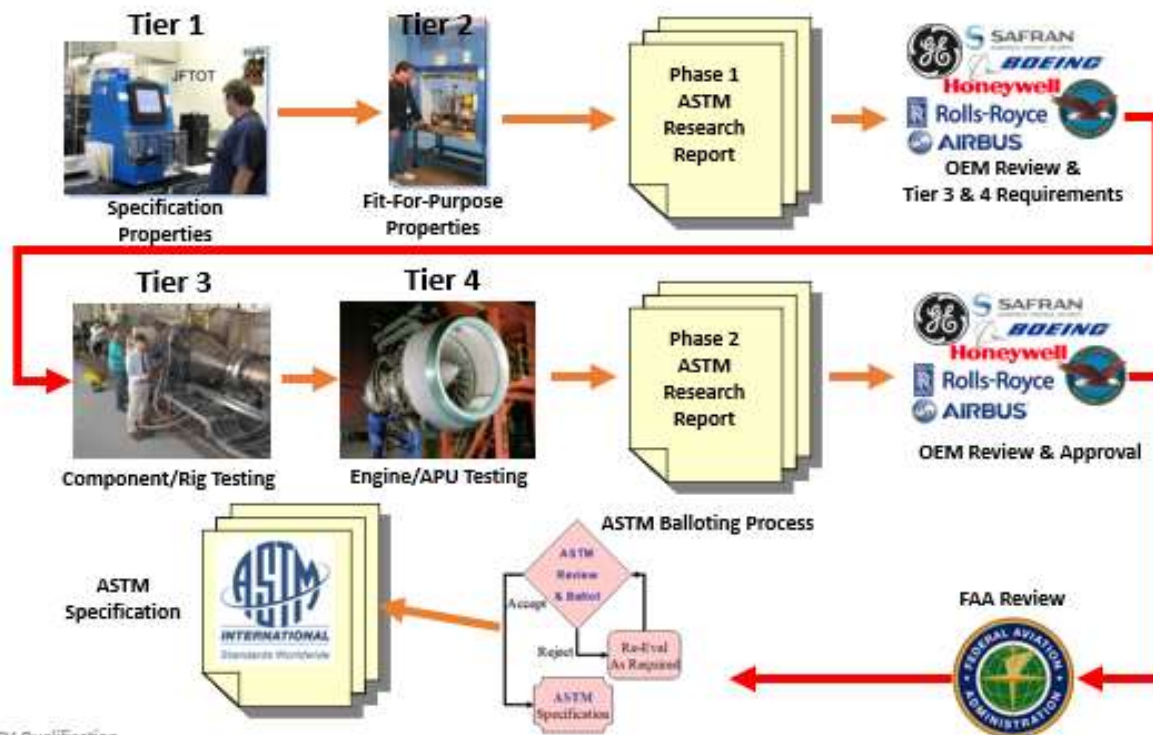
# Aprovação de um novo combustível de aviação



Designation: D4054 – 23

ASTM  
D02J0 – Aviation Fuels

Standard Practice for  
Evaluation of New Aviation Turbine Fuels and Fuel  
Additives<sup>1</sup>



- Tier 1 – Especificação (ASTM D1655)
- Tier 2 – Fit for Purpose  
Composição química detalhada  
Avaliações de lubricidade  
Variação densidade com Temperatura  
Variação viscosidade com Temperatura  
Testes preliminares de compatibilidade (...)

- Tier 3 – Testes de compatibilidade  
Componentes metálicos  
Vedações  
Corrosão (...)

- Tier 4 – Testes de motores  
Resistência  
Desempenho  
Operabilidade

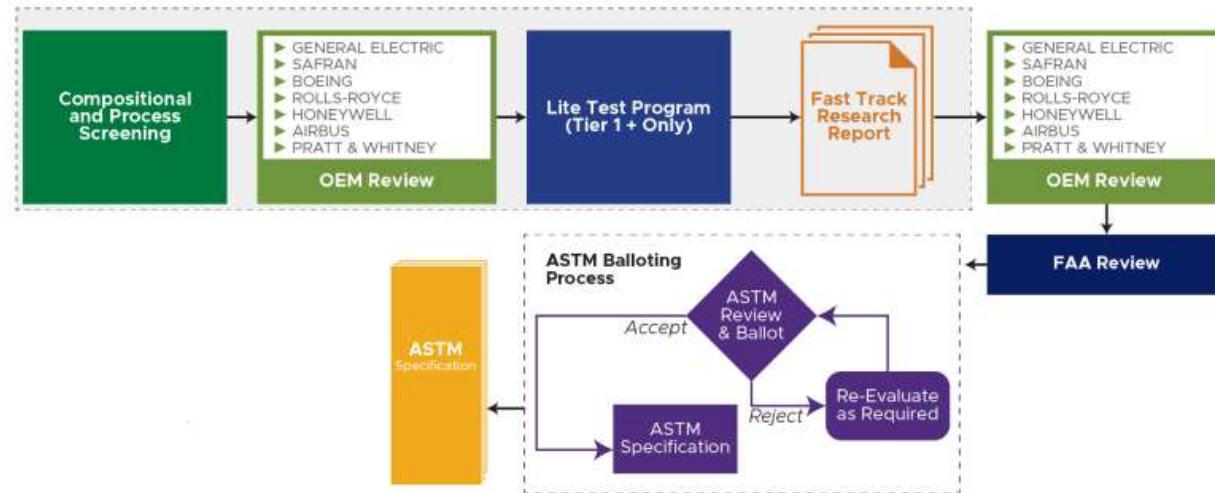
# Aprovação de um novo combustível de aviação

Valores aproximados de volume, tempo e custo para aprovar uma rota pela ASTM D4054

Tier	Volume gasto (L)	Tempo gasto (meses)	Custo (U\$)
1	40	6	50.000
2	40 - 400		
Rev OEMs	-	6 - 12	350.000
3	950 – 40.000	24 - 36	4.000.000
4	Até 850.000		
Rev e aprov OEMs	-	6 - 12	1.000.000

Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative (CAAFI) - 2019 contido em U.S. Depart of Energy, Sustainable Aviation Fuels – Review of Technical Pathways

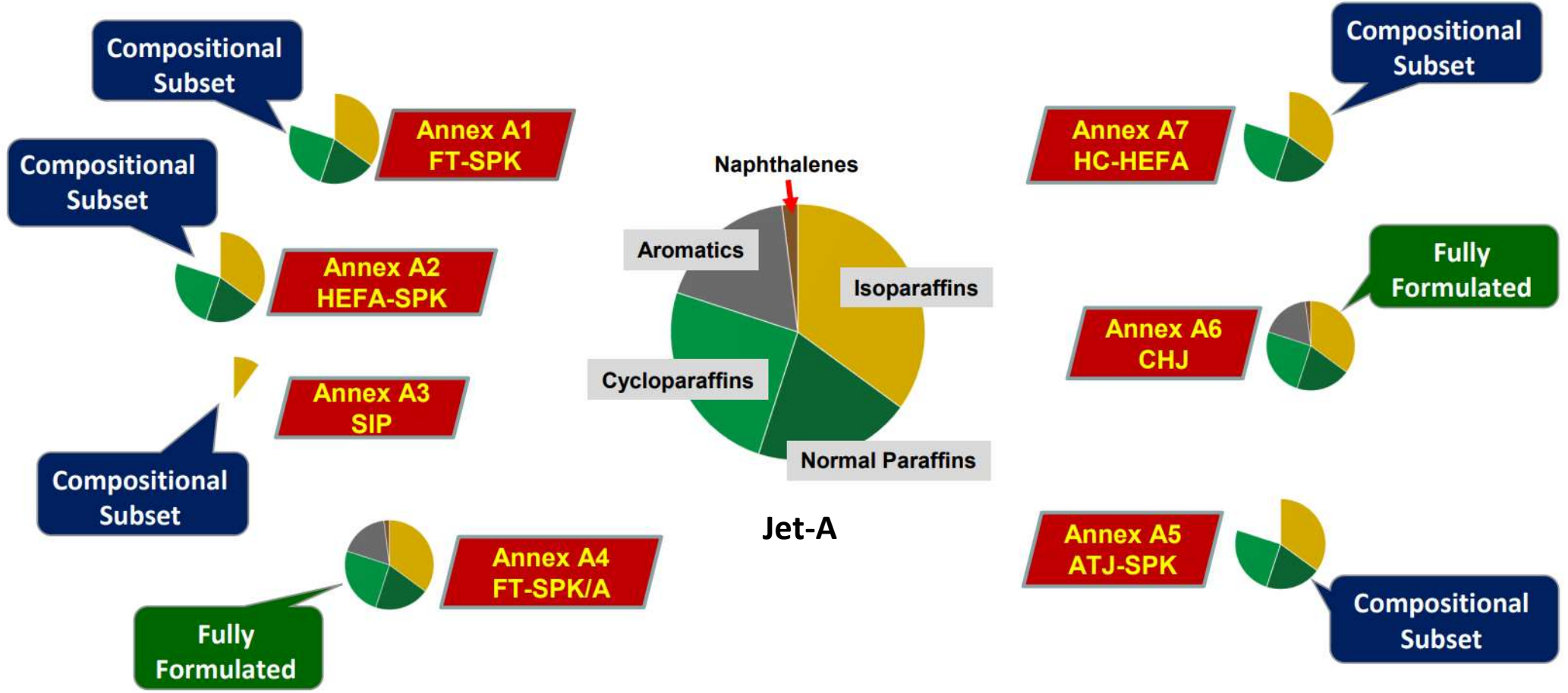
Fast track para aprovação de nova rota



Fast track é limitado a:

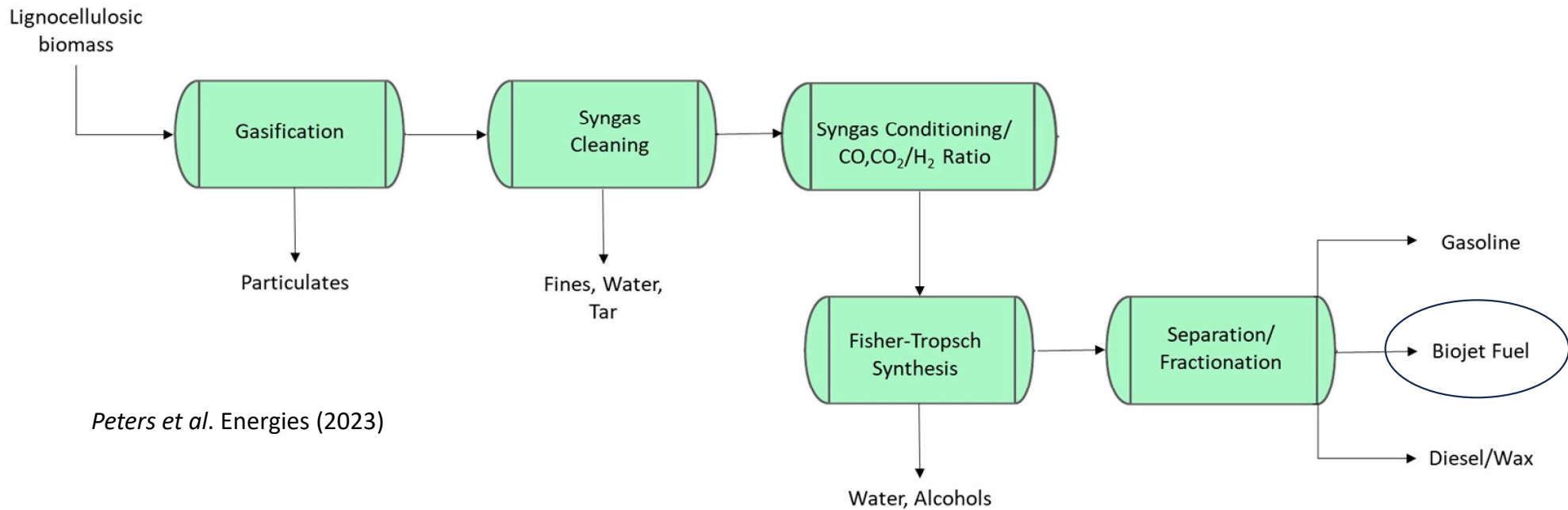
- Composição similar ao JET-A/JET-A1
- Para uso em misturas até 10% com JET-A/JET-A1

# Composições químicas típicas



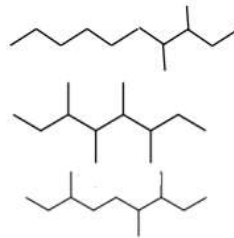
# SAF – Rotas tecnológicas aprovadas

## 1. Querosene parafínico hidroprocessado sintetizado pelo processo Fischer-Tropsch (SPK-FT) e contendo aromáticos (SPK/A)



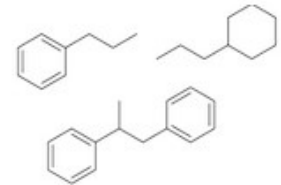
### SPK/FT

- Ano aprovação: 2009
- Blend: até 50%
- Composição típica: HCs parafínicos



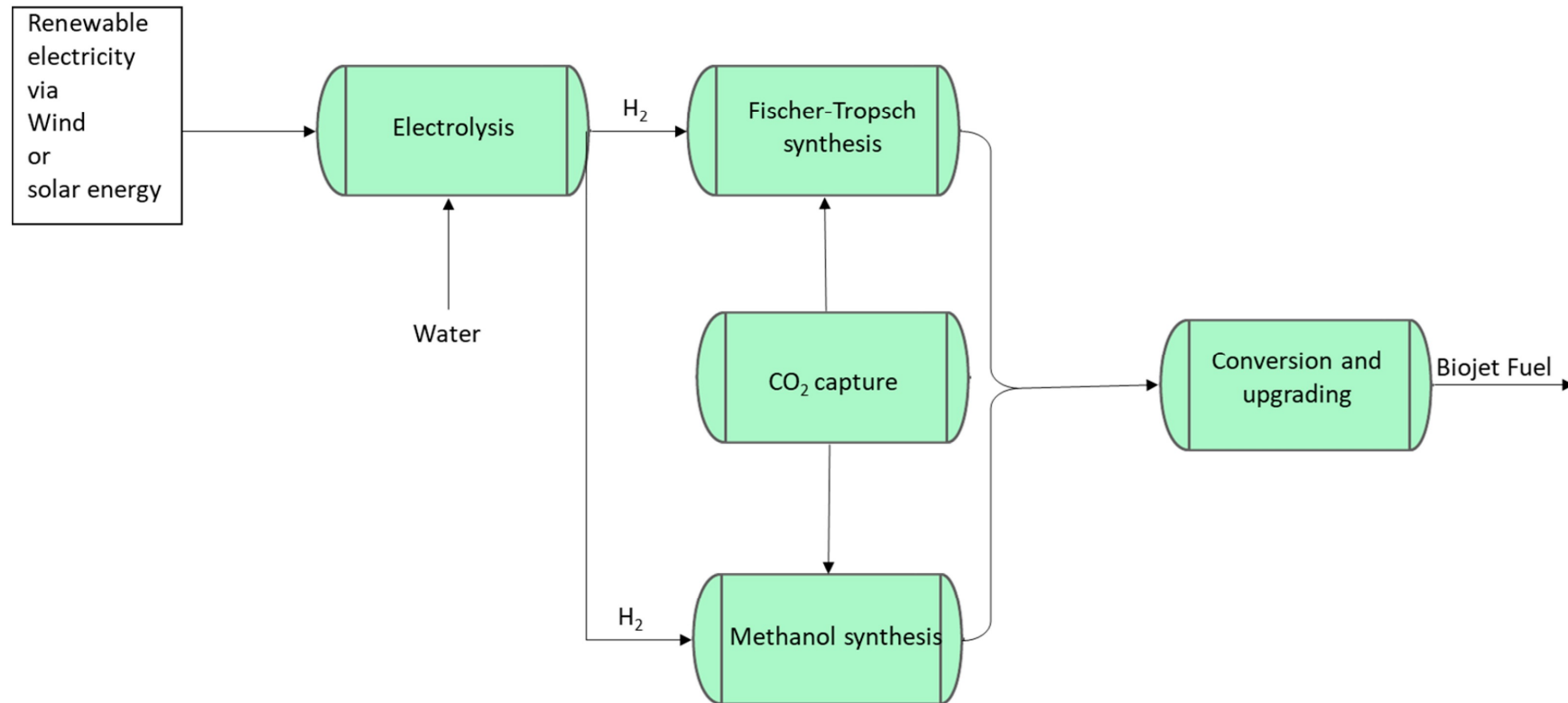
### SPK/A

- Ano aprovação: 2015
- Blend: até 50%
- Composição típica: HCs parafínicos e aromáticos



# SAF – Rotas tecnológicas aprovadas

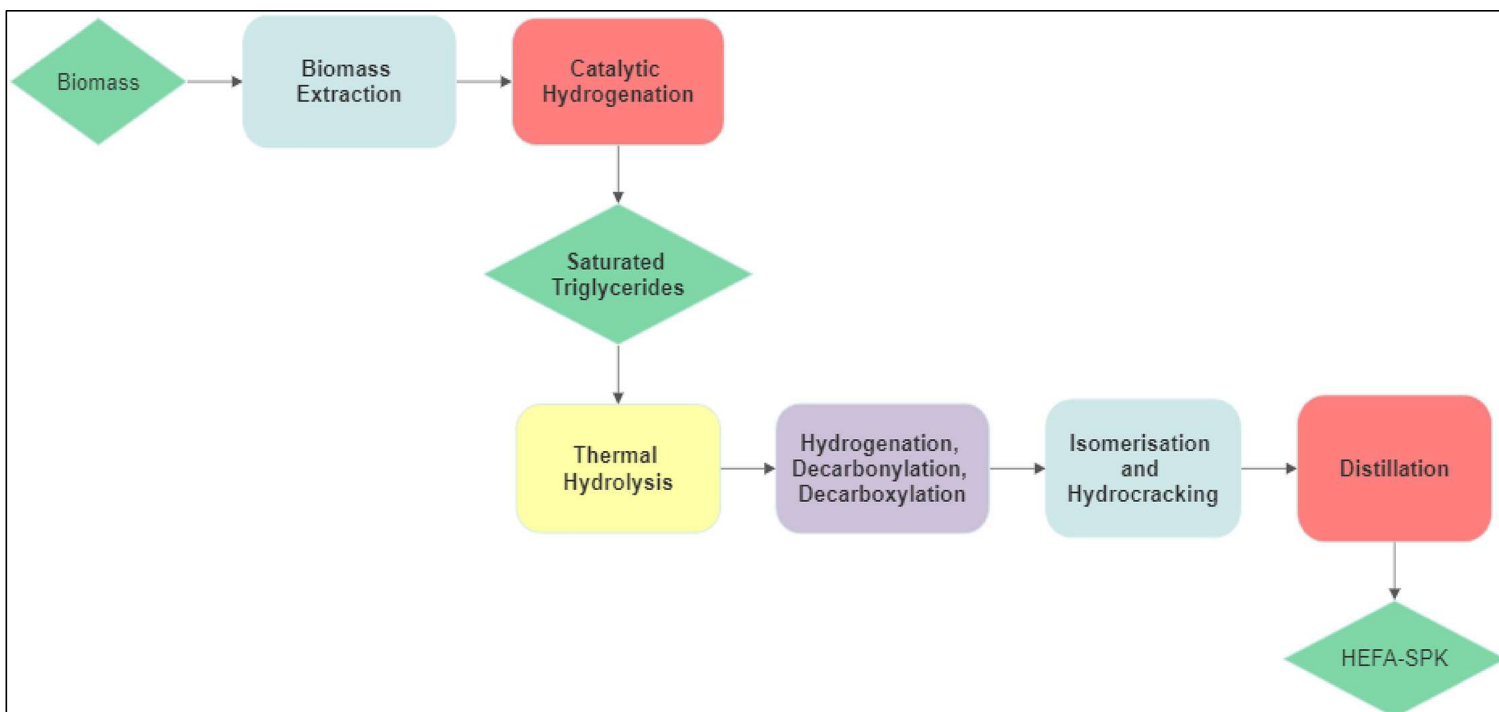
## Power to Liquids (PtL) High Energy Input Fuels (HEI Fuels)



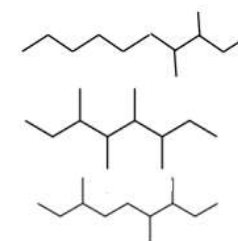
*Peters et al. Energies (2023)*

## SAF – Rotas tecnológicas aprovadas

### 2. Querosene parafínico sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (SPK-HEFA)

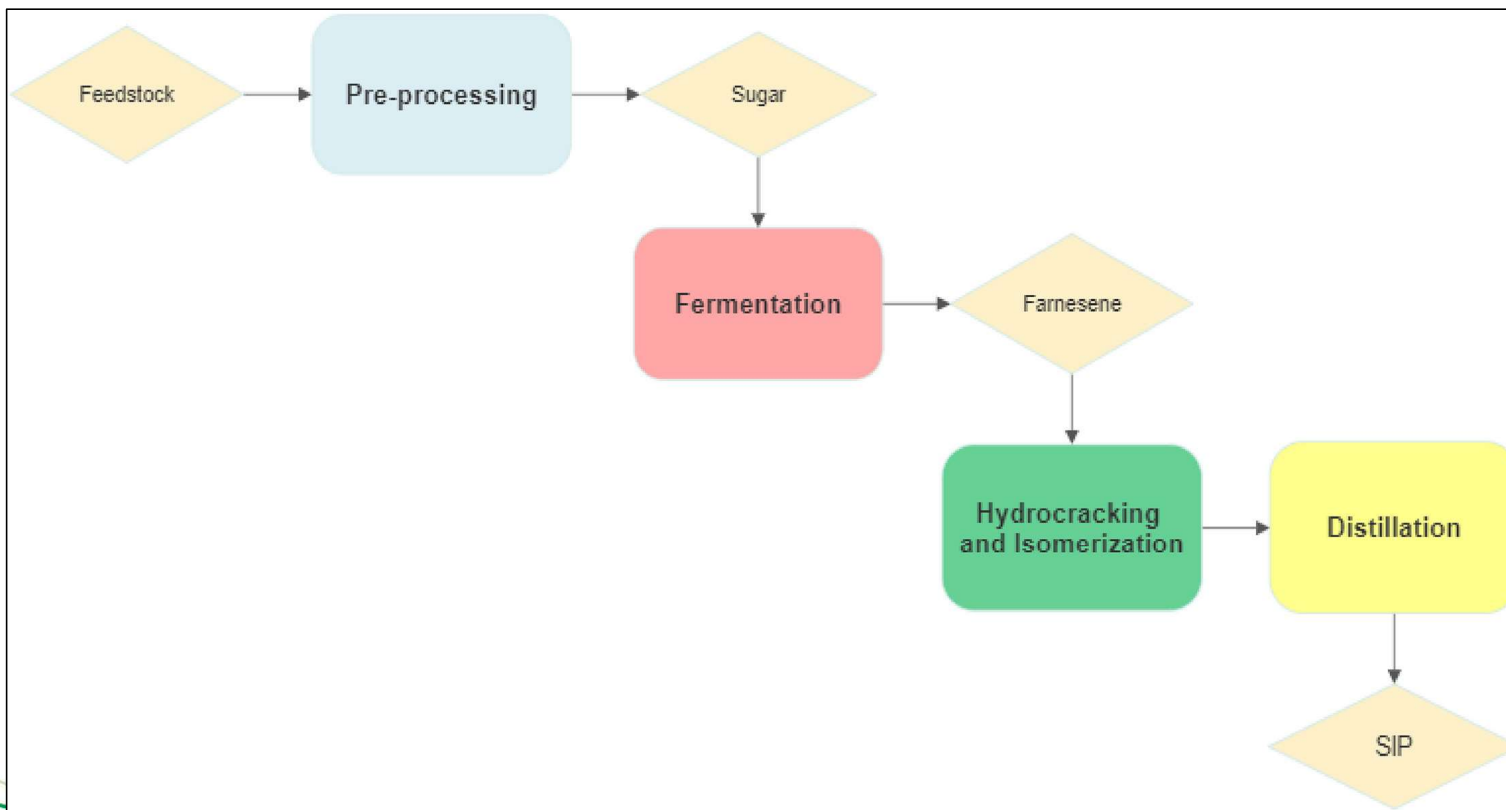


- Ano aprovação: 2011
- Blend: até 50%
- Composição típica: HCs parafínicos

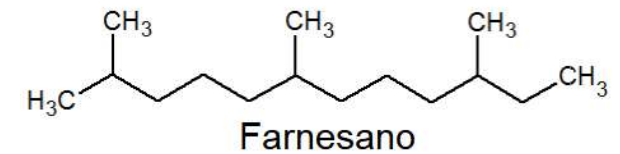


## SAF – Rotas tecnológicas aprovadas

### 3. Isoparafinas sintetizadas de açúcares fermentados e hidroprocessados (SIP)

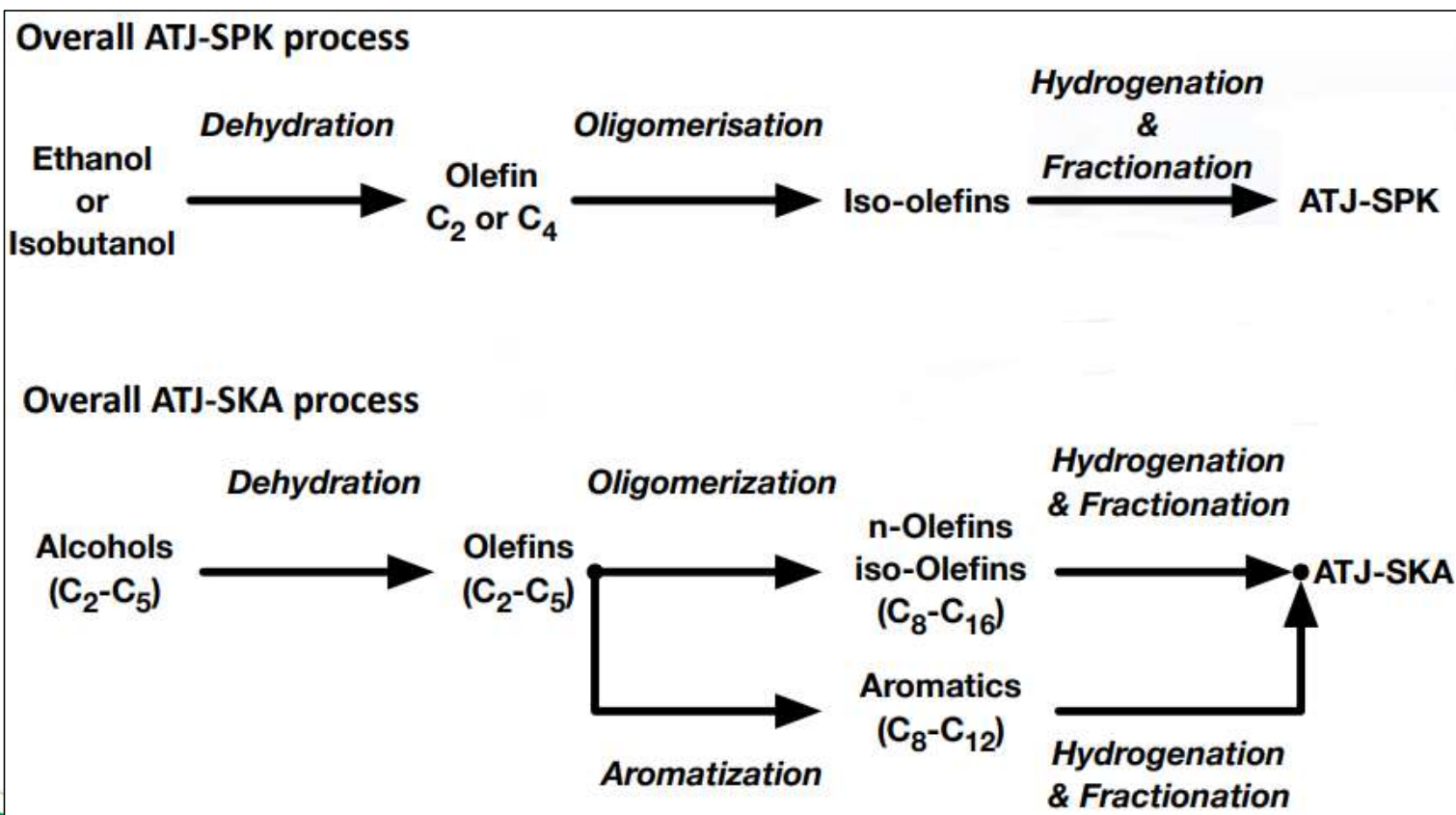


- Ano aprovação: 2014
- Blend: até 10%
- Composição: farnesano



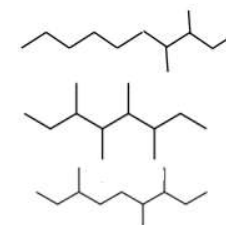
## SAF – Rotas tecnológicas aprovadas

### 4. Querosene parafínico sintetizado por álcool (SPK-ATJ) e querosene sintético com aromáticos (SKA-ATJ)



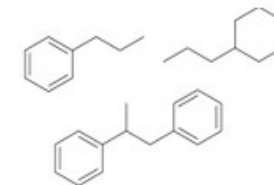
#### SPK-ATJ

- Ano aprovação: 2016
- Blend: até 50%
- Composição típica: HCs parafínicos



#### SKA-ATJ

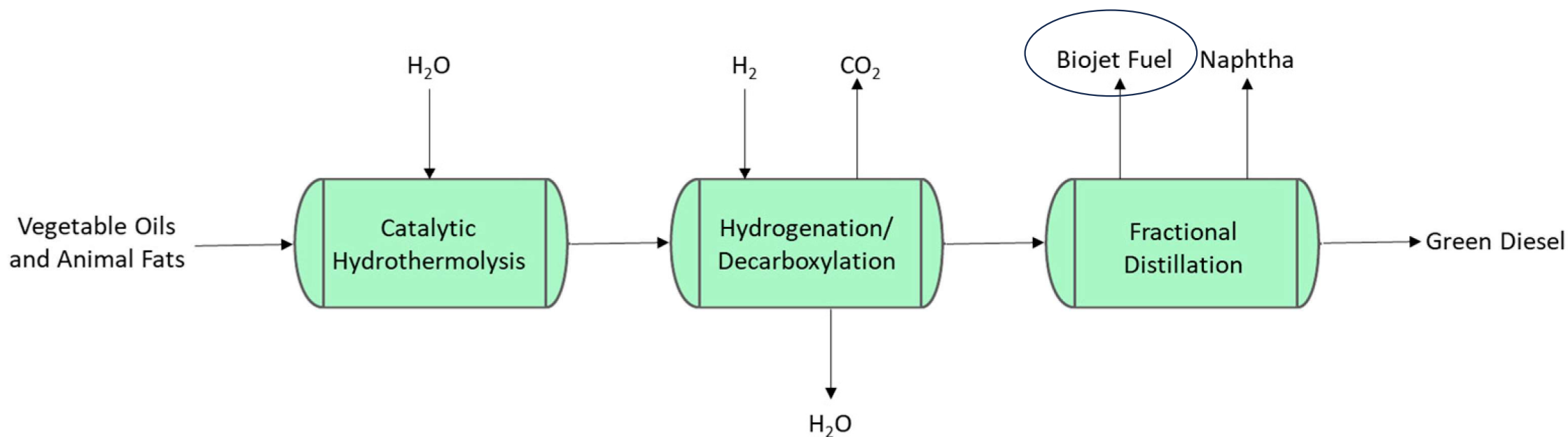
- Ano aprovação: 2023
- Blend: até 50%
- Composição típica: HCs parafínicos e aromáticos





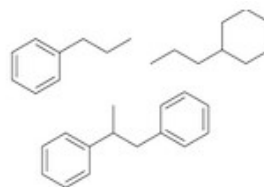
## SAF – Rotas tecnológicas aprovadas

### 5. Querosene de hidrotermólise catalítica (CHJ)



CHJ

- Ano aprovação: 2020
- Blend: até 50%
- Composição típica: HCs parafínicos e aromáticos



*Peters et al. Energies (2023)*

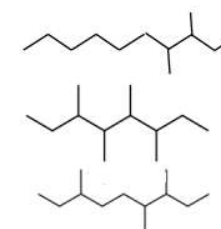
# SAF – Rotas tecnológicas aprovadas

## 6. SPK HC HEFA



HC HEFA

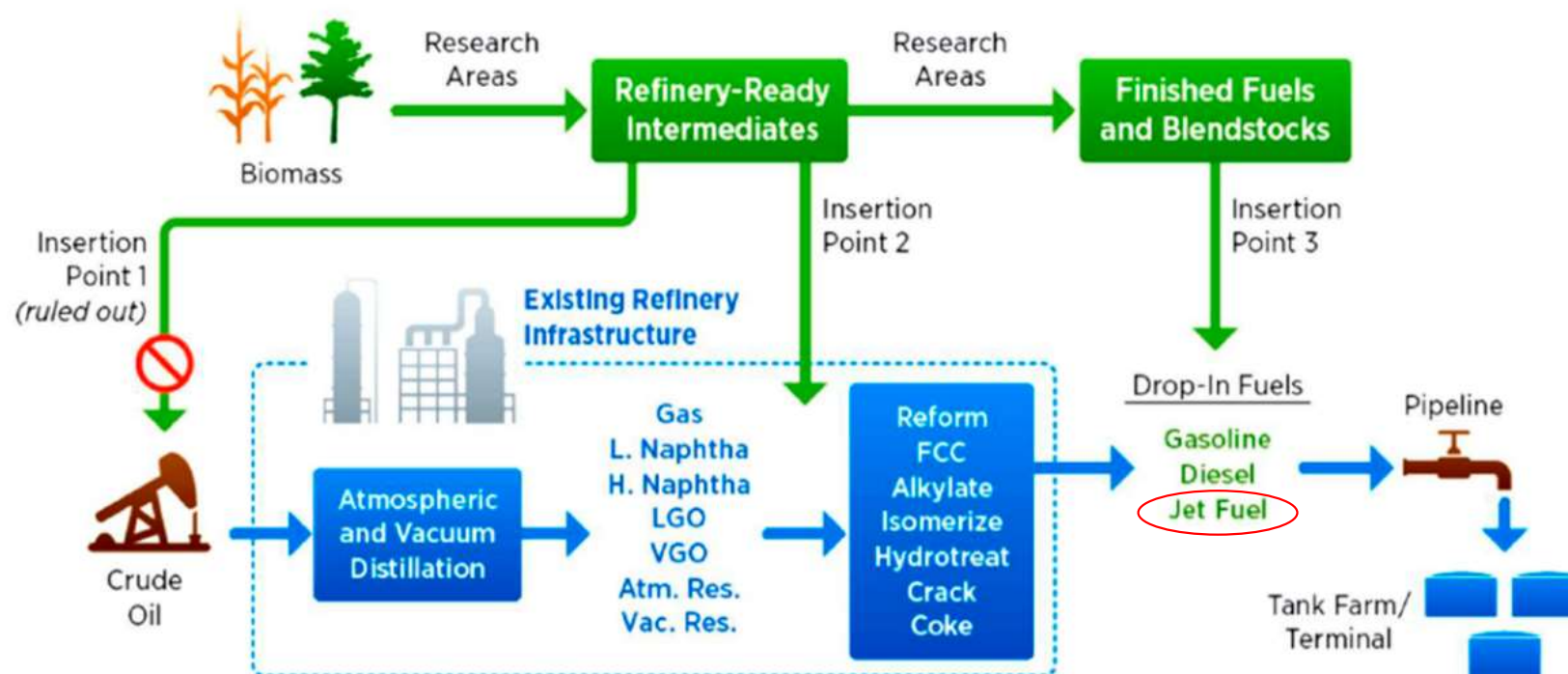
- Ano aprovação: 2020
- Blend: até 10%
- Composição típica: HCs parafínicos



# SAF – Rotas tecnológicas aprovadas

## Coprocessamento

Na produção de JET-A e JET-A1 é permitido coprocessamento de matéria prima convencional (fóssil) com algumas matérias-primas renováveis.



<https://europetro.com/media/2021/european-refiners-towards-renewable-fuels>

## Rotas tecnológicas aprovadas – quadro resumo



Rota	Matérias-primas	Blend, máx.	ASTM / ANP
SPK-FT	carvão, gás natural, biomassas, e energia elétrica/carbono sustentável	50 %	D 7566 – Anexo A1 RANP 856 – Tabela IV
SPK-HEFA	óleos vegetais, gorduras animais e óleo usado (UCO)	50 %	D 7566 – Anexo A2 RANP 856 – Tabela IV
SIP	açúcares	10 %	D 7566 – Anexo A3 RANP 856 – Tabela V
SPK/A	carvão, gás natural, biomassas, e energia elétrica/carbono sustentável	50 %	D 7566 – Anexo A4 RANP 856 – Tabela VI
SPK-ATJ	etanol e isobutanol de biomassa	50 %	D 7566 – Anexo A5 RANP 856 – Tabela VII
CHJ	óleos vegetais, gorduras animais e óleo usado (UCO)	50 %	D 7566 – Anexo A6 RANP 856 – Tabela VIII
SPK HC HEFA	microalga <i>Botryococcus braunii</i>	10 %	D 7566 – Anexo A7 RANP 856 – Tabela IX
SKA-ATJ	álcoois C2 – C5 de biomassa	50 %	D 7566 – Anexo A8

## Rotas tecnológicas aprovadas – quadro resumo Cont.



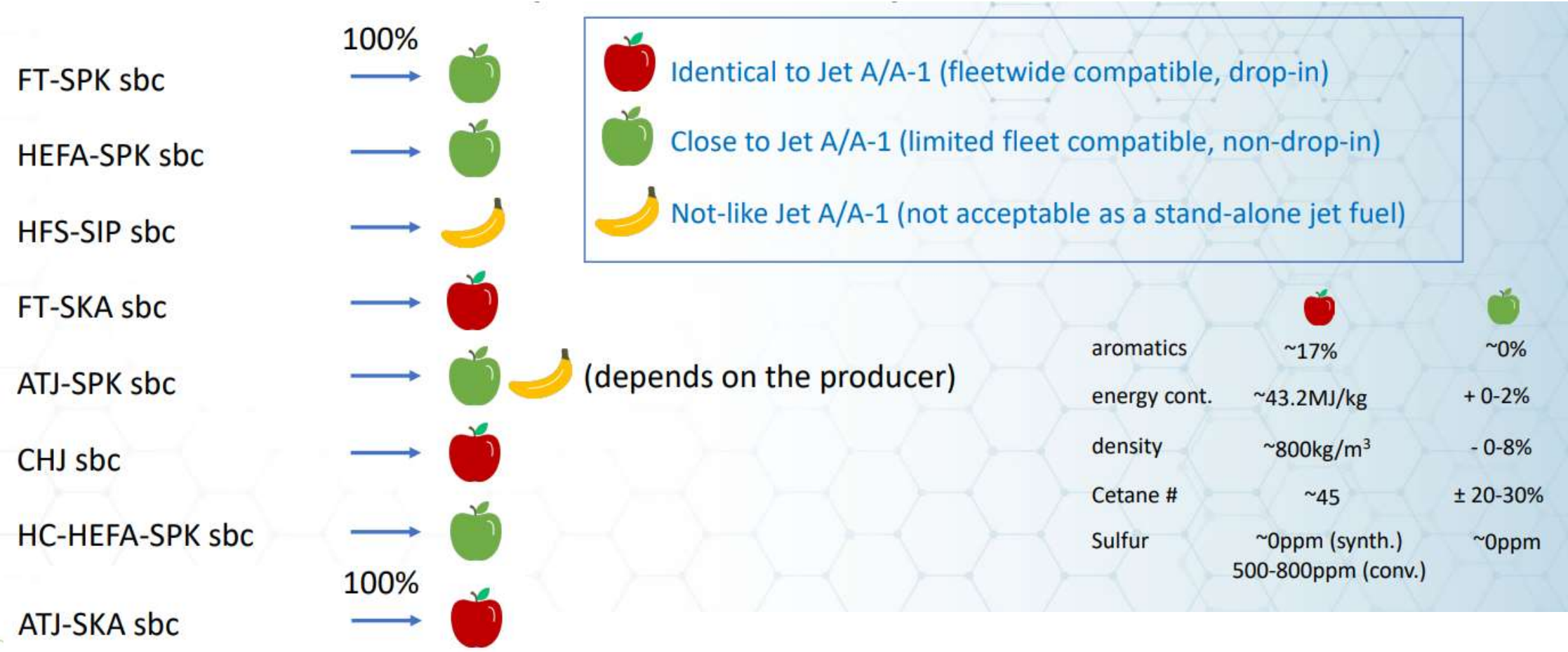
<b>Coprocessamento</b>	<b>Matérias-primas</b>	<b>Percentual máx.</b>	<b>ASTM / ANP</b>
Coprocessamento com óleos/gorduras	óleos vegetais, gorduras animais e óleo usado (UCO)	5 %	D 1655 – Anexo A1 RANP 856 – art. 3º, I
Coprocessamento com hidrocarbonetos produzidos via FT	carvão, gás natural, biomassas, e energia elétrica/carbono sustentável	5 %	D 1655 – Anexo A1 RANP 856 – art. 3º, II
Coprocessamento de HEFA*	HEFA	10 %	D 1655 – Anexo A1

\* O co-processamento pode ter até 24% de HEFA, mas essa corrente deve ser misturada com fóssil para obter uma mistura final com 10% de renovável.

## Rotas tecnológicas em testes

Fase	Rota	Matéria-prima	Líder Task Force
Testes Fase 2	Hydro-deoxygenation Synthetic Aromatic Kerosene (HDO-SAK)	Açúcares e celulósicos	Virent
Fase 1 – OEM review	High Freeze Point Hydroprocessed Esters and Fatty Acids Synthetic Kerosene (HFP HEFA-SK)	Óleos e gorduras	Boeing
	Integrated Hydropyrolysis and Hydroconversion (IH <sup>2</sup> )	Ligninocelulose	Shell
Testes Fase 1	Alcohol-to-Jet Synthetic Kerosene with Aromatics (ATJ-SKA)	Açúcares e celulósicos	Swedish Biofuels, Byogy
	Alcohol-to-Jet	Açúcares	Global Bioenergies

# Combustíveis *drop in* – perspectivas de uso de 100% SAF



## Perspectivas para testes e pesquisas

- ✓ Possibilidade de ASTM testar misturas de SAF como alternativa → Vôo 100% SAF da United Airlines com HEFA e SPK/A (Dez/21);
- ✓ Testes em curso com aeronaves usando 100 % SAF
- ✓ Avaliar criação de norma específica para 100% SAF
- ✓ SPK/A, CHJ e SKA-ATJ são rotas promissoras para 100% SAF;
- ✓ Desenvolvimento de outras rotas ou matérias-primas (ex: capturar o CO<sub>2</sub> da fermentação do etanol para produção de e-SAF).

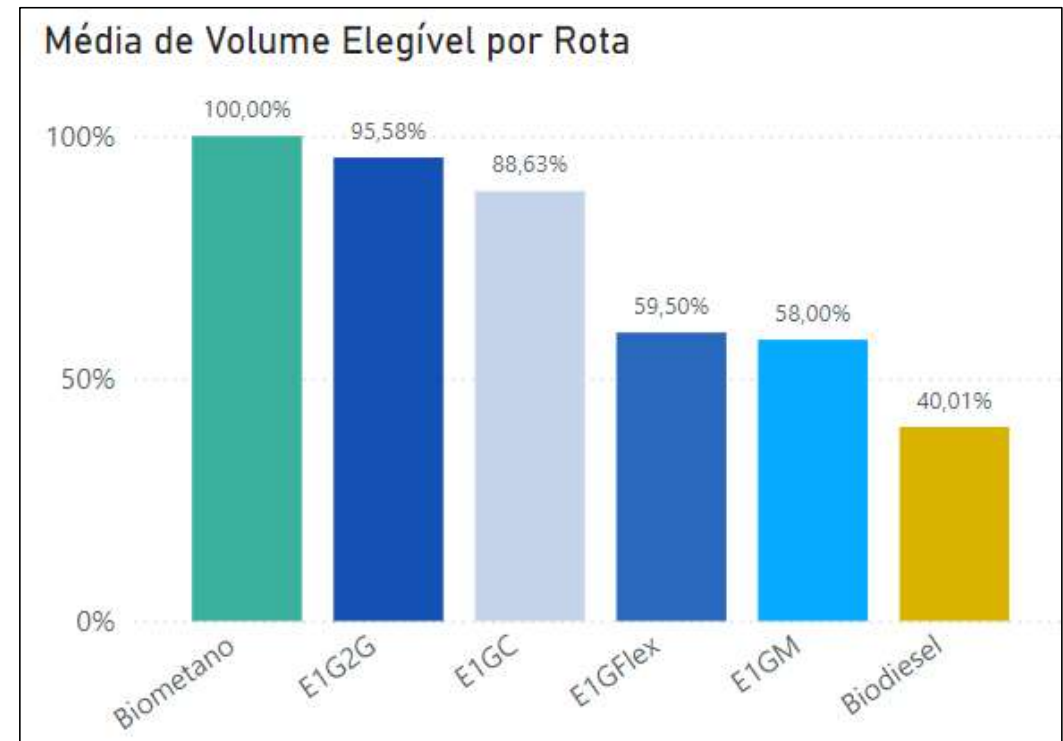
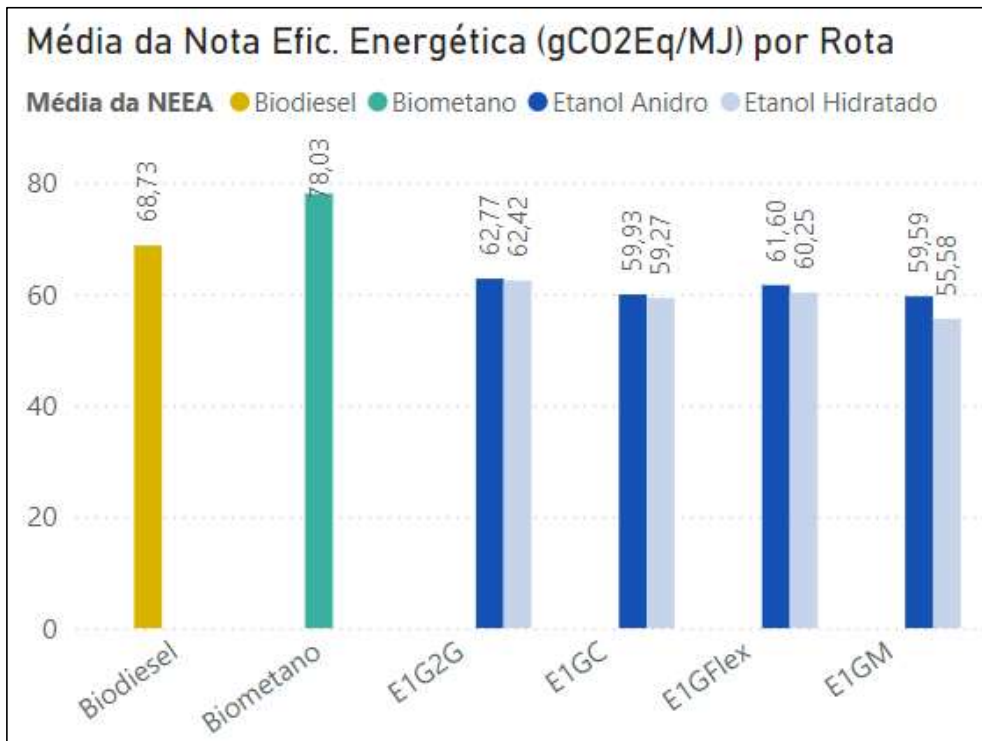


# Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) Resolução ANP 758/2018



Regulamenta a certificação da produção ou importação eficiente de biocombustíveis

Em revisão



# Resolução ANP 758/2018

Art. 4º da RANP 758:  
Rotas de produção de  
biocombustíveis aptas a obter o  
Certificado da Produção Eficiente  
de Biocombustíveis



**Biodiesel**



**Biometano**



**Combustíveis alternativos  
(rota HEFA)**



**Etanol combustível de primeira  
geração de  
cana-de-açúcar**



**Etanol combustível de primeira  
e segunda geração  
(usina integrada)**



**Etanol combustível de  
segunda geração**



**Etanol combustível de cana-de-  
açúcar ou milho (milho "flex")**



**Etanol combustível de milho**



**Etanol combustível importado  
produzido a partir de milho**

# RenovaCalc rota HEFA



RenovaCalc é a ferramenta de cálculo da intensidade de carbono de biocombustíveis, desenvolvida com base nas premissas metodológicas apresentadas no Anexo I.

<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/renovacalc>



Combustíveis alternativos sintetizados por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (HEFA) de soja

v.7

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

Bioquerosene		Gasolina alternativa		Diesel alternativo	
<b>Intensidade de Carbono (g CO<sub>2</sub>eq/MJ)</b>	<b>0,55</b>	<b>Intensidade de Carbono (g CO<sub>2</sub>eq/MJ)</b>	<b>2,73</b>	<b>Intensidade de Carbono (g CO<sub>2</sub>eq/MJ)</b>	<b>1,10</b>
agrícola	0,00	agrícola	0,00	agrícola	0,00
industrial - extração do óleo	0,00	industrial - extração do óleo	0,00	industrial - extração do óleo	0,00
industrial - transesterificação	0,00	industrial - transesterificação	0,00	industrial - transesterificação	0,00
transporte	0,00	transporte	0,00	transporte	0,00
uso	0,55	uso	2,73	uso	1,10
<b>Nota de Eficiência Energético-Ambiental (g CO<sub>2</sub>eq/MJ)</b>	<b>86,95</b>	<b>Nota de Eficiência Energético-Ambiental (g CO<sub>2</sub>eq/MJ)</b>	<b>84,67</b>	<b>Nota de Eficiência Energético-Ambiental (g CO<sub>2</sub>eq/MJ)</b>	<b>85,40</b>
Fóssil substituto: Querosene de aviação	87,50	Fóssil substituto: Gasolina A	87,40	Fóssil substituto: Diesel A	86,50
Redução de emissões	99,37%	Redução de emissões	96,87%	Redução de emissões	98,73%

**Obrigado!**

Superintendência de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos  
(SBQ)

[fvinhado@anp.gov.br](mailto:fvinhado@anp.gov.br)

