

www.tivio.com



ENERGIA & INFRA

TIVIO  
CAPITAL

EDIÇÃO #1

**DEEP DIVE** ↗

*O Homem Que  
Plantava Árvores*

# BIO COMBUS TIVEIS



SET 2024

**Time Energia & Infra**

**Rodrigo Freire**  
rodrigo.freire@tivio.com

**Marcel Abe**  
marcel.abe@tivio.com

**Jefferson Komura**  
jefferson.komura@tivio.com

**Guilherme Cheng**  
guilherme.cheng@tivio.com

**Research**

**Enrico Trotta**  
enrico.trotta@tivio.com

**Pedro Hajnal**  
pedro.hajnal@tivio.com

**Davi Cunha**  
davi.cunha@tivio.com





# O Homem Que Plantava Árvores

O Brasil e sua vocação natural para liderar a revolução energética global



A transformação de um deserto em uma floresta exuberante é a essência da história de Elzéard Bouffier, o protagonista do conto inspirador "O Homem que Plantava Árvores", escrito por Jean Giono em 1953 e publicado como livro em 1980. Bouffier, um pastor solitário, dedicou décadas de sua vida a plantar centenas de milhares de árvores em uma região desolada da França. Sua persistência e visão transformaram completamente a paisagem, revitalizando a área com vida, biodiversidade e prosperidade.

A história começa com um narrador anônimo encontrando Bouffier durante uma caminhada por uma terra árida e desolada na França. Ao longo dos anos, o narrador retorna várias vezes àquela região e, a cada visita, testemunha a notável transformação causada pelo trabalho incansável de Bouffier.

Bouffier plantava árvores de diversas espécies, semeando também esperança e renovação. Eventualmente, a floresta criada por Bouffier trouxe água de volta às fontes secas ao longo dos anos, transformou o clima local, e fez com que as pessoas voltassem a habitar e a prosperar na região. Bouffier encontrou sua vocação natural.

E o que esse livro tem a ver com o nosso Tivio Deep Dive desse mês? Assim como Bouffier, o Brasil possui a capacidade e vocação de liderar uma transformação monumental, desta vez no campo energético. Os biocombustíveis, uma fonte renovável de energia e um dos pilares dessa transformação, posicionam o Brasil como um protagonista na revolução energética global, especialmente no setor dos transportes.

Este não é um movimento recente; desde a década de 1970, com o lançamento do programa Proálcool tendo o intuito de contornar a primeira crise do petróleo, o Brasil tem sido pioneiro no desenvolvimento e uso de biocombustíveis, demonstrando resiliência e inovação ao longo dos anos.

O Brasil possui hoje uma combinação única de fatores para a produção de biocombustíveis. Possui larga disponibilidade de terras aráveis, abundância de matérias-primas, políticas de suporte à produção, e demanda robusta considerando que o meio de transporte principal no país é o rodoviário.

Tal como Bouffier começou sua missão plantando uma árvore de cada vez, nós da Tivio Capital acreditamos que a jornada para a transição energética global precisa de protagonistas e por isso um dos nossos fundos será focado em transição energética, com o segmento de biocombustíveis sendo uma das nossas teses centrais.

Essa série de relatórios será dedicada a explorar detalhadamente os biocombustíveis, demonstrando o potencial do Brasil no segmento e como esses combustíveis do futuro podem impulsionar a revolução energética no país e no mundo, contribuindo para os objetivos globais de atingir o Net Zero até 2050.



“  
Ele plantava árvores. Ele tinha descoberto que esta era a sua vocação e estava determinado a ver o seu trabalho até o fim.  
”  
- Jean Giono

# Biocombustíveis 101 – Edição #1

Biocombustíveis, Os Combustíveis do Futuro

Nessa primeira edição da série de relatórios Deep Dive dedicados ao setor de biocombustíveis, nós abordamos os conceitos fundamentais do setor. Destacamos os principais tipos de biocombustíveis, matérias-primas fundamentais para produção, como são produzidos, principais vantagens e riscos, e políticas vigentes no Brasil e no mundo. Nas próximas edições, nosso intuito é mostrar os motivos pelos quais o Brasil está muito bem posicionado nesse setor, e o potencial de cada um dos principais biocombustíveis existentes.

**Biocombustíveis são combustíveis renováveis derivados de matéria orgânica** como biomassa, óleo vegetal, gordura animal e lixo orgânico. São considerados combustíveis do futuro por terem um impacto menor em GGE (gases de efeito estufa) e um ciclo de formação e produção muito mais curto quando comparado aos combustíveis fósseis. Nossa série focará nos seis principais tipos de biocombustíveis atuais: i) etanol; ii) biodiesel; iii) diesel verde (HVO); iv) biogás; v) bio-metano; e vi) SAF (combustível de aviação sustentável). Os biocombustíveis são divididos em quatro gerações de acordo com o tipo de cultura (comestível, não comestível, algas, e sintéticos), sendo o nosso foco nessa série nas duas primeiras gerações (1G e 2G).

**A história dos biocombustíveis é mais antiga do que imaginamos**, apesar de serem considerados combustíveis do futuro. Os biocombustíveis já eram usados na geração de luz pelas antigas civilizações, como no Egito por volta de 2000 BCE. Na era moderna, os primeiros motores movidos a óleo vegetal começaram no século 19, com Rudolf Diesel desenvolvendo um motor a óleo de amendoim, e na segunda guerra mundial quando a cadeia de fornecimento de petróleo foi prejudicada. No Brasil, os biocombustíveis já são utilizados desde a década de 70, quando iniciamos o programa Proálcool para contornar a crise do petróleo em 1973. Hoje o Brasil é o segundo maior player de etanol no mundo, e o terceiro maior produtor de biodiesel globalmente.

**Os biocombustíveis possuem diversos benefícios com aplicações mais comuns na indústria de transportes**, apesar de serem também utilizados em âmbito industrial. Os biocombustíveis como etanol e biogás são produzidos em 6-24 meses, significativamente mais rápido que os milhões de anos necessários para a produção de combustíveis fósseis como carvão mineral, petróleo e gás natural. Em termos de impacto em emissões de GEE, um veículo ICE (internal combustion engine) flex movido a etanol no Brasil emite 58g de CO2 equivalente por km rodado, 60% menor do que os 145g gerados por um veículo ICE movido a gasolina.

**Biocombustíveis possuem pontos de atenção**, com o mais comum sendo à sua competição direta com a produção de alimentos. Biocombustíveis usualmente são vistos como potencial ameaça à produção de alimentos, especialmente considerando que podem competir diretamente por terras destinadas à produção destes. No entanto, hoje no Brasil apenas 16% da terra arável total é cultivada (vs. 70% no U.S e 100% na China). A cana-de-açúcar, por exemplo, ocupa menos de 3% da terra destinada ao cultivo de alimentos, demonstrando que as culturas atreladas à biocombustíveis tem ainda muito espaço para crescer. Por fim, outro ponto de atenção é que os biocombustíveis podem ser mais poluentes que combustíveis fósseis se considerarmos o CO2 equivalente relacionado à desmatamento, fertilizantes, e maquinário agrícola.







# BIO COMBUS TIVEIS

**Enrico Trotta**  
[enrico.trotta@tivio.com](mailto:enrico.trotta@tivio.com)

**Pedro Hajnal**  
[pedro.hajnal@tivio.com](mailto:pedro.hajnal@tivio.com)

**Davi Cunha**  
[davi.cunha@tivio.com](mailto:davi.cunha@tivio.com)

**DEEP DIVE** ↗



# Biocombustíveis são combustíveis renováveis derivados de materiais orgânicos, que emitem Gases de Efeito Estufa (GEE) em menor quantidade

## Biocombustíveis: Definição e Principais Tipos

### Etanol



**Etanol**, conhecido como álcool etílico ou álcool de cereais, é um tipo de biocombustível produzido principalmente pela fermentação dos açúcares encontrados nas plantas. É um líquido claro e incolor com uma variedade de usos, desde combustível para veículos até ingrediente em bebidas alcoólicas e aplicações industriais.

### Biodiesel



**Biodiesel** é um combustível renovável feito de óleos vegetais, gorduras animais ou óleo de cozinha reciclado. É produzido através de um processo químico no qual essas matérias-primas reagem com álcool e um catalisador para produzir biodiesel e glicerina. O biodiesel pode ser usado em motores a diesel e é frequentemente misturado com diesel de petróleo.

### HVO



**Diesel Verde**, também conhecido como HVO (Óleo Vegetal Hidrotratado), é um combustível diesel renovável produzido através de um processo de hidrogenação. Ao contrário do biodiesel, o HVO é refinado de maneira semelhante ao diesel de petróleo. É feito de óleos vegetais, gorduras animais ou óleo de cozinha usado e passa por um processo de hidrogenação para remover impurezas e melhorar suas propriedades.

### SAF



(Combustível de Aviação Sustentável) é uma alternativa ao combustível de aviação convencional usado na aviação. É produzido a partir de matérias-primas como biomassa, resíduos agrícolas e óleos residuais. O SAF pode ser um substituto direto para os combustíveis de aviação convencionais e pode ser misturado com eles em várias proporções.

### Biogás



**Biogás** é produzido a partir da decomposição de matéria orgânica na ausência de oxigênio. É composto principalmente de metano e dióxido de carbono, com pequenas quantidades de outros gases. O biogás pode ser usado para aquecimento, geração de eletricidade e como combustível para veículos. É frequentemente derivado de resíduos orgânicos, como restos de alimentos, esterco animal e esgoto.

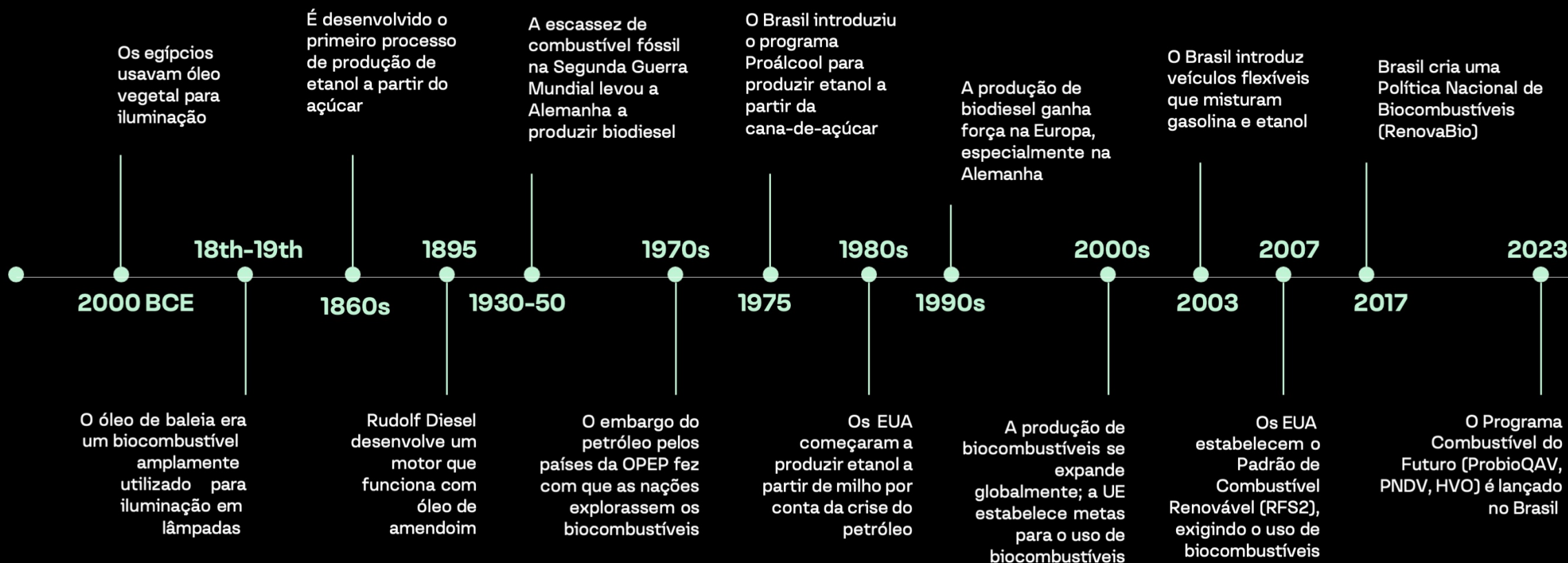
### Bio-metano



**Bio-metano** é uma forma purificada de biogás que consiste quase inteiramente de metano. É produzido refinando o biogás bruto para remover impurezas como dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio. O bio-metano tem propriedades semelhantes ao gás natural e pode ser usado de maneira intercambiável em gasodutos de gás natural, como combustível para veículos ou para aquecimento e geração de eletricidade.

# A história dos biocombustíveis começou há milhares de anos atrás, mas seu uso como conhecemos hoje tomou forma durante os séculos XX e XXI

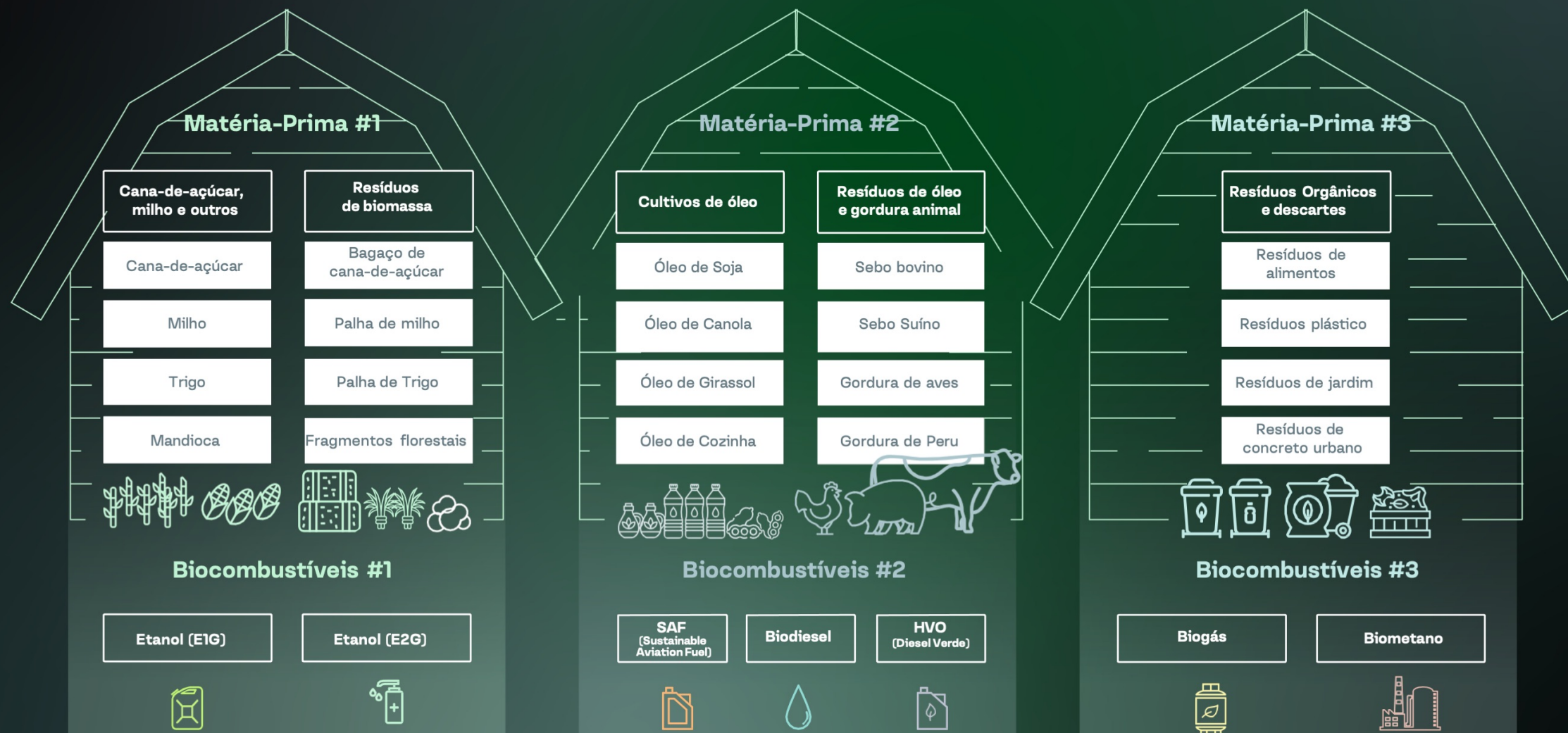
## História dos biocombustíveis: Da antiguidade aos tempos atuais





# Os biocombustíveis são originados de três grupos principais de matéria-prima renovável: biomassa, culturas oleaginosas e resíduos animais

Principais grupos de matérias-primas e biocombustíveis produzidos:



# Os biocombustíveis são divididos em 4 gerações de acordo com a matéria-prima mas, atualmente, só existe produção significativa das duas primeiras gerações

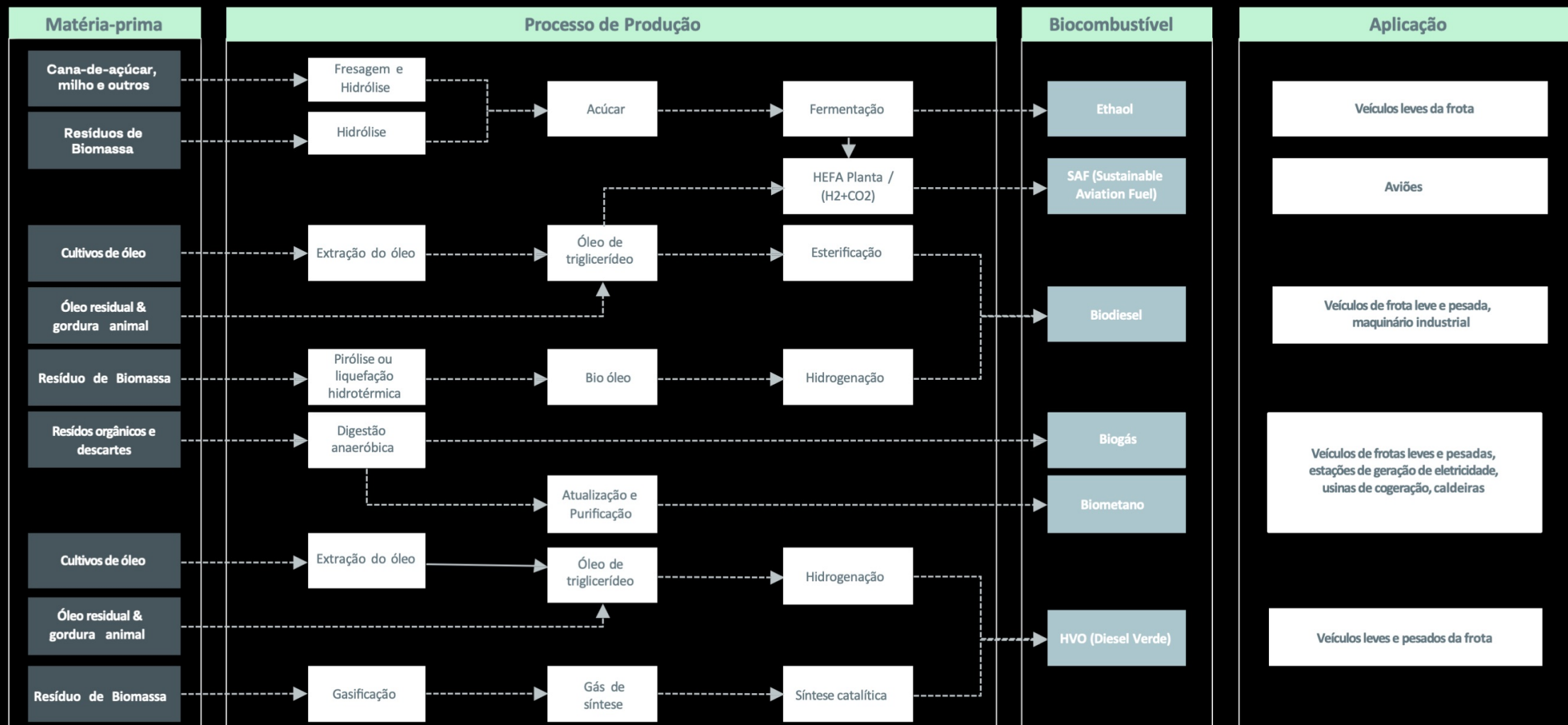
## Principais Gerações de Biocombustíveis





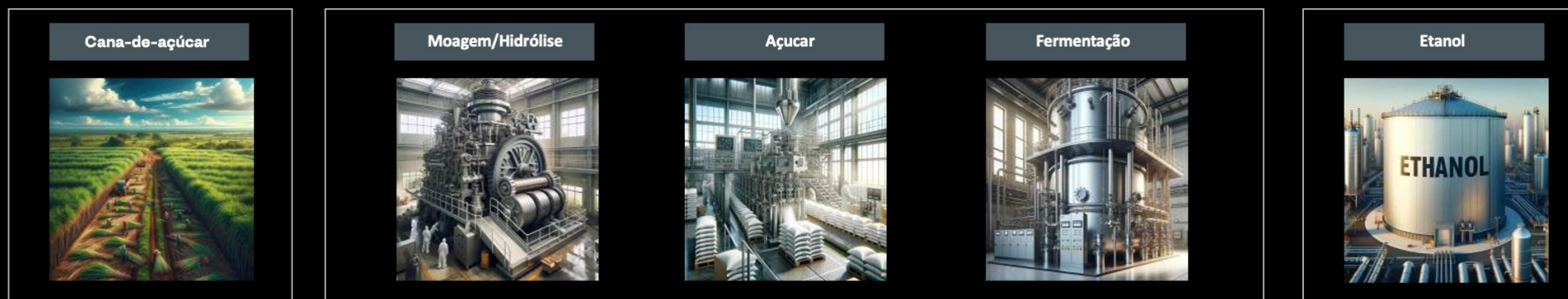
# Os biocombustíveis são produzidos a partir de diversos processos químicos, sendo que sua aplicação mais comum é na indústria de transportes

## Biocombustível: Principais Tipos, Processo de Produção e Aplicação



# A produção de etanol começa com a moagem da cana-de-açúcar e a produção de açúcar com enzimas; a fermentação é a etapa final...

## Etanol: Processo de produção passo a passo

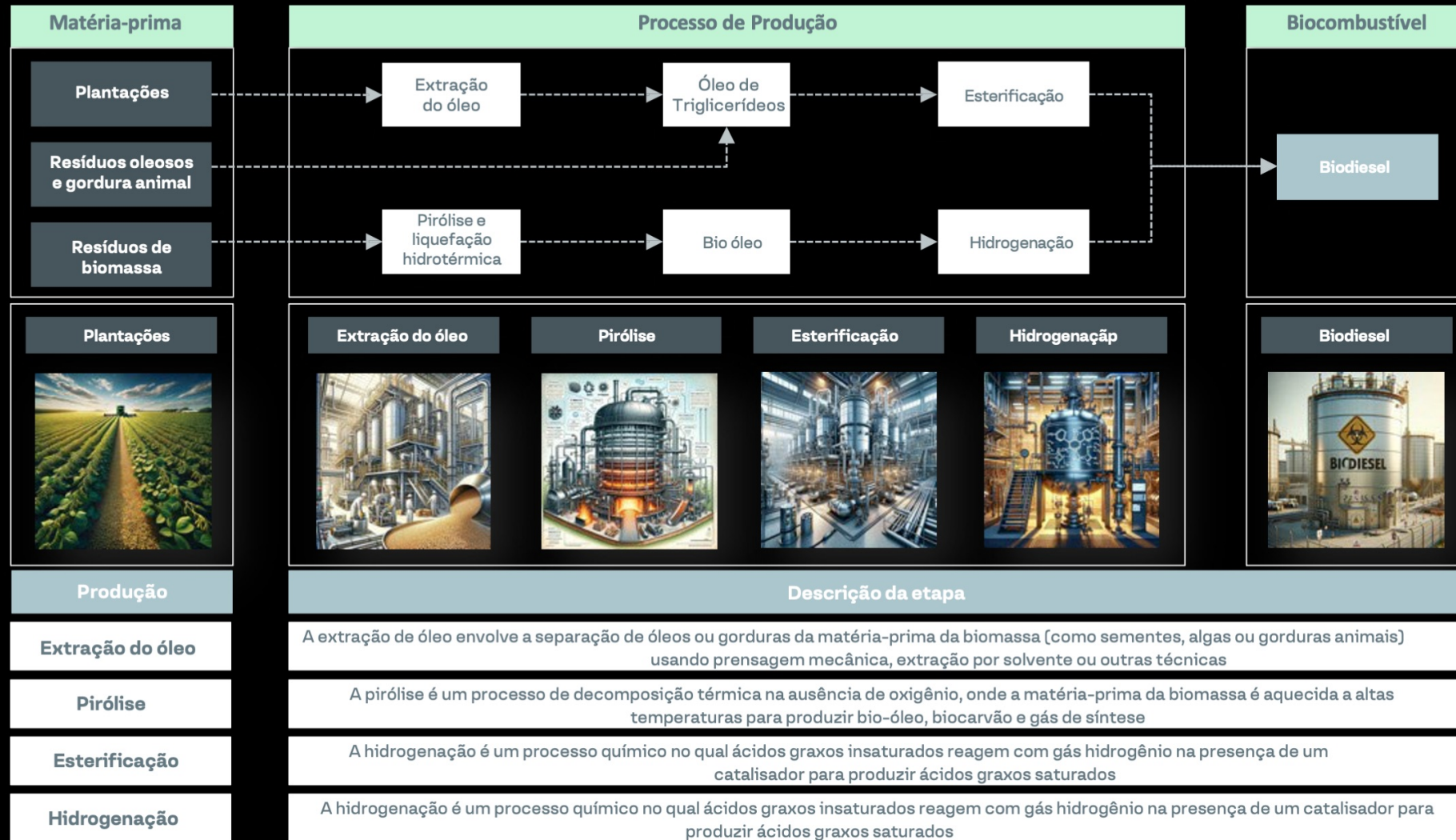


Processo de Produção	Descrição
<b>Moagem</b>	A moagem envolve a trituração ou esmagamento de matéria-prima de biomassa (como grãos, sementes ou madeira) em partículas menores para aumentar a área de superfície e facilitar as etapas de processamento subsequentes....
<b>Hidrólise</b>	A hidrólise é o processo de decomposição de carboidratos complexos (como celulose ou amido) em açúcares simples usando água e enzimas.
<b>Fermentação</b>	Fermentação é o processo metabólico no qual microrganismos, como leveduras ou bactérias, convertem açúcares em etanol ou outros compostos orgânicos em um ambiente anaeróbico.



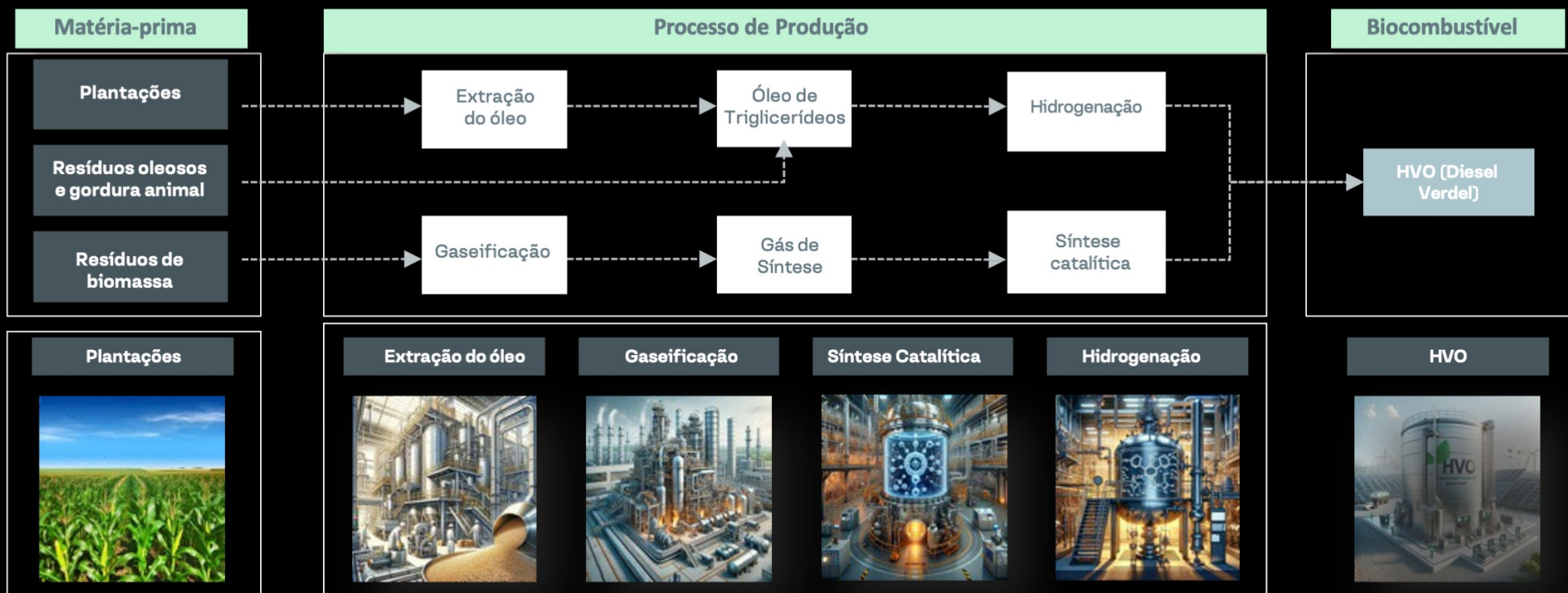
# O biodiesel é produzido por meio de extração e esterificação de óleo, ou por pirólise e hidrogenação...

## Biodiesel: Processo de produção passo a passo



# O Diesel Verde (HVO) é um hidrocarboneto puro e sua produção é relativamente cara...

## HVO (Diesel Verde): Processo de produção passo a passo

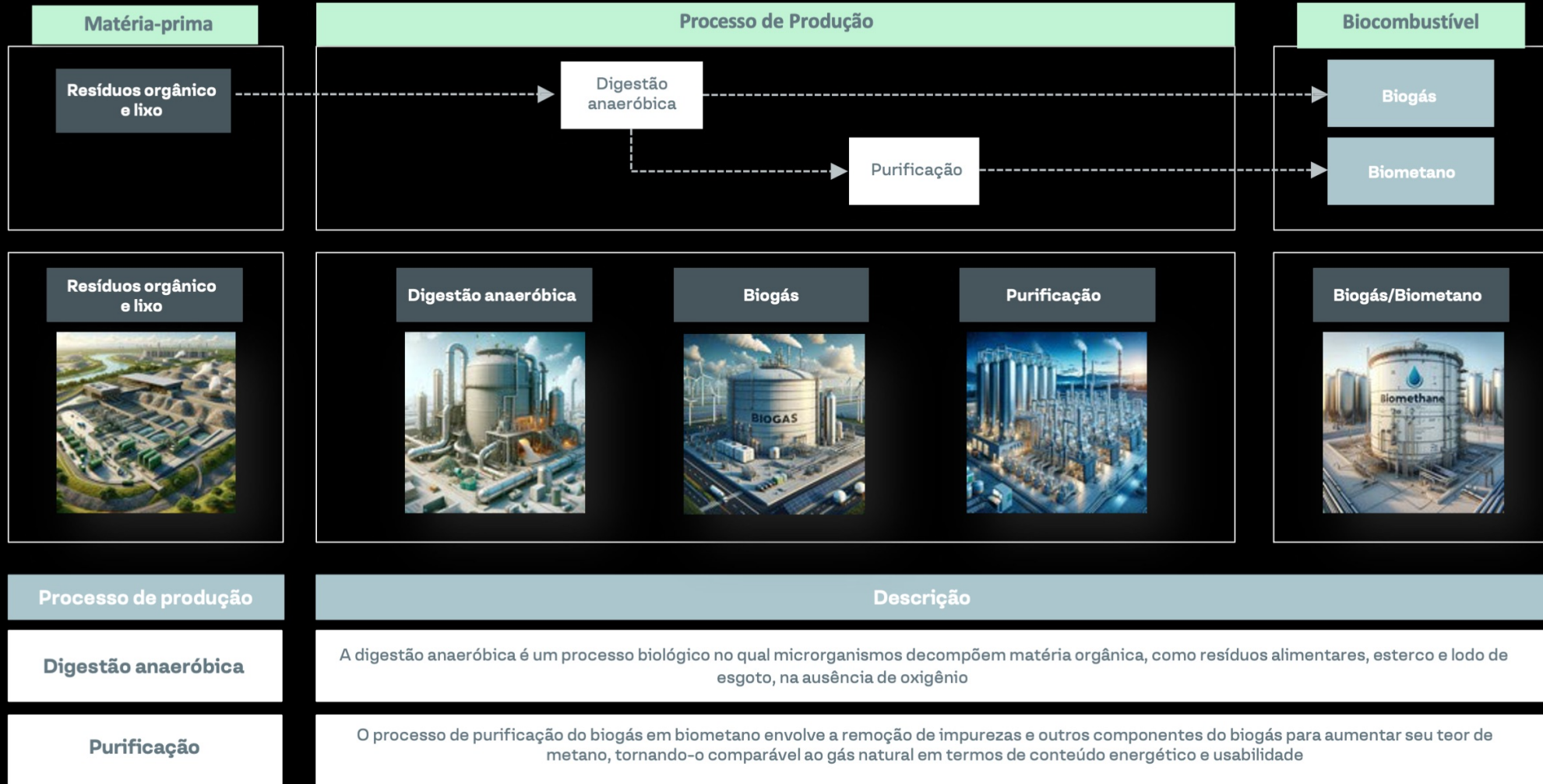


Processo de produção	Descrição
<b>Extração do óleo</b>	A <b>extração de óleo</b> envolve a separação de óleos ou gorduras de matérias-primas de biomassa (como sementes, algas ou gorduras animais) usando prensagem mecânica, extração por solvente ou outras técnicas.
<b>Gaseificação</b>	A <b>gaseificação</b> é um processo que converte materiais carbonáceos orgânicos ou baseados em combustíveis fósseis em CO, H <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> . Isso é alcançado reagindo o material a altas temperaturas, sem combustão, com uma quantidade controlada de oxigênio.
<b>Síntese Catalítica</b>	A síntese catalítica envolve o uso de catalisadores para converter intermediários derivados da biomassa (como syngas ou bio-óleo) em hidrocarbonetos líquidos ou outros combustíveis valiosos através de várias reações químicas.
<b>Hidrogenação</b>	A <b>hidrogenação</b> é um processo químico no qual ácidos graxos insaturados reagem com gás hidrogênio na presença de um catalisador para produzir ácidos graxos saturados.



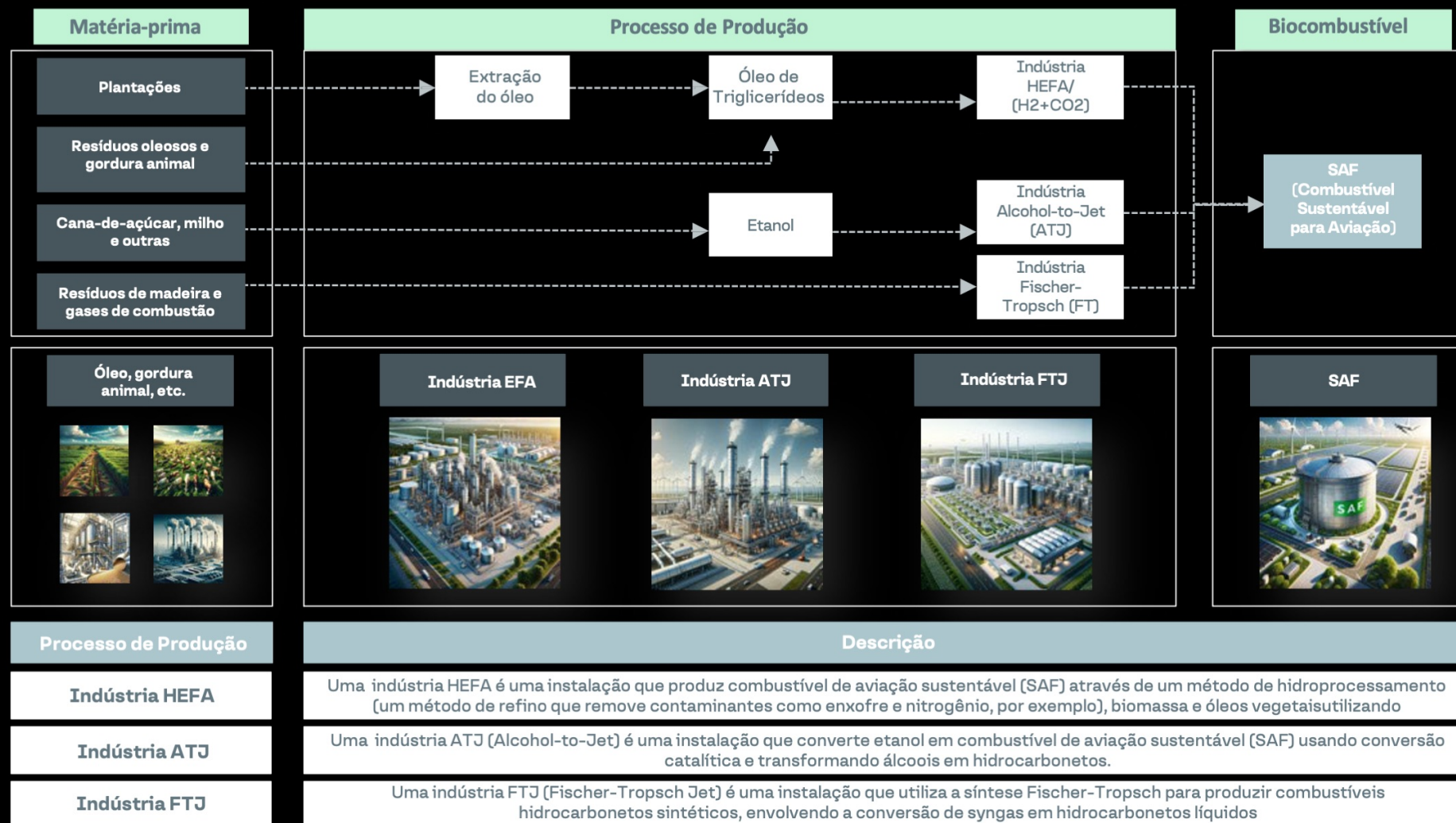
# A produção de biogás é razoavelmente simples, ocorrendo por meio da digestão anaeróbica; o biometano é um tipo de biogás refinado...

## Biogás e biometano: Processo de produção passo a passo



O SAF pode ser produzido a partir de diversas matérias-primas, dependendo da unidade industrial utilizada; o etanol também pode ser necessário...

## Combustível Sustentável para Aviação (SAF): Processo de produção passo a passo





# Entre seus principais benefícios, os biocombustíveis são uma fonte de energia renovável, com um ciclo de formação mais rápido do que os combustíveis fósseis...

Período de formação: Combustíveis fósseis x Biocombustíveis  
(inclui o período do ciclo da safra)

Anos de reservas de combustíveis fósseis restantes (Global, 2020)\*

## Combustível Fóssil

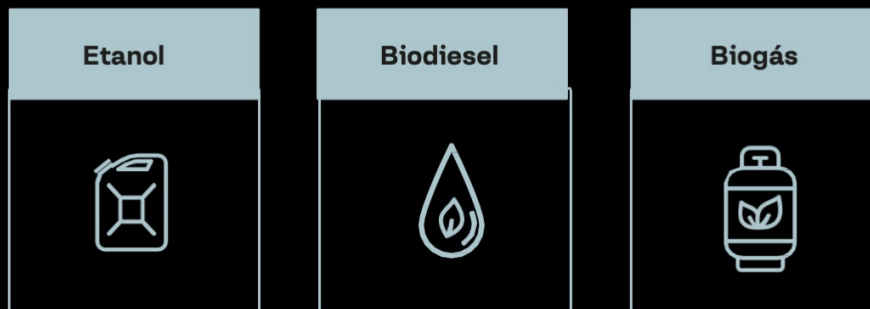


50 mn anos

290 mn anos

550 mn anos

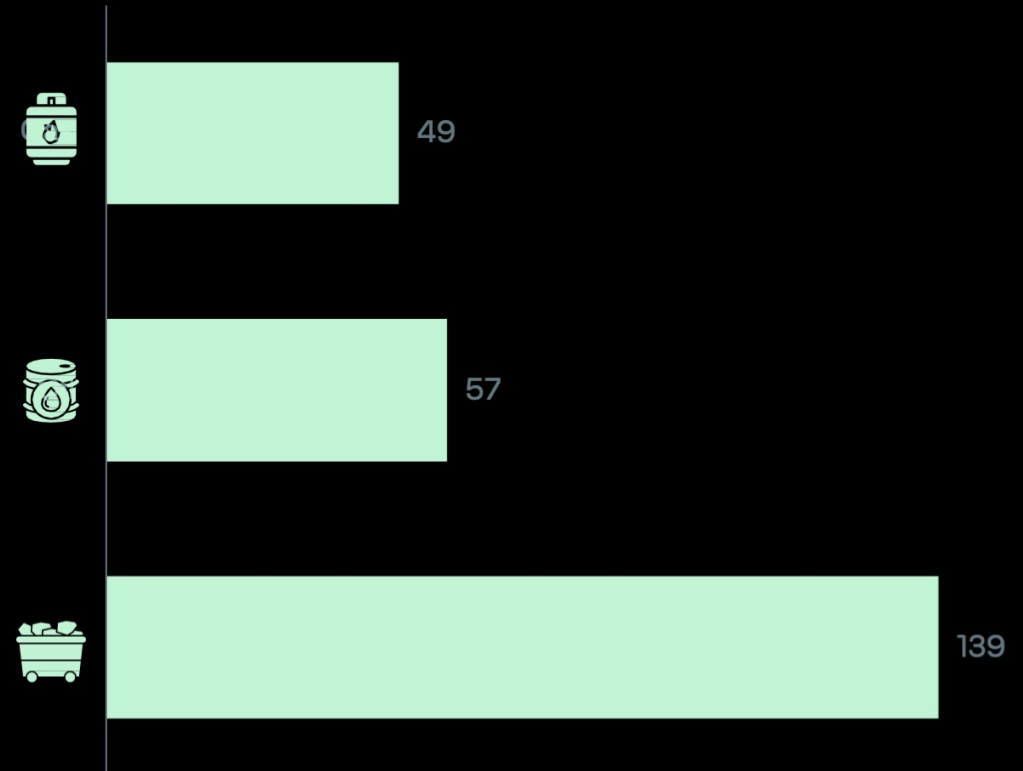
## Biocombustíveis



24 mn anos

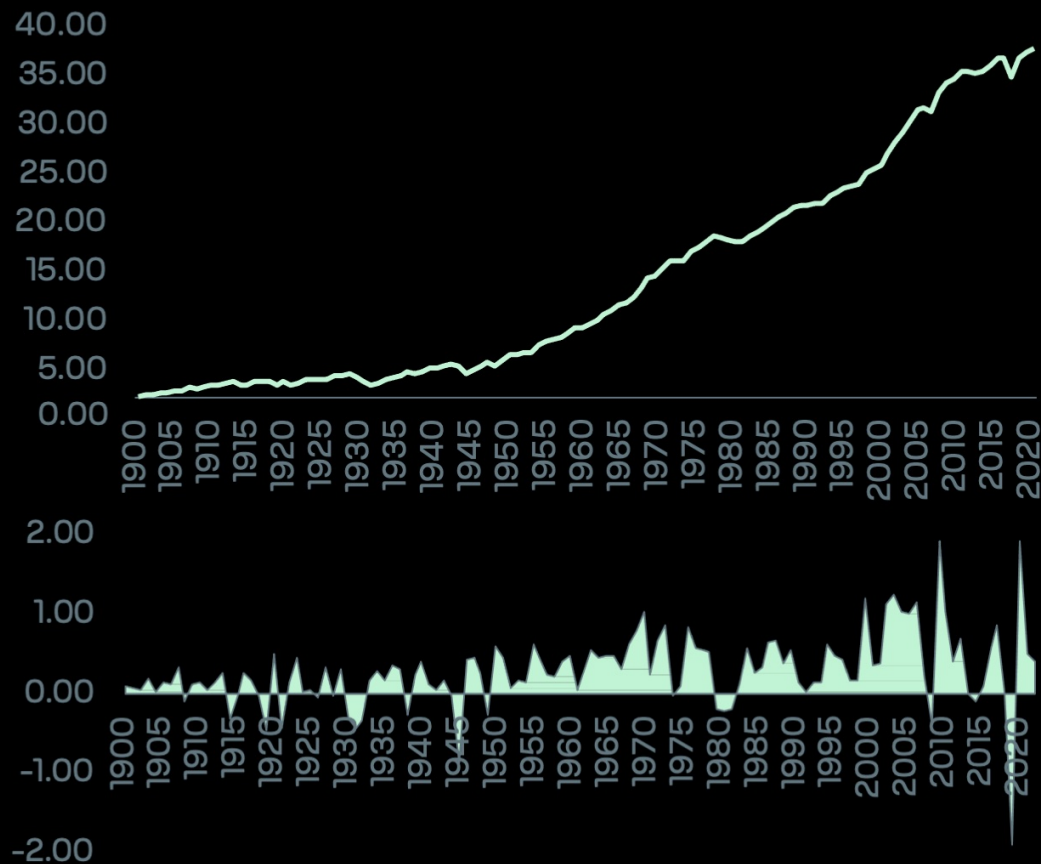
12 mn anos

6 mn anos



...e com uma pegada de carbono reduzida, o que é crucial para a redução das emissões globais de GEE

Emissões de CO2 relacionadas a produção de energia (Variação A/A: Gt CO2, 1900-2023)



Emissões de GEE (gCO2e/Km)





# Os desafios dos biocombustíveis envolvem sua competição direta com as culturas alimentícias por terras e recursos disponíveis...

Maiores exportadores líquidos de alimentos do mundo (bilhões de dólares, 2022)

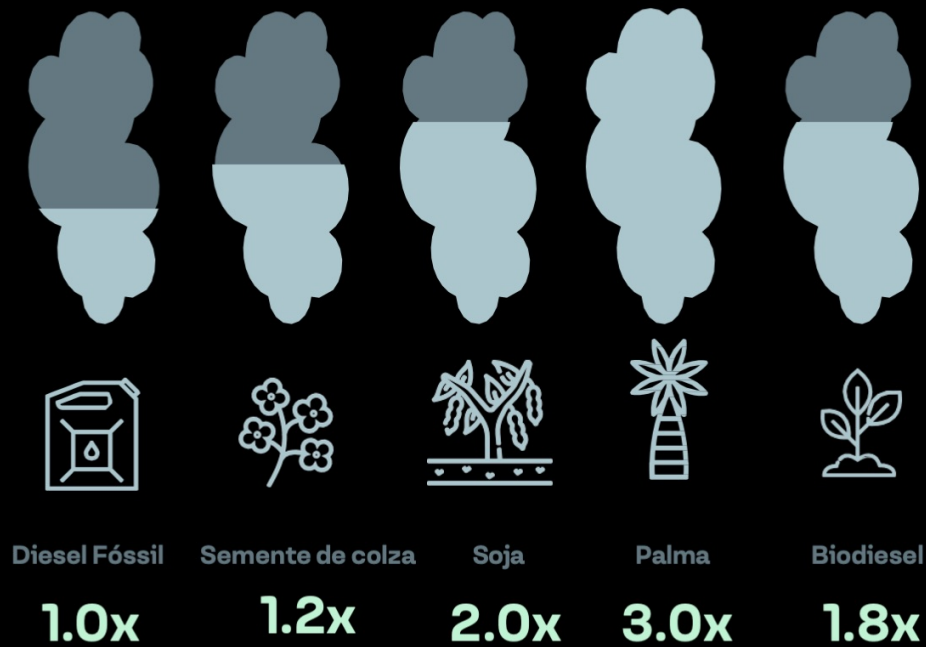


Terra cultivada do mundo Vs. terra disponível

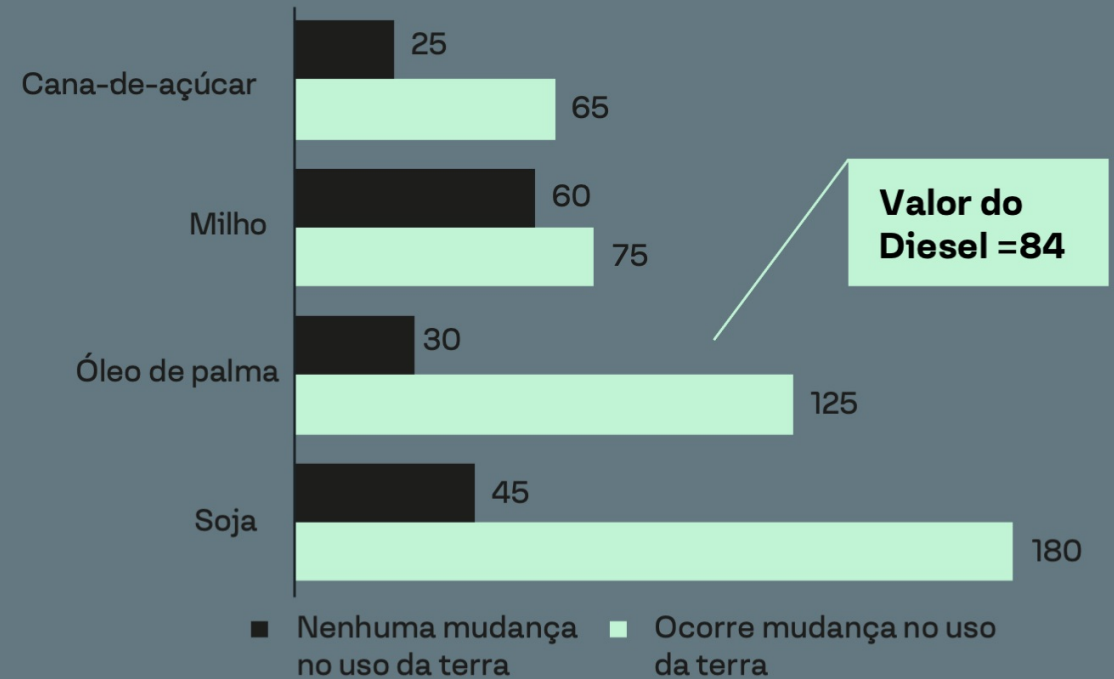
País	Terra Total (mn ha)	Terra Potencial arável (mn ha)	Terra arável disponível (mn ha)	Terra cultivada (mn ha)	Uso da terra (Cultivada/Disponível)
Brazil	856	549	394	65	16%
US	946	354	269	188	70%
China	936	202	138	138	100%
India	306	206	169	169	100%
Europe	681	384	287	214	75%
Australia	770	125	84	47	56%
Canada	984	125	76	46	61%
Russia	1,679	283	220	132	60%

...e há controvérsias de que não há redução de emissões de GEE ao serem consideradas as emissões indiretas de tratores, fertilizantes, etc.

### Emissões de diesel fóssil versus biodiesel de primeira geração







### Pegada de carbono dos biocombustíveis (emissões médias em gramas de CO2 por MJ)








# No Brasil, há quatro políticas governamentais principais que regulam e/ou favorecem o desenvolvimento de biocombustíveis...

## Políticas governamentais do Brasil em relação aos biocombustíveis

Política	Nome	Descrição
	<b>Mandatos obrigatórios para etanol e biodiesel</b> 1977	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mistura obrigatória de etanol anidro na gasolina (E27).</li> <li>Mistura obrigatória de biodiesel no diesel B (B14).</li> <li>Diferenciação de impostos entre combustíveis (ICMS para gasolina/diesel, isenção fiscal para etanol e biodiesel dependendo do estado).</li> </ul>
	<b>Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)</b> 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criado para promover o uso de biodiesel no Brasil.</li> <li>Políticas para incentivar a produção de biodiesel, incluindo leilões de compra pela Petrobras.</li> <li>Linhas de financiamento específicas oferecidas pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).</li> </ul>
	<b>Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)</b> 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Política criada para promover o uso de biocombustíveis na matriz energética brasileira.</li> <li>Estabelece metas de descarbonização para o setor de combustíveis.</li> <li>Prevê a emissão de Créditos de Descarbonização (CBIOS), que podem ser negociados no mercado (B3 S.A.) para compensar as emissões de carbono.</li> </ul>
	<b>Programa Combustível do Futuro</b> 2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciativa que visa promover P&amp;D em novas tecnologias de combustíveis, com o objetivo de reduzir as emissões de poluentes e aumentar a eficiência energética.</li> <li>Inclui incentivos fiscais para P&amp;D em novas tecnologias de combustíveis alternativos, como hidrogênio e biocombustíveis de segunda geração (2G).</li> </ul>

# ...E há políticas semelhantes nos EUA e na Europa, que são cruciais para tornar os biocombustíveis economicamente viáveis no curto-prazo

## Programa RenovaBio Vs. Renewable Fuel Standard (RFS) e Renewable Energy Directive (RED)

Política	Nome	Objetivo	Regulamentação	Categorias de Combustível	Ferramentas de implementação
	<b>RenovaBio</b>	Descarbonizar o setor de transporte, promover biocombustíveis como uma alternativa sustentável e contribuir para os compromissos do Brasil no âmbito do Acordo de Paris	Introduzido em 2017 como parte do compromisso do Brasil em reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Foca especificamente no mercado de biocombustíveis	Não é específico para categorias de combustíveis, mas se aplica a todos os biocombustíveis, incluindo etanol e biodiesel.	Utiliza Créditos de Descarbonização (CBIOs), emitidos com base na quantidade de redução de CO2 alcançada através da produção e uso de biocombustíveis (1 CBIO = 1 tonelada de CO2)
	<b>Renewable Fuel Standard (RFS)</b>	Reduzir as emissões de gases de efeito estufa, expandir o setor de combustíveis renováveis, reduzir a dependência de petróleo importado	Estabelecido sob a Lei de Política Energética de 2005 e expandido pela Lei de Independência e Segurança Energética de 2007.	Combustível Renovável Total, Biocombustível, Avançado (cana-de-açúcar, biobutanol), Diesel à Base de Biomassa, Biocombustível Celulósico (palha de milho, lascas de madeira).	Utiliza Números de Identificação de Renováveis (RINs) para rastreamento e conformidade. Os RINs podem ser comprados no mercado
	<b>Renewable Energy Directive (RED)</b>	Promover o uso de energia renovável, melhorar a segurança energética, reduzir as emissões e promover a inovação tecnológica	Estabelecido em 2009 (RED I), atualizado em 2018 (RED II) e em 2023 (RED III). Visa alcançar pelo menos 42,5% de participação de energia renovável até 2030, com uma meta indicativa de 45%.	Foca amplamente em energia renovável, com sub-metas específicas para biocombustíveis avançados e biogás no transporte	Impõe critérios de sustentabilidade para biocombustíveis, biolíquidos e combustíveis de biomassa; utiliza metas dos estados membros e relatórios para conformidade

# A agenda verde vem ganhando força no Brasil, com o Projeto de Lei do Combustível do Futuro em andamento no Senado

## Biocombustível: Manual de Definição dos Principais Tipos

Em março de 2024, o projeto de lei denominado “Combustível do Futuro” foi aprovado pela Câmara dos Deputados e transferido para o Senado. Há uma pressão crescente do governo para avançar na “Agenda Verde”, já que o Brasil se tornou a nação líder do G20.



**Ethanol**

Aumentar a faixa de mistura de etanol na gasolina para 22% a 35% (em comparação com os atuais 18% a 27,5%). Demanda adicional potencial de 1,4 bilhão de litros.



**SAF**

Criação do Programa Nacional de Combustível Sustentável para a Aviação para incentivar e avançar nos estudos relacionados ao SAF. Definição de uma meta de redução das emissões de GEE em 1% (a partir de 2027), chegando a 10% até 2027.



**Biodiesel**

Estabelece um novo piso de mistura de 13% (em comparação com o limite de mistura anterior de 15%). Limite potencial de até 25% no futuro.



**HVO**

Definição de um requisito mínimo de mistura de diesel verde no combustível diesel até 2037 (ainda a ser estabelecido).



**Biomethane**

Definição de uma redução nas emissões de GEE (começando em 2026 em 1%) e criação de um Programa Nacional de Biometano).