

5º Workshop Cenários Prospectivos para Uso de Energia em Transportes

O papel dos biocombustíveis na transição energética

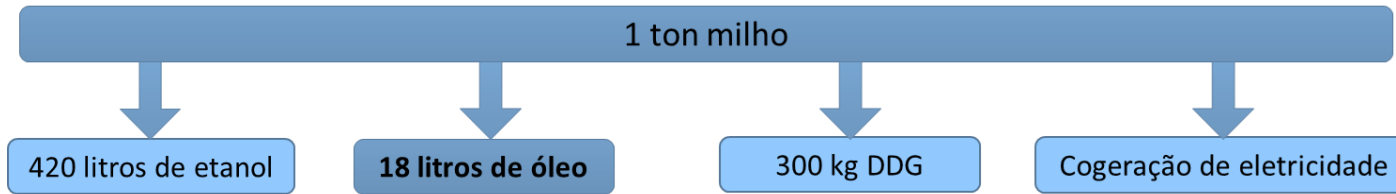
Mariane Gonzalez da Costa

Produção de biodiesel via rota enzimática

- ✓ Estudo de pré-viabilidade econômico-financeira e ambiental do aumento da escala da produção de biodiesel a partir do óleo residual da produção de etanol de milho via rota enzimática
- ✓ Integrar a produção de etanol de milho e de biodiesel
- ✓ TRL 3 – 4
- ✓ Estudo realizado pelo Laboratório de Transporte de Cargas
- ✓ Testes realizados no Centro de Pesquisas e Caracterização do Petróleo e Combustíveis - Coppecomb
- ✓ Estudo em parceria com a CESBRA



Produção de biodiesel via rota enzimática



- ✓ Rota enzimática em duas etapas
- ✓ Recuperação
 - ✓ Enzima
 - ✓ Álcool – metanol e/ou etanol
- ✓ Integração das produções → menor impacto no uso do solo



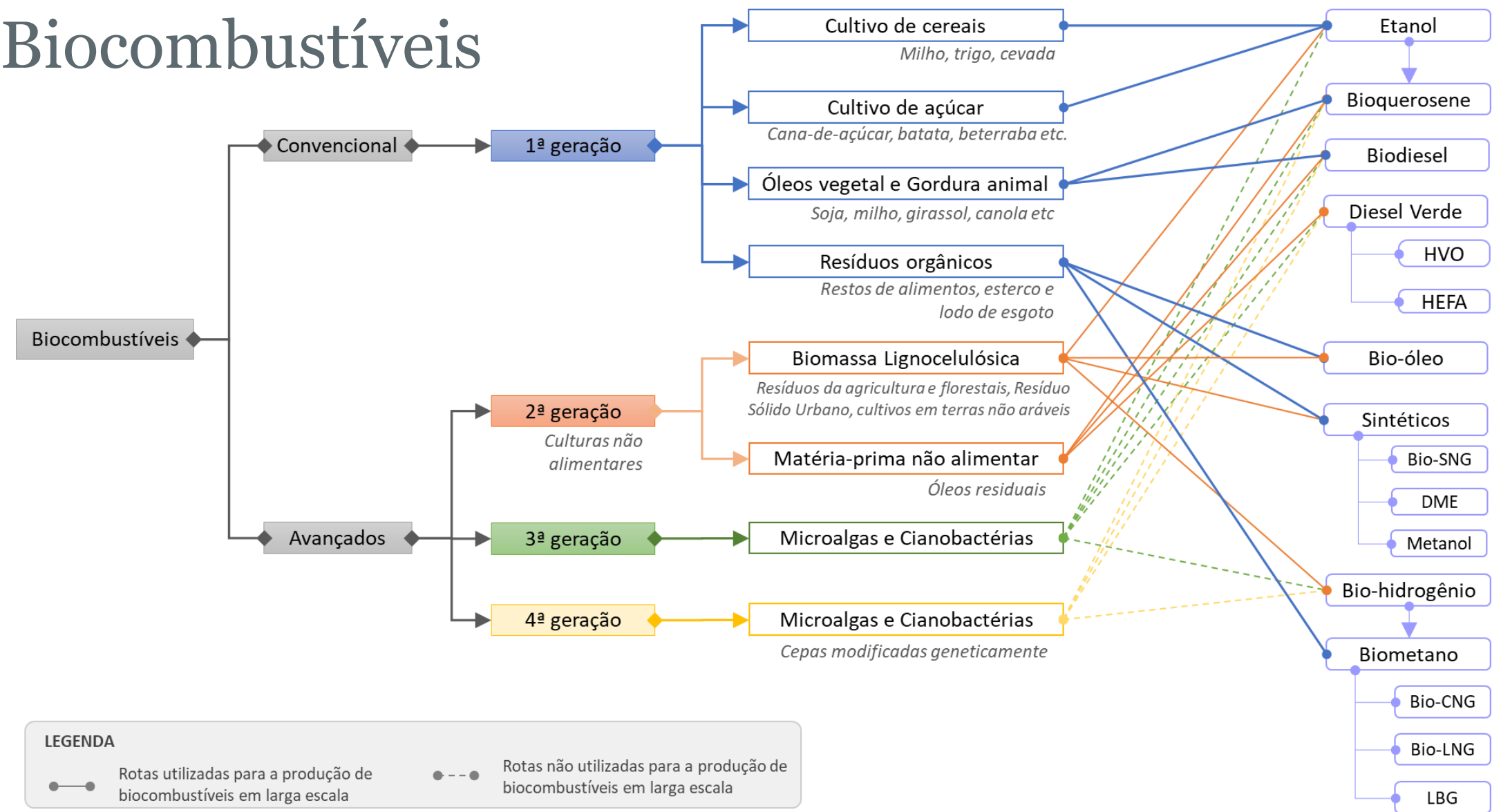
Não necessita de pré-tratamento do óleo residual



Custo da enzima



Biocombustíveis



Principais matérias-primas para a produção de biocombustíveis convencionais e avançados

Fonte: Elaborado pela autora, com base em (Carvalho et al., 2021; IEA, 2011; Maurya et al., 2021; Panoutsou et al., 2021; Sonthalia e Kumar, 2019)



Grau de maturidade tecnológica

TRL	Escala	Ambiente	Descrição
TRL 1	Teórica		Princípios básicos observados e reportados
TRL 2	Teórica		Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada
TRL 3	Analítica/ laboratorial	Simulado	Testes analíticos e/ou experimenta realizados
TRL 4	Laboratorial Teste de bancada	Simulado	Validação de produção da tecnologia em ambiente laboratorial, com proposição de rotas de reação.
TRL 5	Laboratorial Teste de bancada	Relevante	Validação de produção da tecnologia em laboratório. Aperfeiçoamento de técnicas. Regressão de dados para mecanismos cinéticos propostos.
TRL 6	Piloto	Relevante	Produtos validados e mecanismos cinéticos demonstrados em uma planta piloto, com baixa taxa de produção. Operação contínua.
TRL 7	Operação industrial	Relevante	Demonstração do protótipo do sistema em ambiente operacional com alta taxa de produção
TRL 8	Operação industrial	Operacional Alcance limitado	Processo de produção estabelecido e qualificado como tecnicamente praticável
TRL 9	Operação industrial	Operacional Alcance completo	Processo de produção comprovadamente técnica e economicamente viável

Níveis de Maturidade adaptados para a produção de biocombustíveis

Fonte: Elaboração própria com base em (Beims et al., 2019)



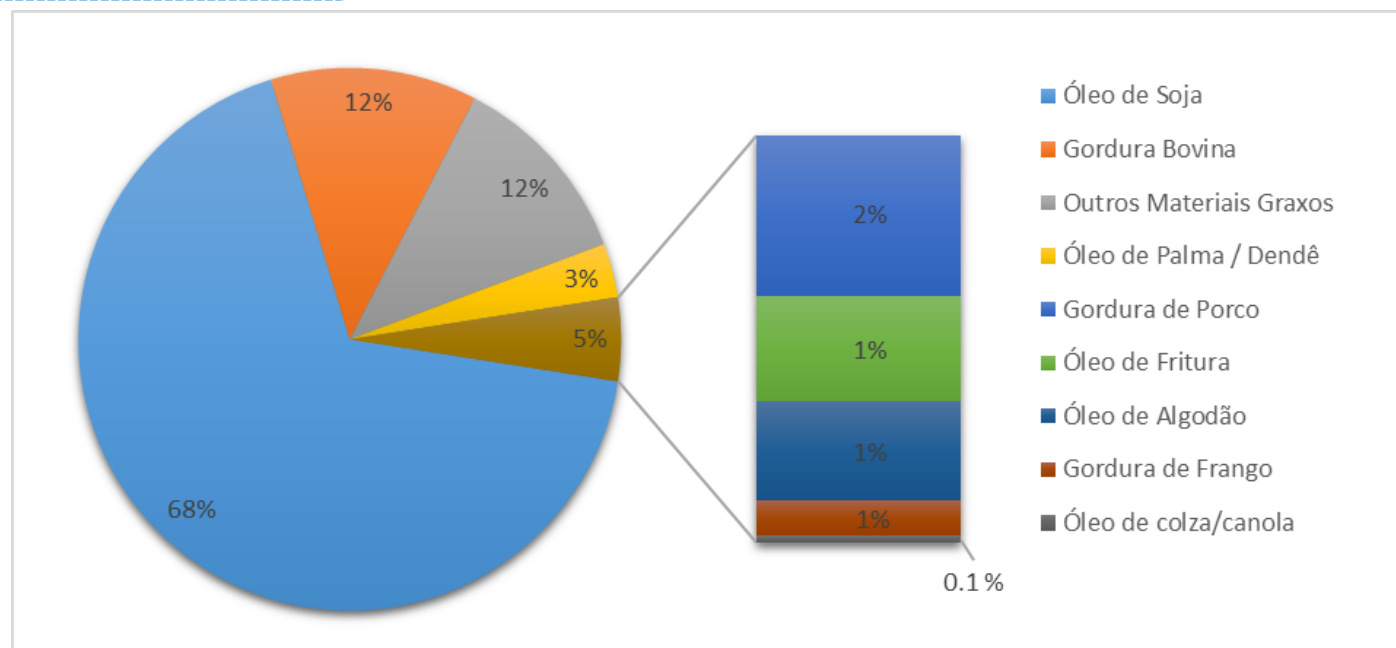
Matéria-prima	Rota/Processo de conversão	Tipo de Biocombustível	Uso em Transporte	TRL	Modo
Açúcar de cana-de-açúcar, beterraba, batata etc.	Fermentação	Etanol	Etanol Anidro: mistura a gasolina E5 e E10 (<i>drop-in</i>) e E27 (pequenas modificações no motor)	Comercial	Rodoviário e Aéreo
Amido de milho, trigo, cevada			Dedicado - <i>Flexible-fuel</i>		Rodoviário
Óleos Vegetais de soja, milho, girassol etc. Gordura animal	Transesterificação ou Esterificação	Biodiesel	Mistura com diferentes percentuais no diesel	Comercial	Rodoviário Ferroviário
Biomassa lignocelulósica - Resíduos da agricultura e florestais, Resíduo Sólido Urbano, cultivos em terras não aráveis	Hidrólise enzimática e fermentação	Etanol celulósico	Mistura a gasolina	8 - 9	Rodoviário e Aéreo
	Gaseificação + síntese catalítica	Bio-SNG, DME, Bio-Metanol	Misturas ao diesel, gasolina, bunker ou diretamente no motor (<i>dual-fuel</i>)	6 - 7	Rodoviário Ferroviário Aéreo e aquático
	Gaseificação + FT-BtL	FT-SPK	Mistura de até 50%	6 - 8	Aéreo
		FT-SPKA	Mistura de até 50%		Aquático
		Nafta, Diesel			
	Digestão anaeróbica + FT BioGtL	FT-SPK	Mistura de até 50%		Aéreo
		FT-SPKA	Mistura de até 50%		Aquático
		Nafta, Diesel	-		
→ Etanol / Isobutanol	ATJ - Álcool para Bioquerosene	ATJ-SPK	Mistura de até 50%	7 - 8	Aéreo
Óleos Residuais, Gordura animal, efluentes líquidos	Transesterificação ou Esterificação	Biodiesel de óleo residual	Mistura ao diesel BXX	Comercial	Rodoviário e Ferroviário
	Hidrotratamento	HVO	Drop-in, Mistura ao diesel ou uso direto no motor (diesel); SAF	Comercial	Rodoviário, Aquático e Aéreo
	Hidrotratamento	HEFA ⁴	Mistura de até 50% ao querosene de aviação (SAF)	Comercial	Aéreo
Resíduos orgânicos - restos de alimentos, esterco e lodo de esgoto Resíduos de Aterro Sanitário	Gaseificação + purificação	Bio-CNG, Bio-LNG LBG	Veículos dedicados ou misturado na rede de distribuição de gás	-	Rodoviário e Aquático
Óleos provenientes da Pirólise ou <i>Biocrudes</i> provenientes de matéria lignocelulósica, Resíduo Sólido Urbano; Resíduos Sólidos	Pirólise ou Liquefação + Hidrotratamento	Bio-óleo hidrohidratado/ Biocrude	<i>Drop-in</i> ou mistura com o diesel, bunker, gasolina	4 - 5	Rodoviário e Aquático
	Coprocessamento em refinarias de petróleo	Bio-óleo de coprocessamento/ Biocrude	<i>Drop-in</i> ou mistura com o diesel, bunker, gasolina	7 - 8	Rodoviário e Aquático



Panorama dos Biocombustíveis

Brasil

- ✓ Investimento em biocombustíveis
 - ✓ Programa Nacional do Álcool – Proálcool
 - ✓ Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel



Matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel no Brasil, em dezembro de 2018

Fonte: Adaptado de (ANP, 2019)



Panorama dos Biocombustíveis

Brasil



Panorama dos Biocombustíveis

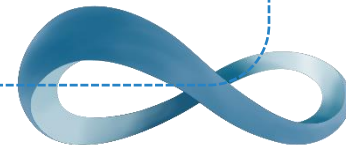
Brasil

Pontos de incentivo

- ✓ Viabilização de tecnologia de célula a combustível a partir da utilização do etanol;
- ✓ avaliação das condições para incorporação de querosene de aviação sustentável;
- ✓ definição de estratégia nacional para combustíveis sustentáveis no transporte marítimo; e
- ✓ Estabelecimento de diretrizes para tecnologia de captura e armazenamento de carbono relacionadas à produção de biocombustíveis

Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAv)

- ✓ Incentivo da produção e uso de SAF
- ✓ **Mandato - Meta de redução de 1% das emissões de CO₂** das operações domésticas por meio da mistura de SAF ao querosene de aviação.
 - ✓ Início em 2027 e prazo em 2037.
 - ✓ Promover a competição entre as rotas, de forma que prevaleça aquela com maior eficiência energético-ambiental para o alcance das metas (FGV, 2023).



Panorama dos Biocombustíveis

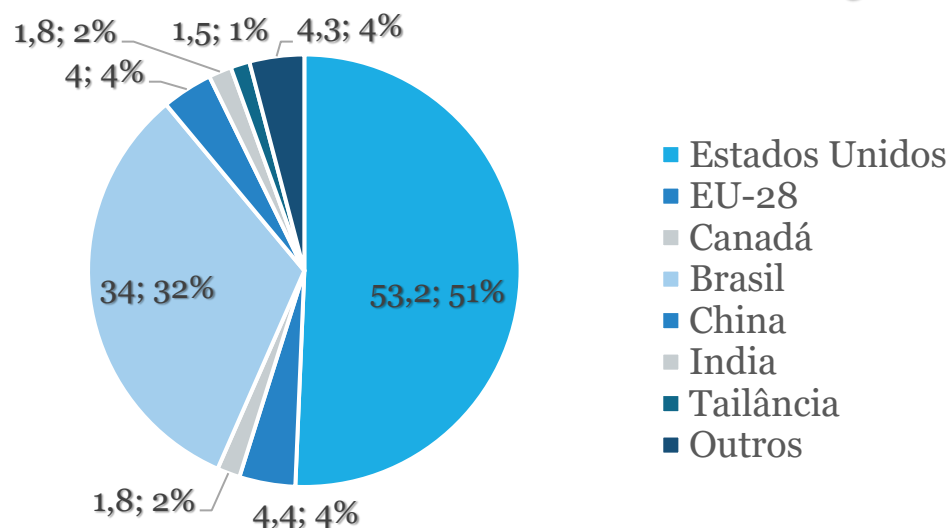
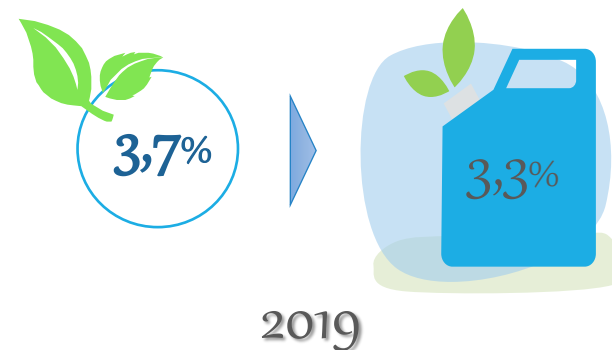
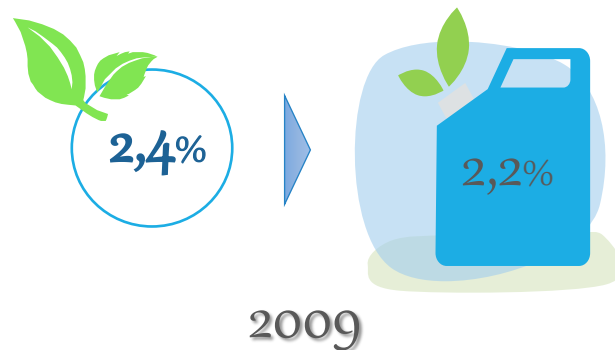
Mundo

Demanda de energia do setor de Transportes

32%

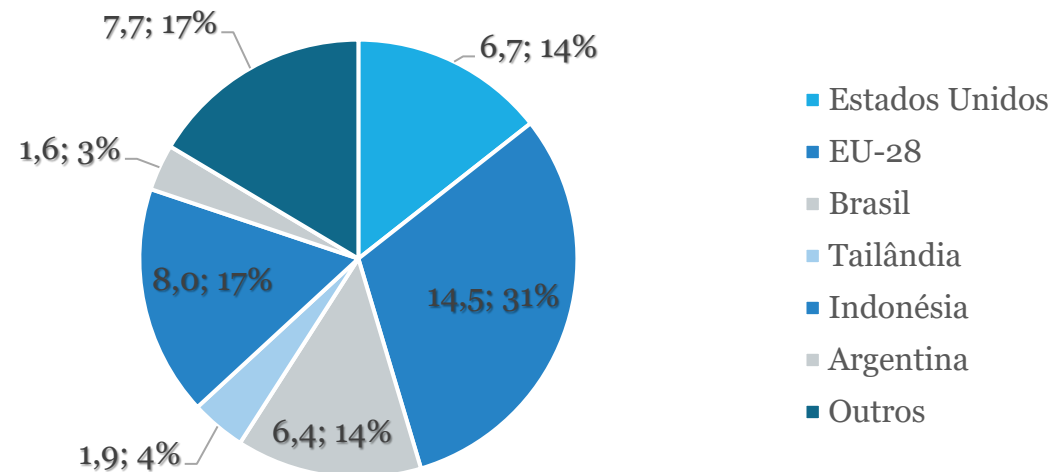
total de energia final consumido no mundo

Energias renováveis no transporte



Maiores produtores de Etanol do mundo no ano de 2020, em bilhões de litros

5º WCPUET Fonte: Elaboração própria com base em (REN21, 2021)



Maiores produtores de Biodiesel do mundo no ano de 2020, considerando HVO, em bilhões de litros

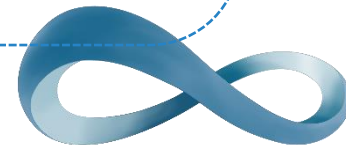
Fonte: Elaboração própria com base em (REN21, 2021)



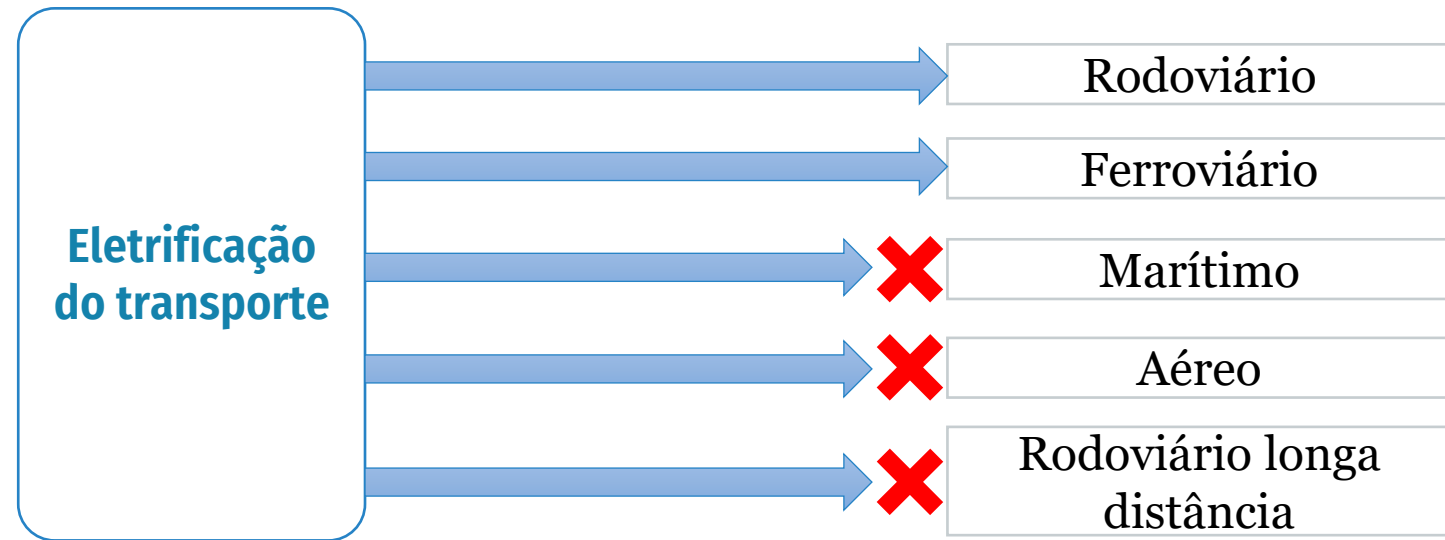
Panorama dos Biocombustíveis

Mundo

- ✓ **EUA** maior produtor de Etanol – milho → diversificar as rotas → produção de biocombustíveis avançados
 - ✓ *Renewable Fuel Standard (RFS)* - Política de incentivo ao mercado de biocombustíveis
 - ✓ Segundo maior produtor de HVO
 - ✓ Manutenção de uma mistura de 10% de etanol na gasolina deve impedir um crescimento acentuado do consumo de etanol
-
- ✓ **UE** maior produtor de Biodiesel e HVO – Alemanha
 - ✓ A Diretiva de Energia Renovável (REDII) introduziu uma meta de 14% de participação de energias renováveis no transporte para 2030.
 - ✓ Sub meta → participação de 3,5% de óleo residual e gorduras animais até 2030
 - ✓ REDII também estabelece limites para biocombustíveis com riscos de mudanças indiretas no uso do solo
 - ✓ Importação – não será contabilizado na participação de energias renováveis
 - ✓ A partir de 2024, os biocombustíveis de biomassa produzidos a partir de culturas de alimentos ou rações que apresentam impacto ILUC deverão ser reduzidos a zero até 2030



Uso de biocombustíveis x eletrificação do setor de transporte



Idade média das embarcações e aeronaves favorece o uso de biocombustíveis

Mudança de tecnologia de sistema de propulsão, se houver, apenas no longo prazo.

Fonte: SZKLO et al. (2021)

Embarcações

Idade média da Frota cerca de 15 anos
Tempo médio de vida de 40 anos

Aeronaves

Idade média da Frota 11 anos
Tempo média de vida em média 25 a 30 anos



Panorama dos Biocombustíveis

Aviação

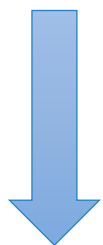
- ✓ Representa 2% das emissões de CO₂ global relacionados ao setor de energia
- ✓ A Associação Internacional de Transporte Aéreo – IATA estabeleceu um crescimento neutro de carbono a partir de 2020, com objetivo de zerar as emissões líquidas de CO₂ até 2050 em relação aos níveis de 2005
 - ✓ *Sustainable Aviation Fuel* - SAF são fundamentais para reduzir as emissões de carbono por esse modo (IEA, 2019c)
 - ✓ Para alcançar esse objetivo, deverá ser adotada uma participação de 65% de SAF dentro de um conjunto de estratégias, como captura de carbono, novas tecnologias, aumento da eficiência operacional, entre outros.
- ✓ Baixa participação de biocombustíveis no querosene de aviação < 0,1% → altos padrões de segurança e compatibilidade de aeronaves e infraestrutura de reabastecimento, sendo utilizados apenas SAF com excelente desempenho em motores a jato são aprovados por normas e regulamentos, como ASTM D7566 (PANOUTSOU et al., 2021).



Panorama dos Biocombustíveis

Marítimo

Organização
Internacional
Marítima - IMO



Reduzir emissões em

20% - 30%

Até 2030

70% - 80%

Até 2040

em comparação com 2008



Intensidade média de Carbono

40%

2030

70%

2050

em comparação com 2008

Net Zero



Alcançar emissões
zero ou quase zero até 2050

- ✓ IMO aponta para o uso de biocombustíveis, sobretudo daqueles com características **drop-in** capazes de serem utilizados na frota existente → produção desses biocombustíveis seja sustentável
- ✓ Novas tecnologias, combustíveis ou fontes de energia com emissão nula representando 5%, com ambição de alcançar 10%, da energia utilizada no transporte marítimo internacional até 2030



Uso de multicomcombustíveis: as principais alternativas incluem **biometano**, e-metano, **biometanol**, e-metanol, amônia azul, e-amônia, **bio-óleos** e e-diesel → todas as alternativas enfrentam desafios técnicos, de segurança, comerciais e regulamentares (MÆRSK MC-KINNEY MØLLER CENTER FOR ZERO CARBON SHIPPING, 2022)



Panorama do futuro dos biocombustíveis

Mundo



demanda de
biocombustíveis

28%

Até 2028

67%

Etanol e diesel renovável

biodiesel e BioQAv

- ✓ A maioria da nova demanda por biocombustíveis vem de economias emergentes, especialmente **Brasil**, Indonésia e **Índia**, com políticas robustas, aumento na demanda por combustíveis de transporte e abundância de matéria-prima.

G20
Global Biofuel Alliance

BioQAv  5 bi litros

Até 2028

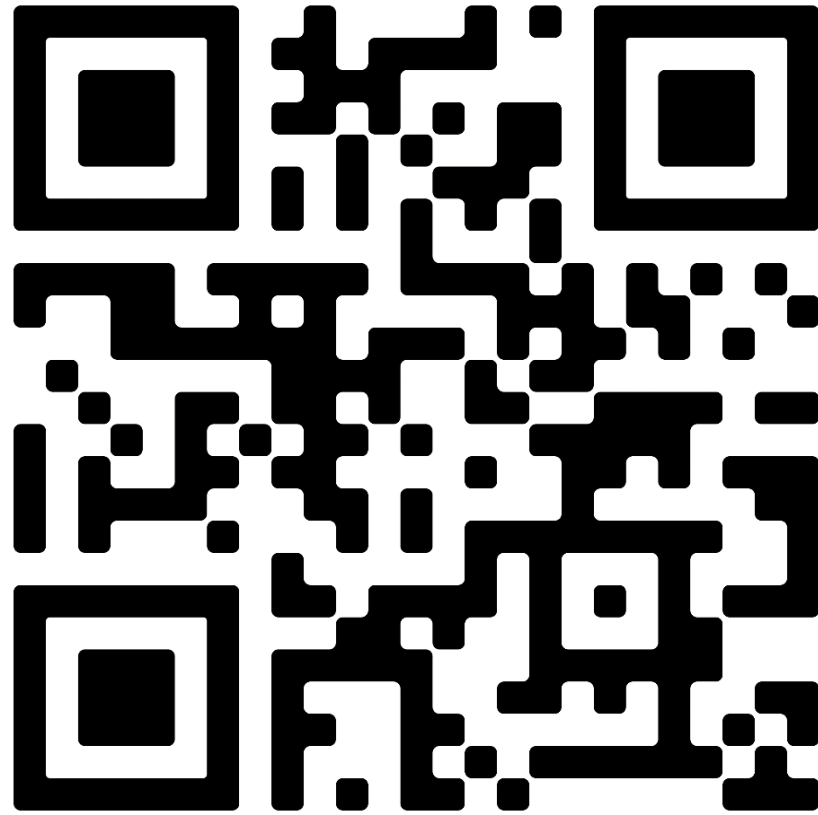
1% do suprimento global de combustível de aviação, com os Estados Unidos, Europa e Japão liderando esse crescimento

- ✓ As políticas de incentivo, como créditos IRA, RINs do Renewable Fuel Standard e créditos LCFS, ajudam a impulsionar a demanda por BioQAv nos EUA, enquanto na Europa, a legislação ReFuelEU Aviation eleva a participação de BioQAv para 4% da demanda de combustível de aviação até 2028.
- ✓ A produção de biocombustíveis deve ser expandida para atender às metas de emissão de carbono e de segurança energética, com a necessidade de aumentar a disponibilidade de matéria-prima e acelerar o uso de tecnologias de processamento
- ✓ **NetZero** → Produção global de biocombustíveis sustentáveis precisaria **triplicar** até 2030 para colocar o sistema de energia mundial no caminho das emissões líquidas zero até 2050.



Formulário

<https://forms.gle/txy437tvdgPdJJbQA>





5º WCPUET



Laboratório de
Transporte de Carga



Universidade
Federal do
Rio de Janeiro

Mariane Gonzalez da Costa

mariane.gonzalez@pet.coppe.ufrj.br