

Biomassa

Energias renováveis

O que é a bioenergia?

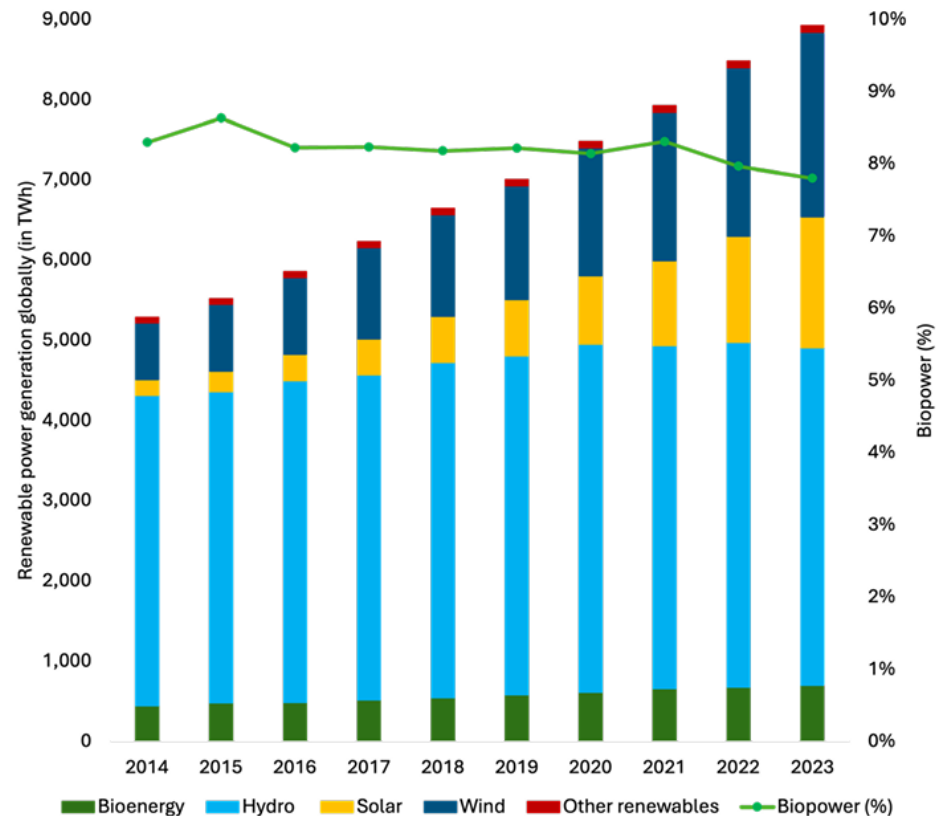
O que é a bioenergia?

Introdução à Biomassa

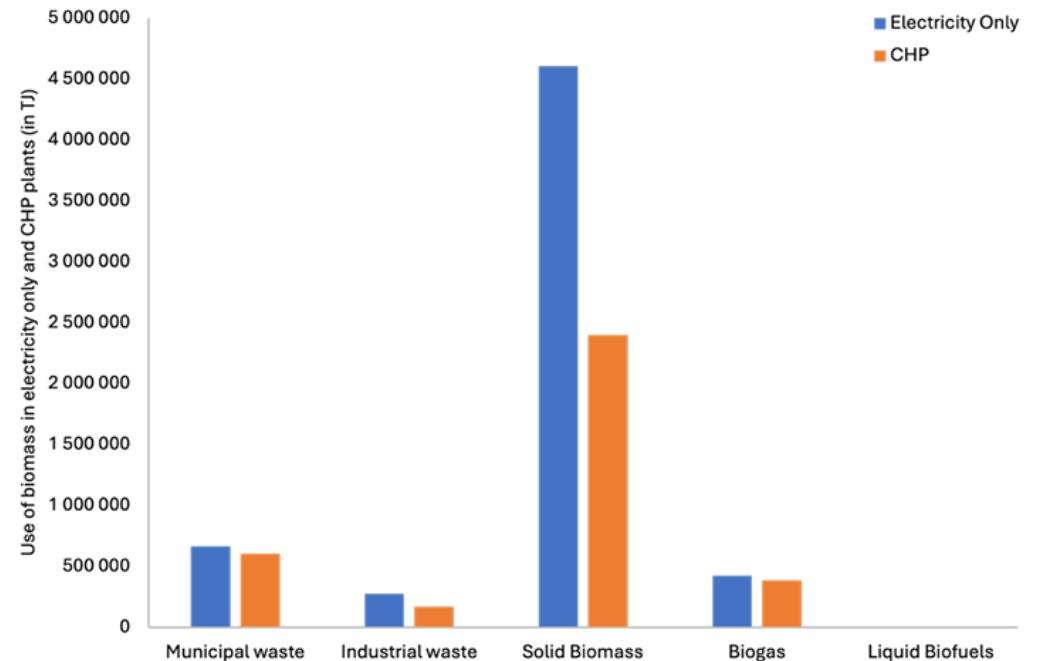
- **Definição:** Biomassa é material orgânico de origem vegetal, animal ou microbiana, utilizado para gerar energia.
- **Importância:**
 - **Fonte “renovável”.**
 - Contribui para a **redução da dependência dos combustíveis fósseis.**
 - Relacionado com a **economia circular.**
- **Utilização:** Calor, eletricidade e biocombustíveis.

Biomassa e eletricidade

Geração eletricidade com renováveis e fração de bioenergia

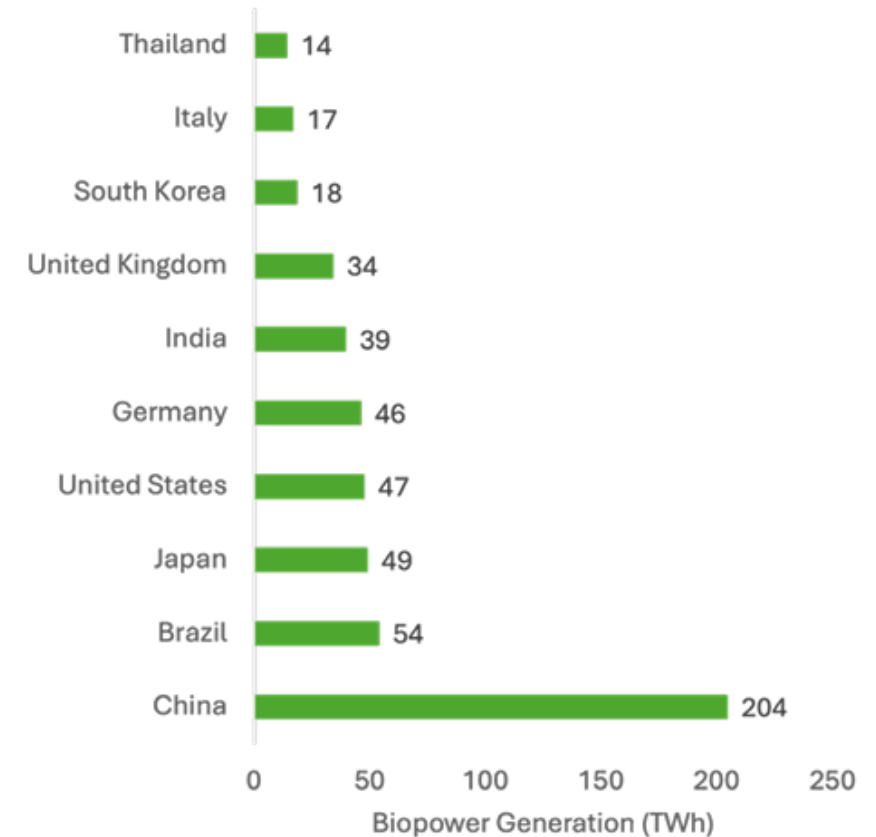
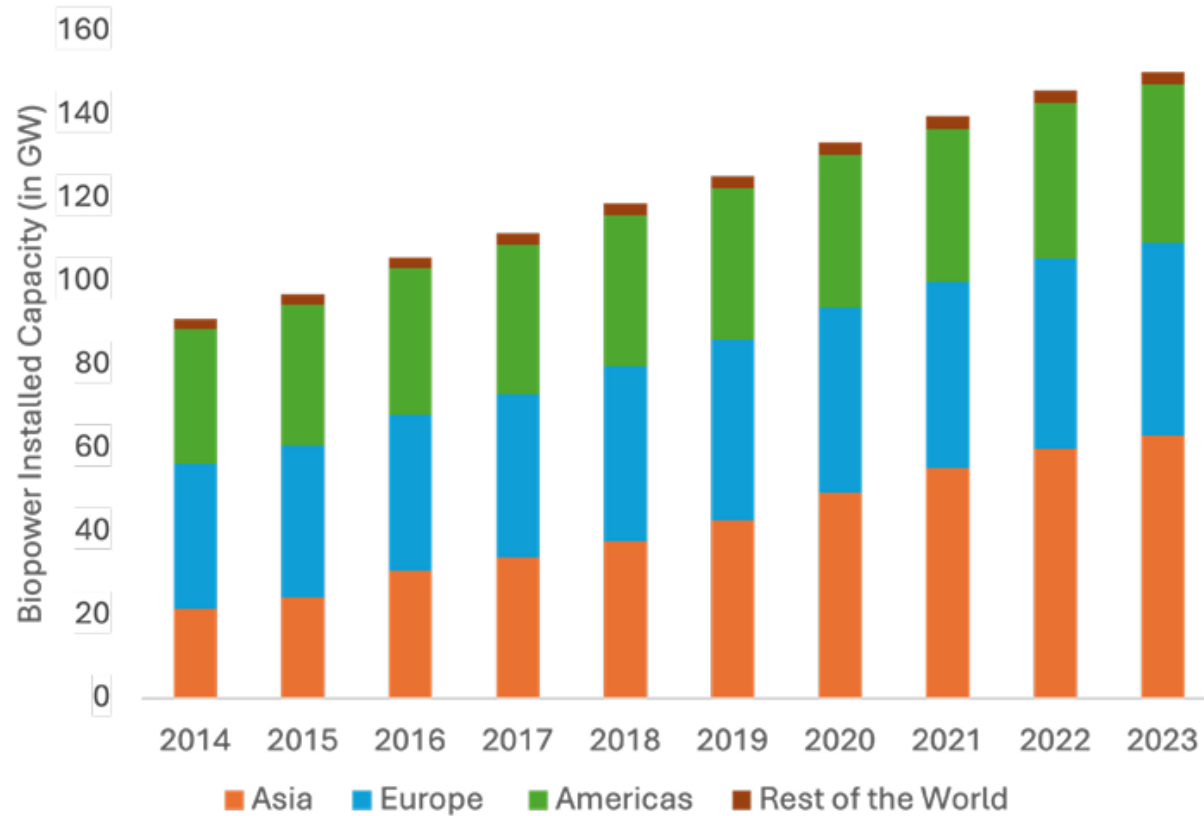


Eletricidade e cogeração (CHP – combined heat and power)



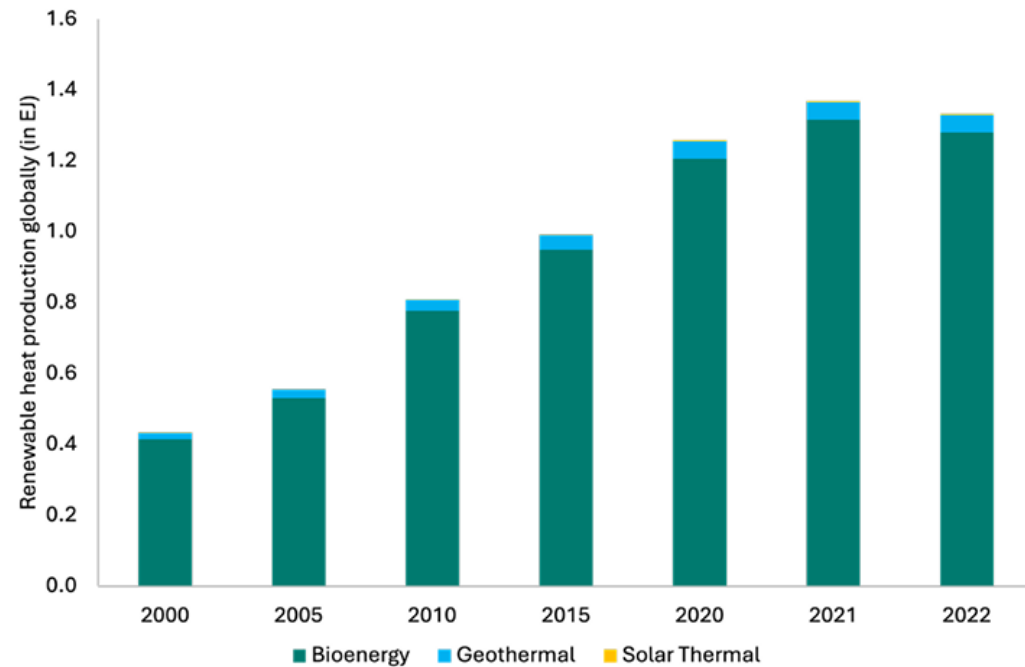
Biomassa e eletricidade

Capacidade instalada biopower

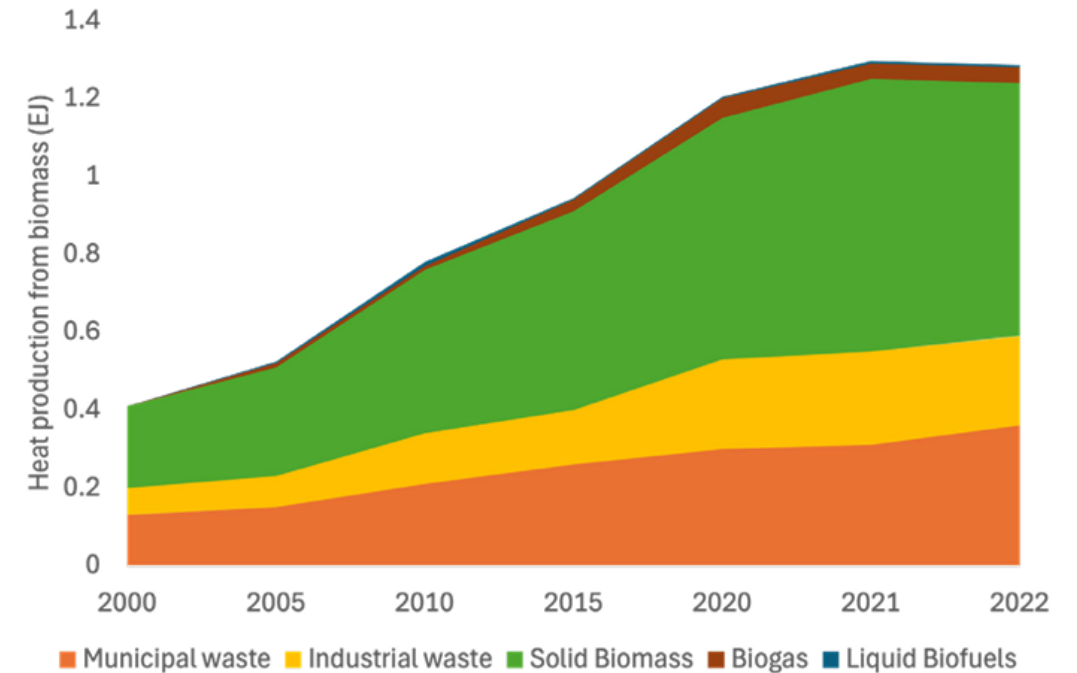


Biomassa e calor

Produção de calor renovável

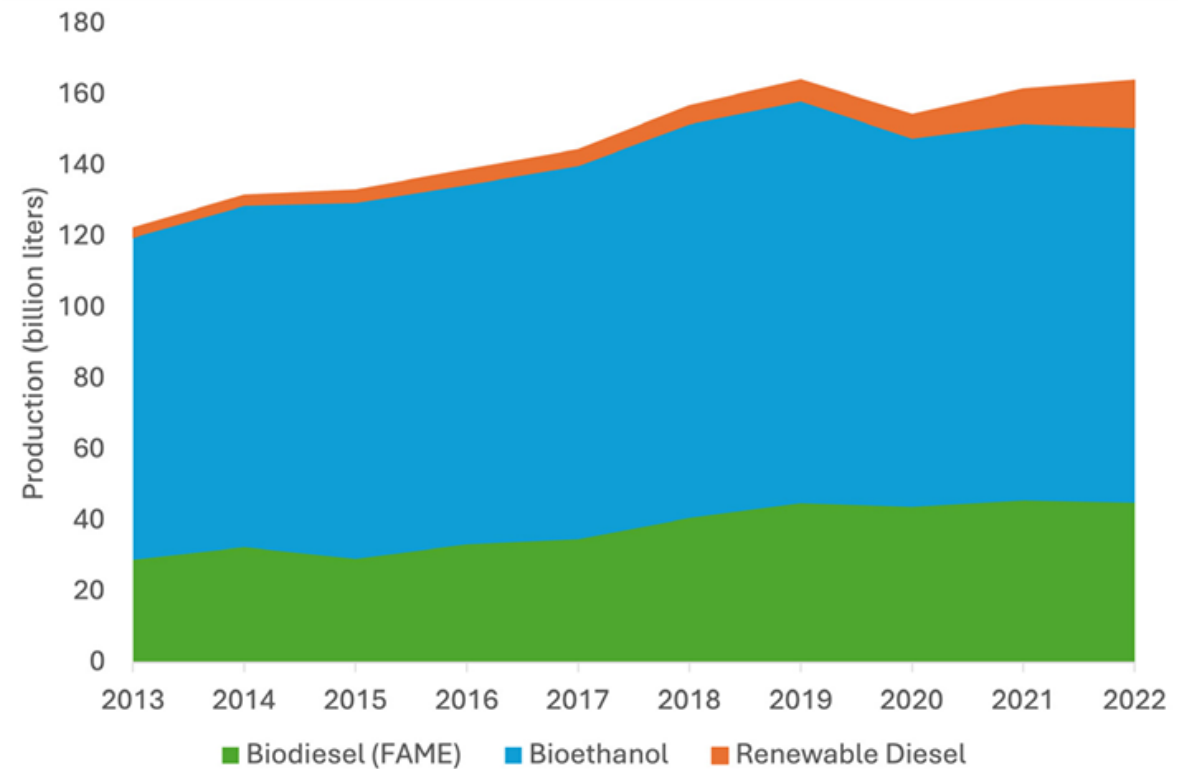
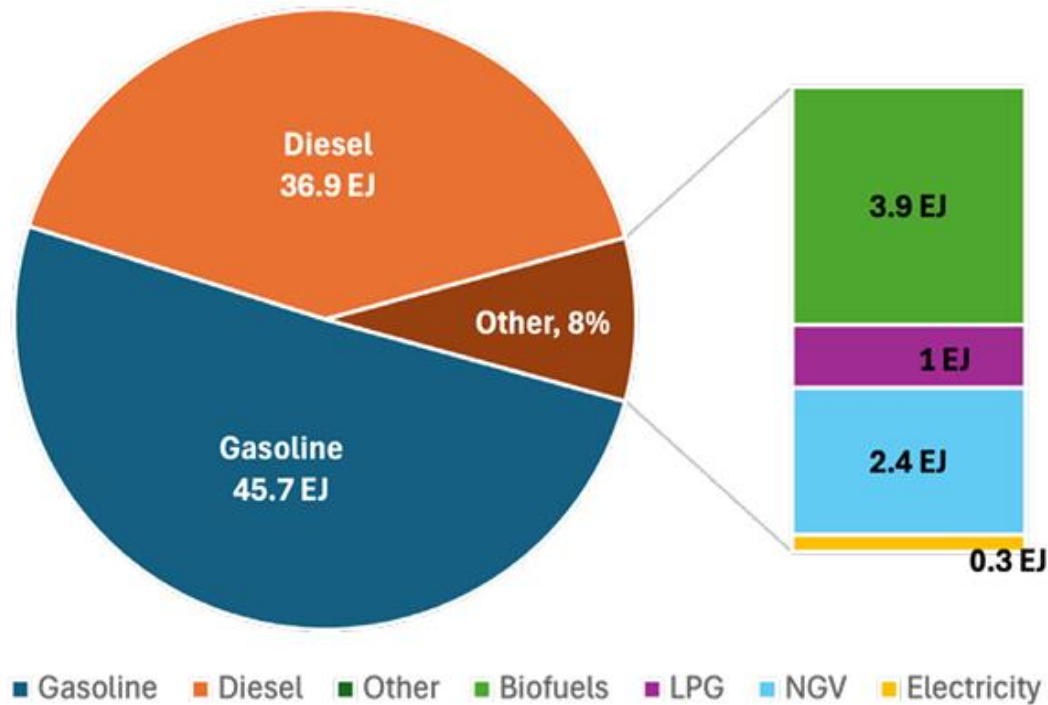


Produção de calor a partir da biomassa



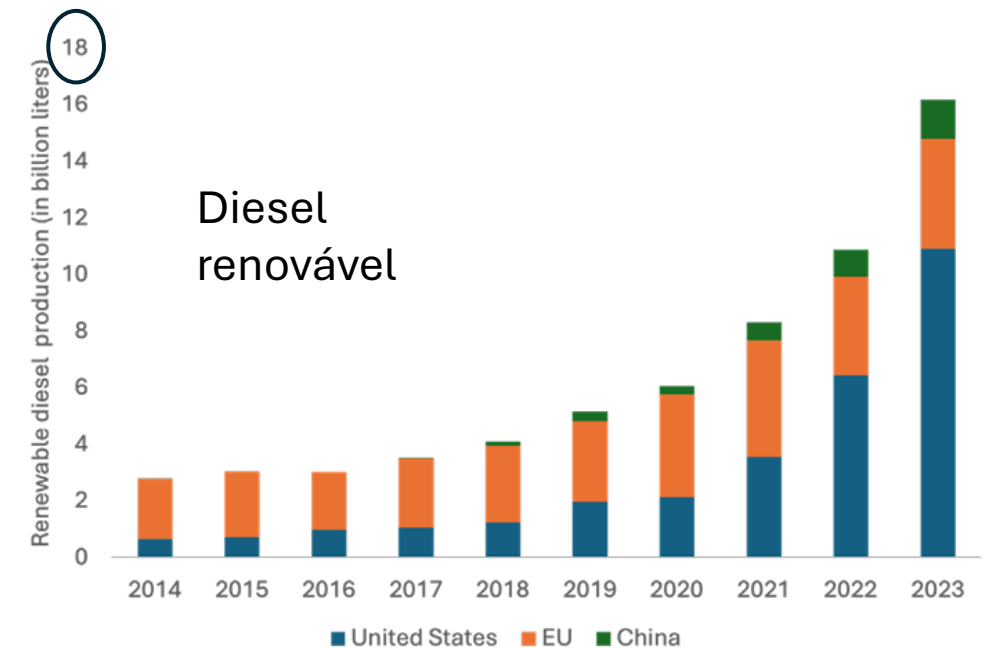
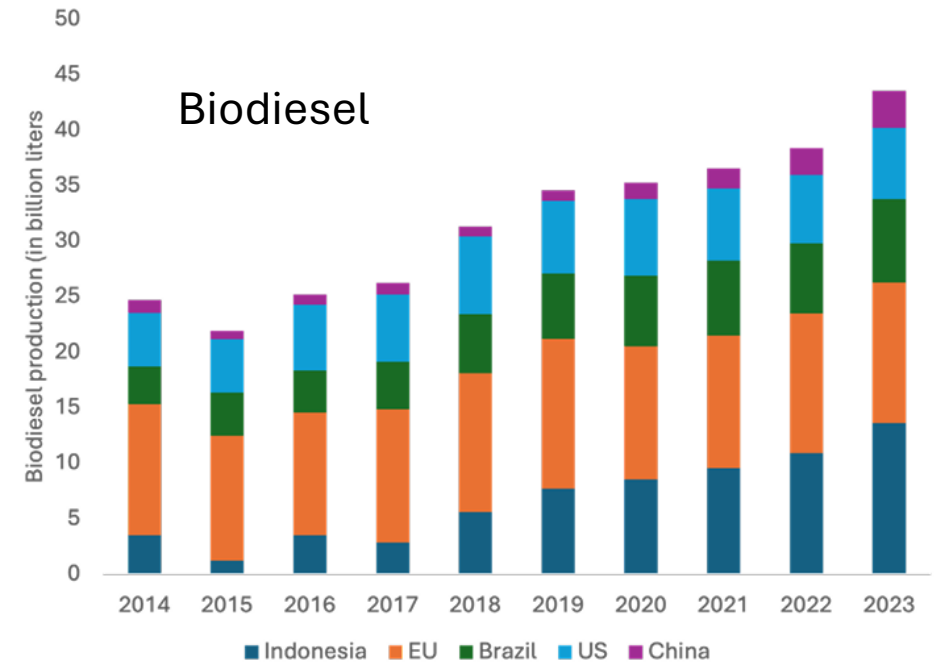
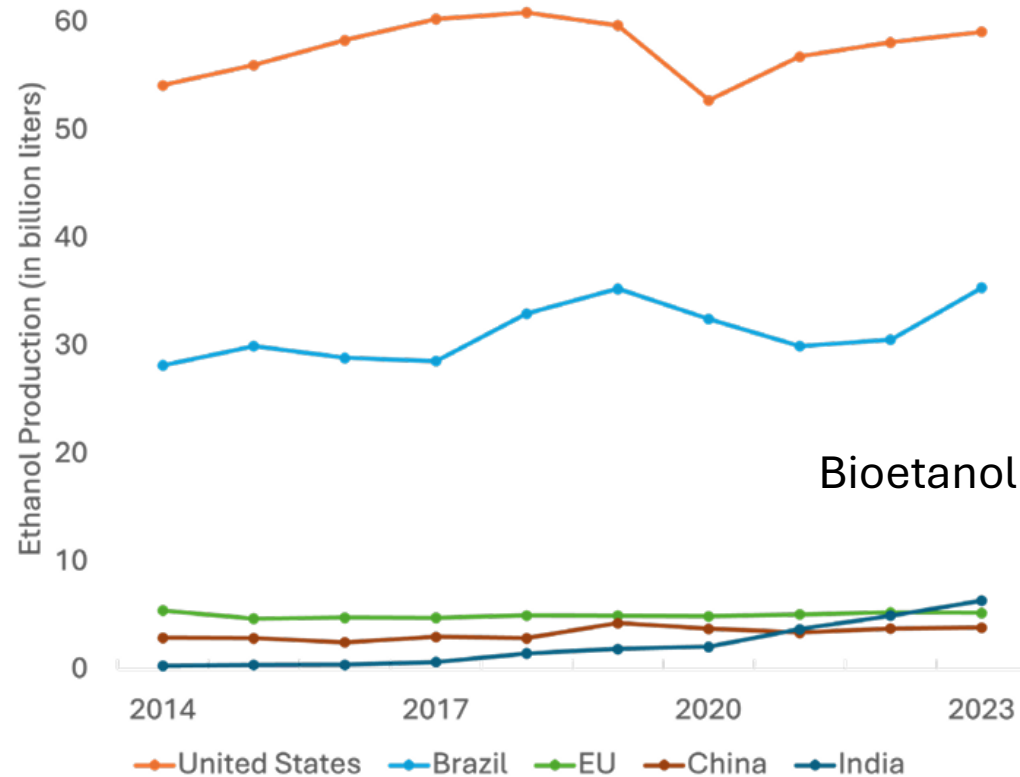
Biomassa e transportes

Consumo energia para transporte rodoviário



Biomassa e transportes

Produção biocombustíveis

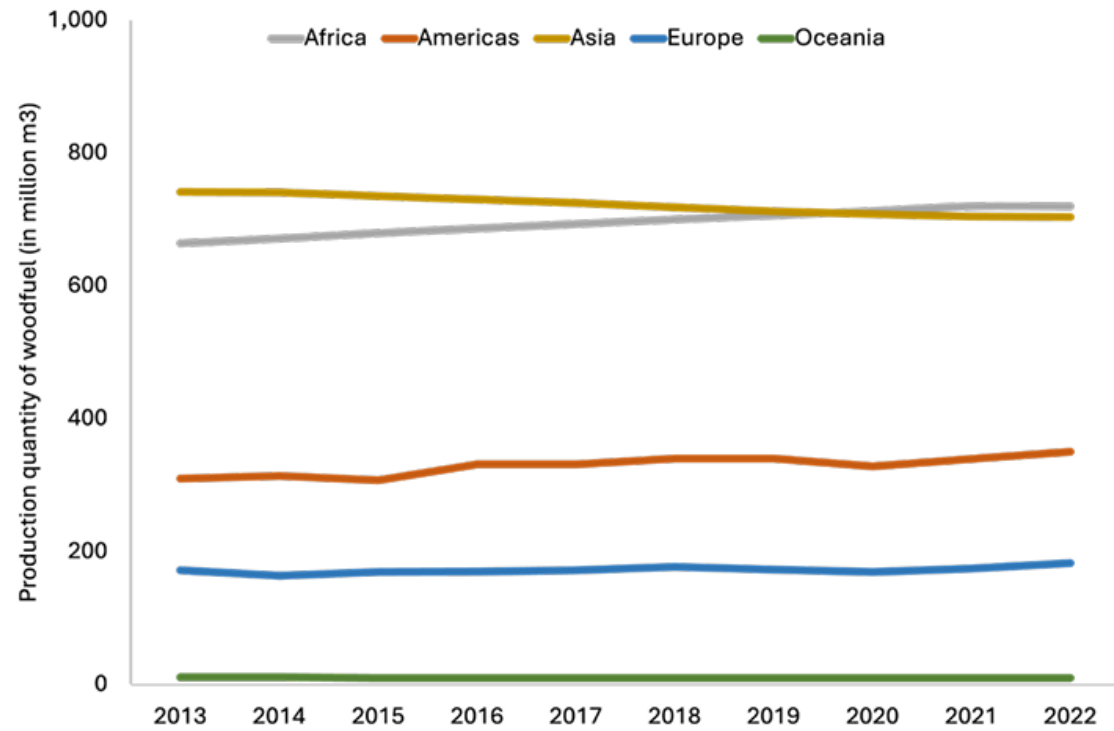


Fontes de biomassa

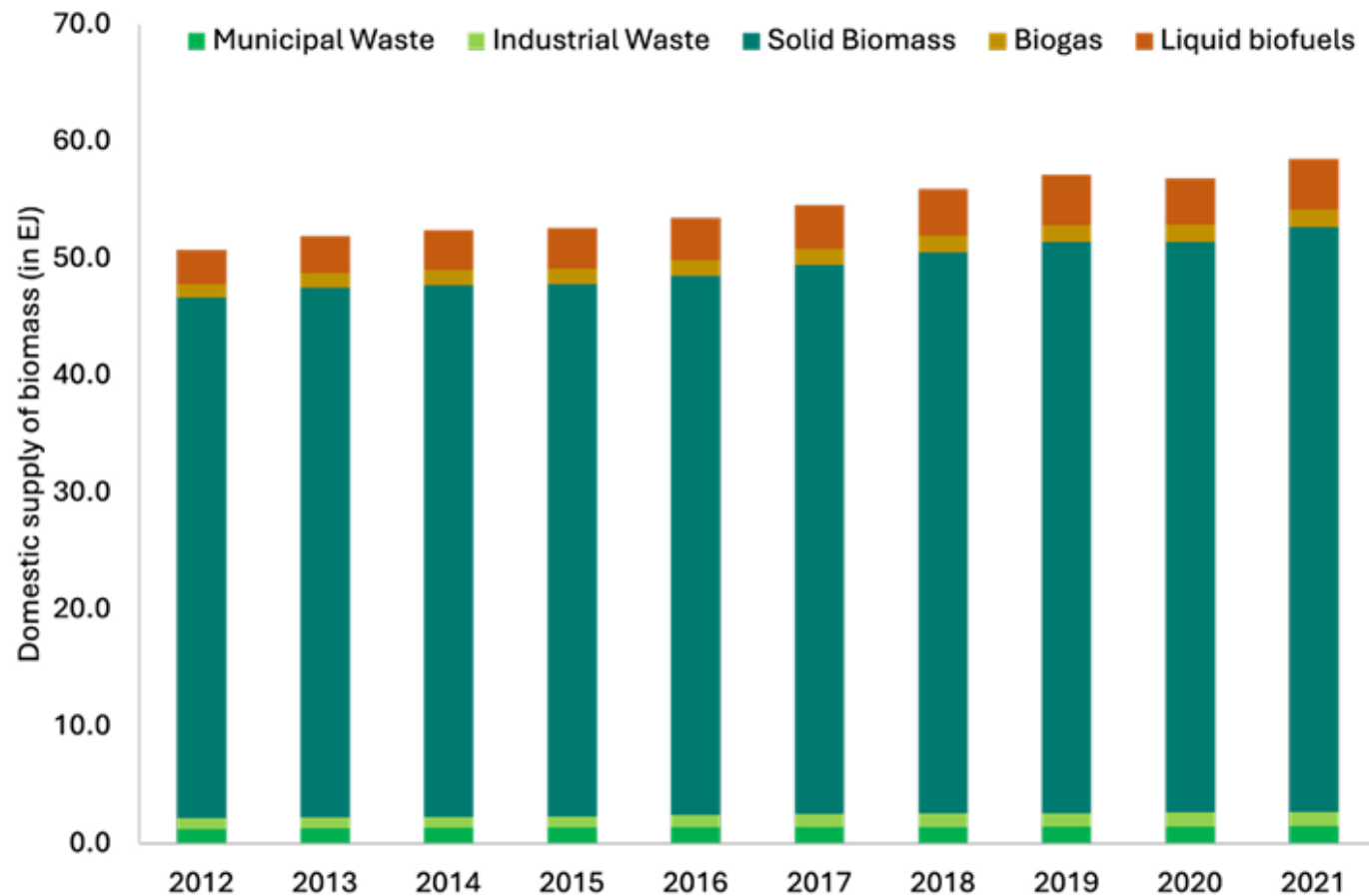
- **Florestais:** Resíduos de madeira, folhas, galhos.
- **Agrícolas:** Resíduos de culturas (palha, bagaço de cana, casca de arroz).
- **Resíduos urbanos:** Resíduos alimentares, óleos usados, biogás de aterros.
- **Aquáticos:** Microalgas e macroalgas (para biocombustíveis).

Fontes de biomassa

Produção de madeira para combustível



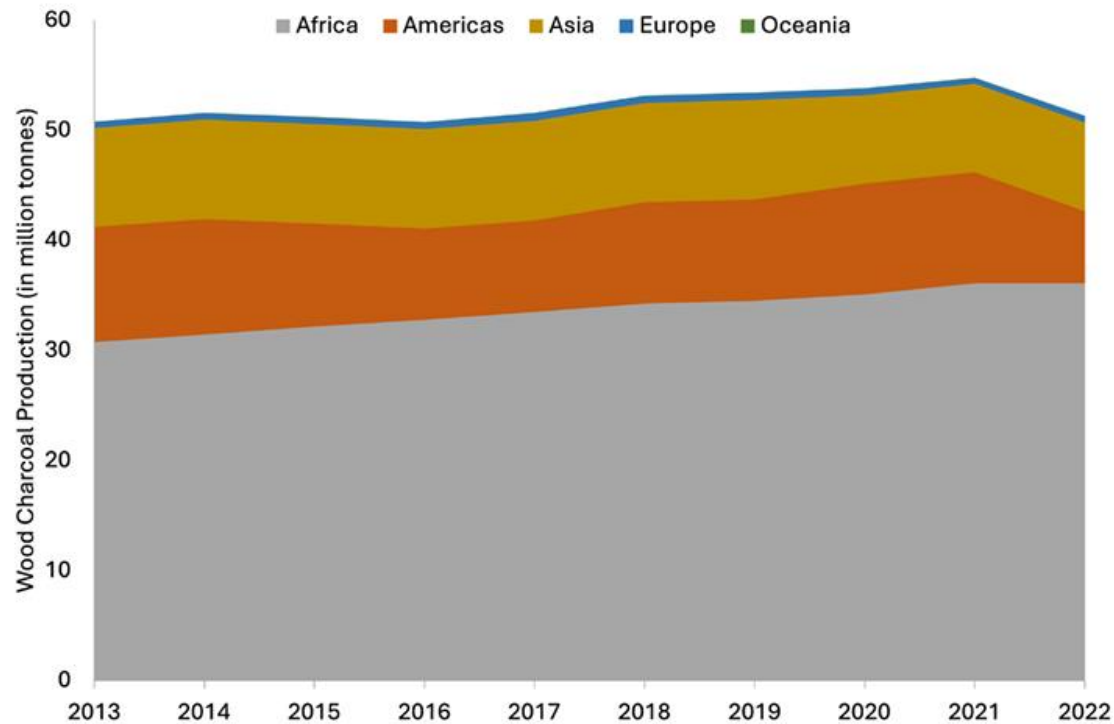
Fontes de biomassa



A grande fatia de produção da biomassa é de origem florestal: lenha

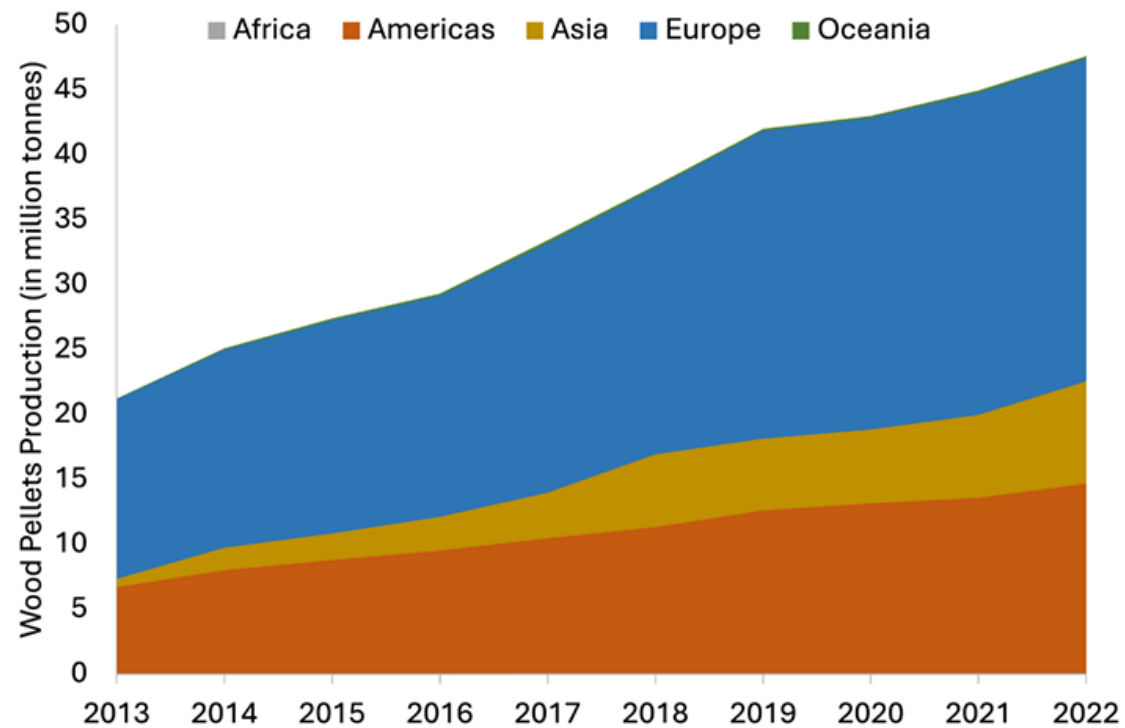
Fontes de biomassa

Produção de carvão vegetal



Fontes de biomassa

Produção de *pellets*



Fontes de biomassa

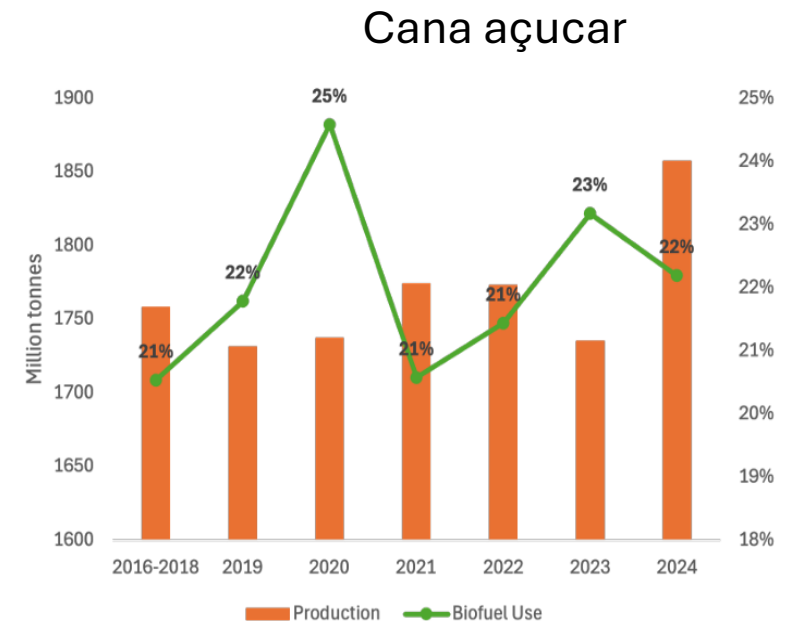
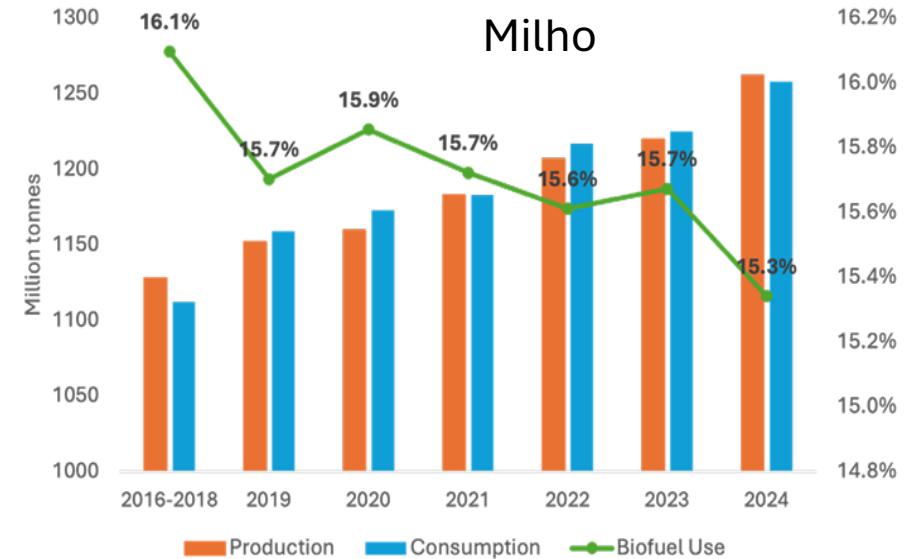
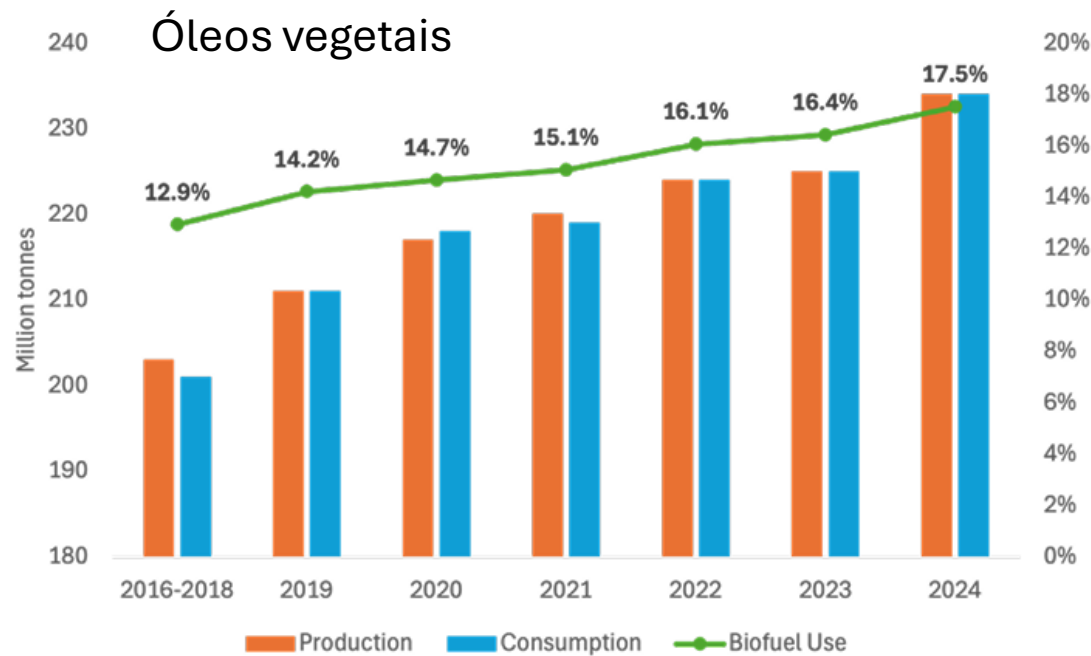
Poder calorífico da bioenergia

Combustível	Poder calorífico MJ/kg	Fonte
Carvão vegetal	25 – 30	Depende da espécie da madeira
Pellets	17 – 20	Depende da densidade e humidade
Lenha (madeira seca)	15 – 20	Depende da espécie e humidade
Biodiesel	37 – 40	Para biodiesel produzido a partir de óleos vegetais
Bioetanol	26 – 30	Produzido a partir de culturas agrícolas
Biogás	35 – 55	Decomposição de matéria orgânica, depende da origem

Fontes de biomassa

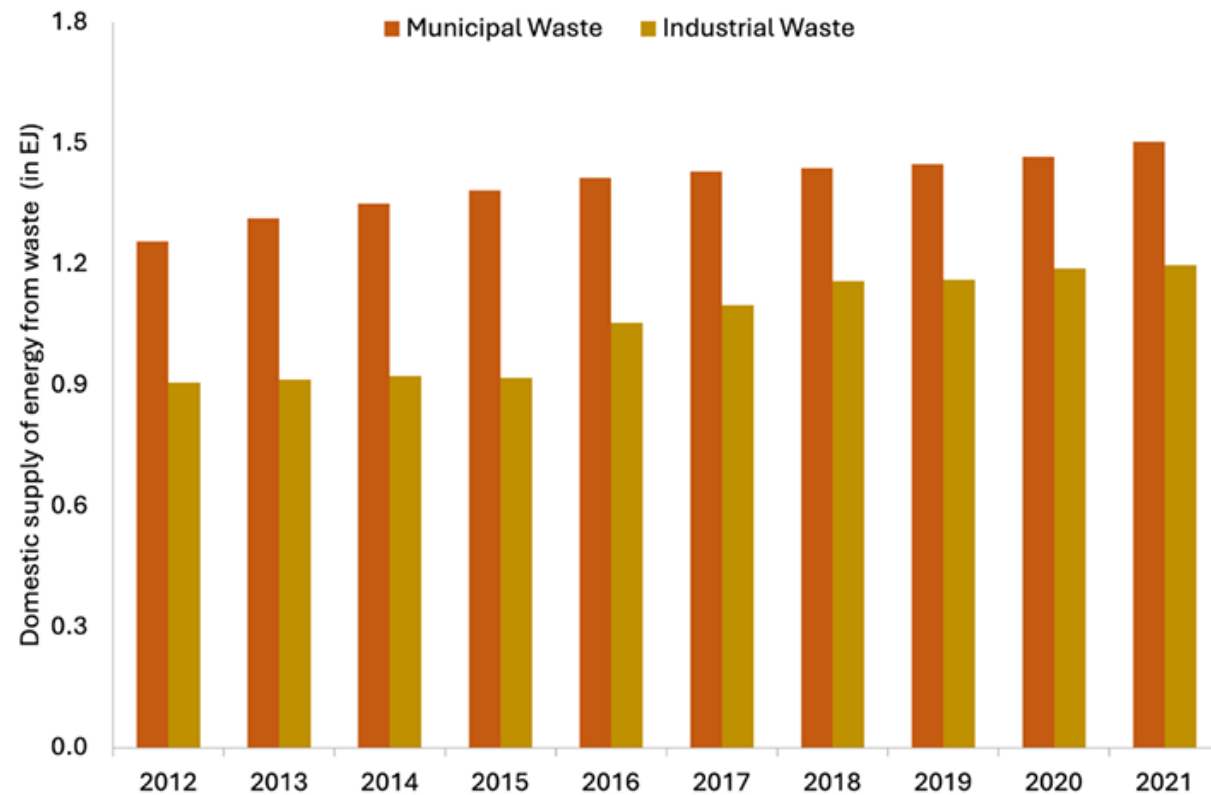


Competição *fuel vs food*



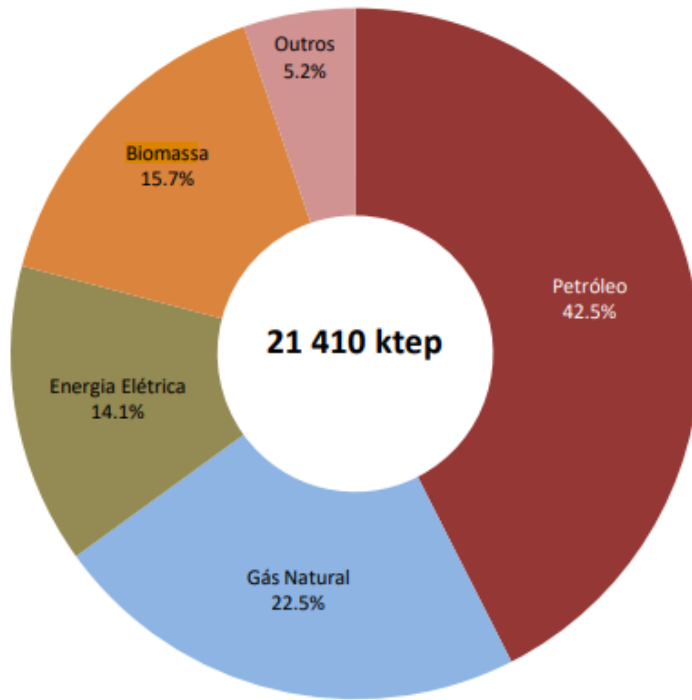
Fontes de biomassa

Resíduos

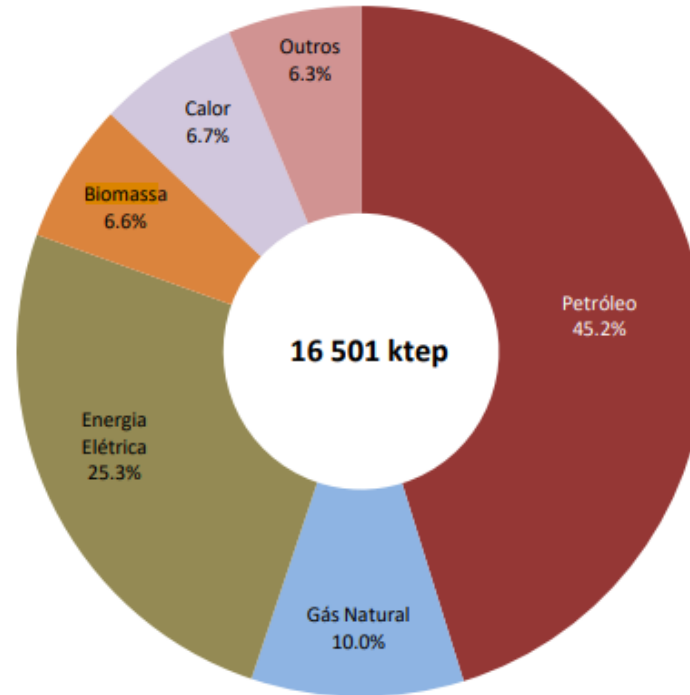


Biomassa em Portugal

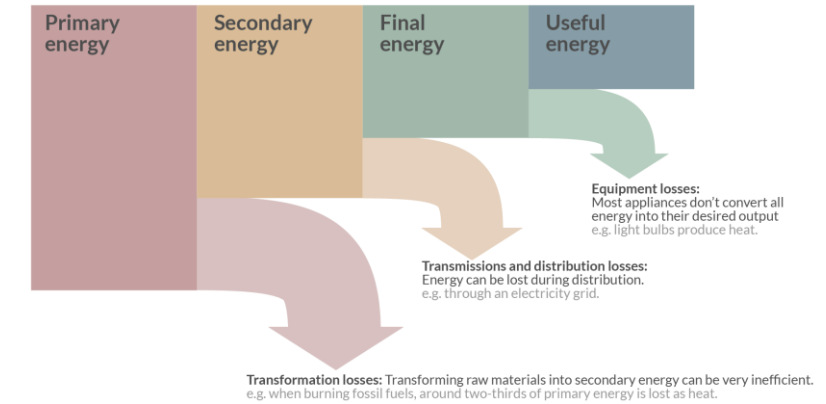
Consumo de Energia Primária
2022



Consumo de Energia Final
2022



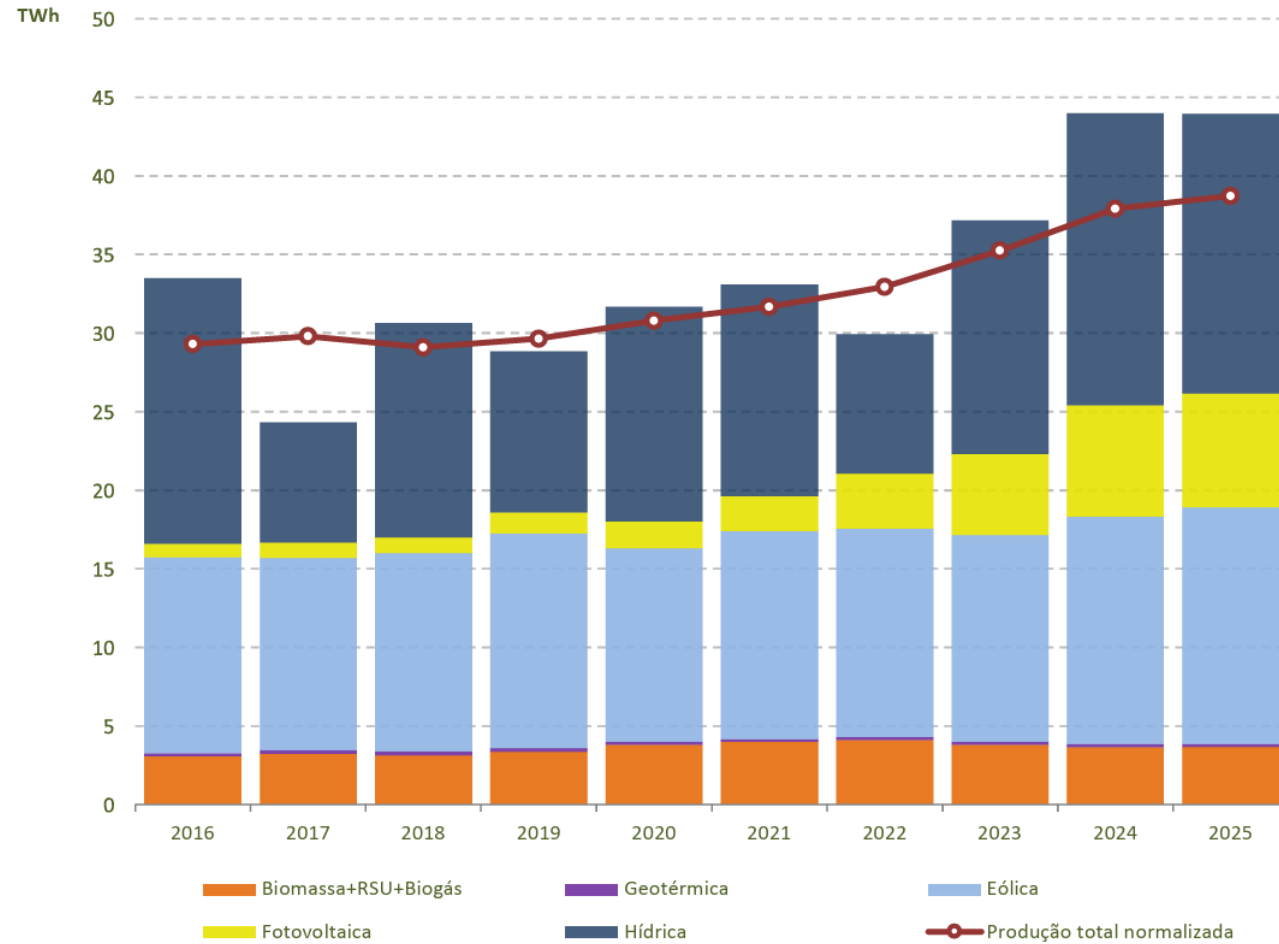
Useful energy is just a fraction of primary energy



tonne of oil
equivalent (toe)

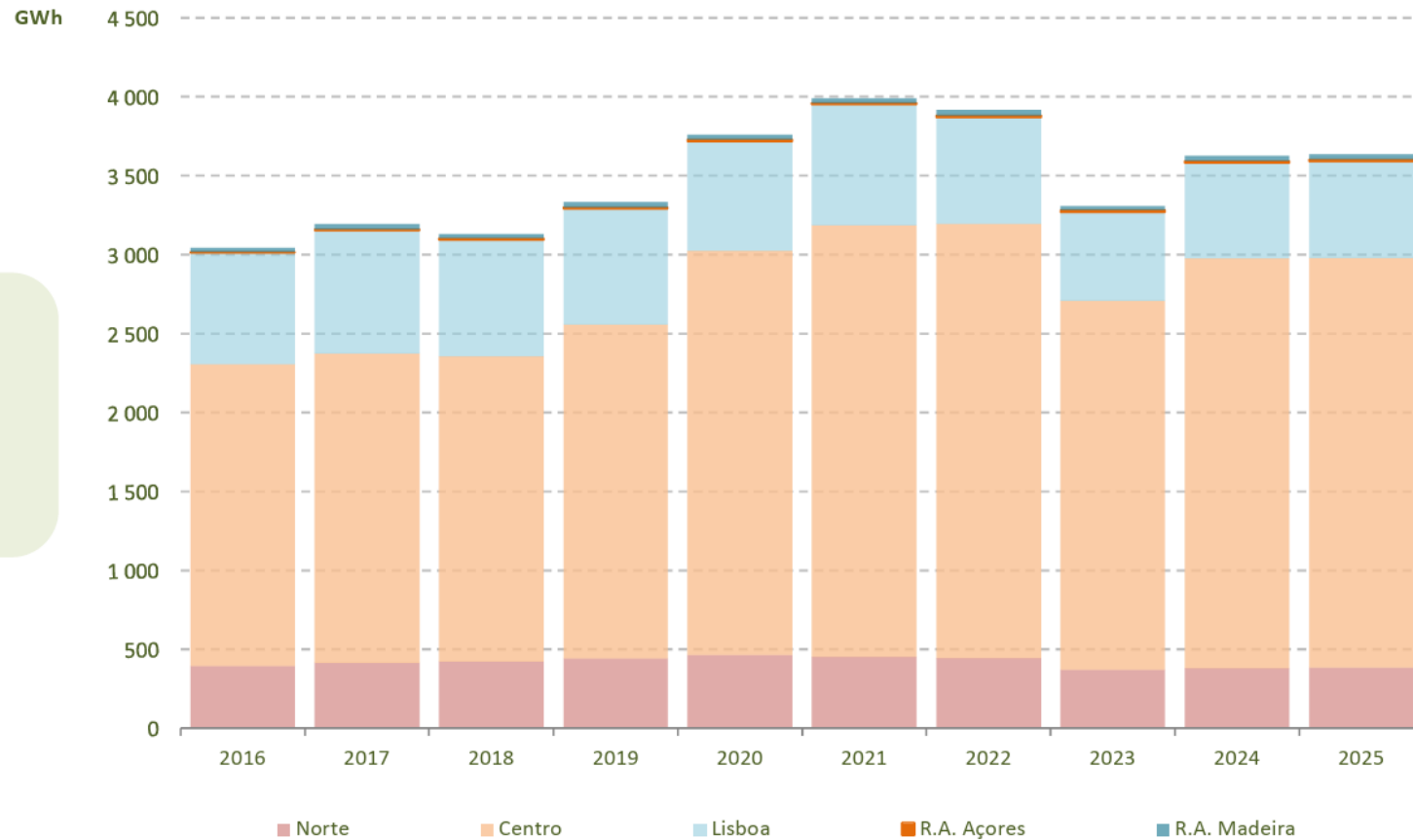
1 tep (tonelada equivalente de petróleo) = 41.85 GJ = 11.6 MWh

Biomassa em Portugal



Biomassa em Portugal

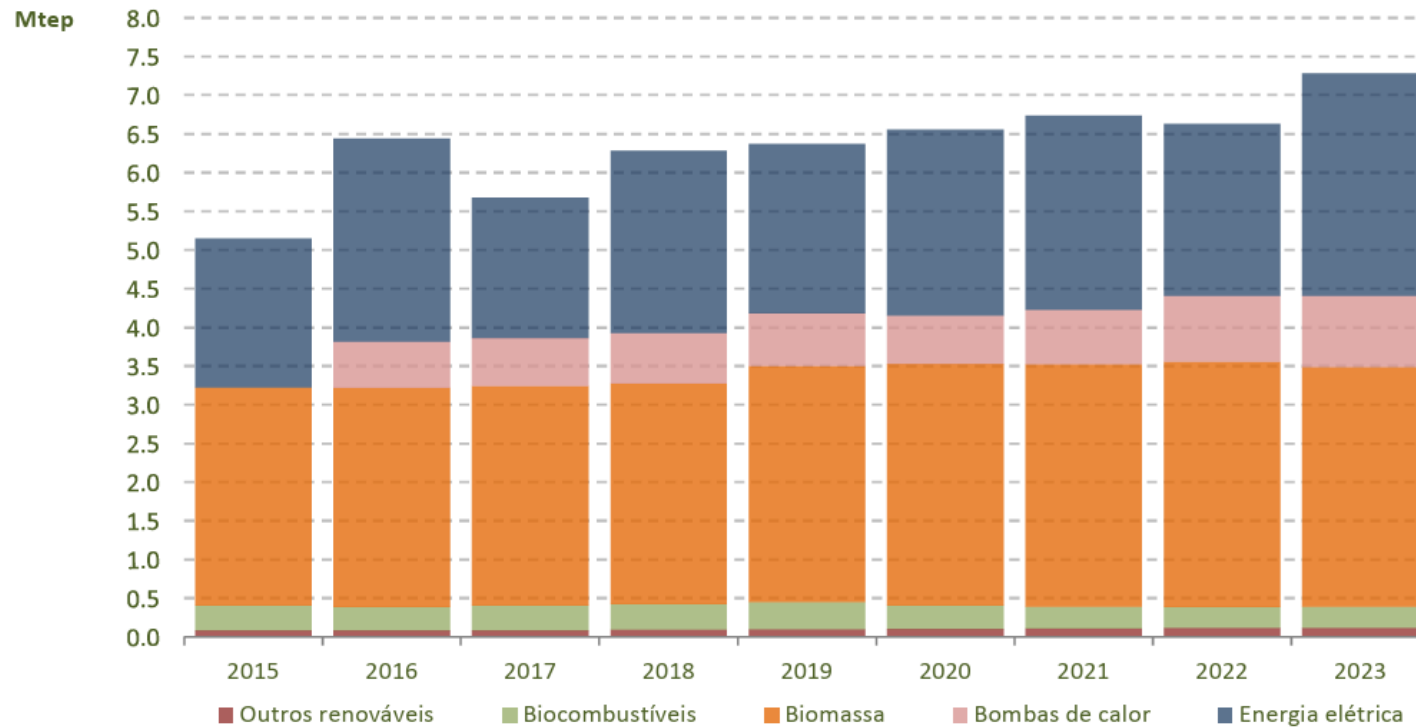
Cerca de 72% da produção de energia elétrica a partir de biomassa, situa-se na região centro.



Biomassa em Portugal

Cerca de 42% da produção renovável provém da biomassa e 39% da eletricidade.

Em 2023, 60% da biomassa foi transformada em outras formas energéticas, nomeadamente em centrais termoelétricas e em centrais de cogeração.



Conversão de biomassa em energia

Conversão de biomassa em energia

Tipos de conversão:

- **Termodinâmica**: Combustão, gaseificação, pirólise.
- **Biológica**: Fermentação, digestão anaeróbica.

Conversão de biomassa em energia **térmica**

Combustão direta:

- Como funciona: queima direta da biomassa para gerar calor.
- Exemplos: caldeiras industriais, aquecimento de edifícios, *district heating*



Conversão de biomassa em energia elétrica

Centrais de cogeração (CHP)

Alimentação de biomassa:

Resíduos orgânicos como madeira, pellets, resíduos agrícolas, ou resíduos florestais.

Preparação:

trituração e secagem da biomassa para facilitar a combustão.

Combustão:

Biomassa é queimada em caldeiras de alta eficiência para gerar calor, utilizado para gerar vapor.

Geração de Eletricidade:

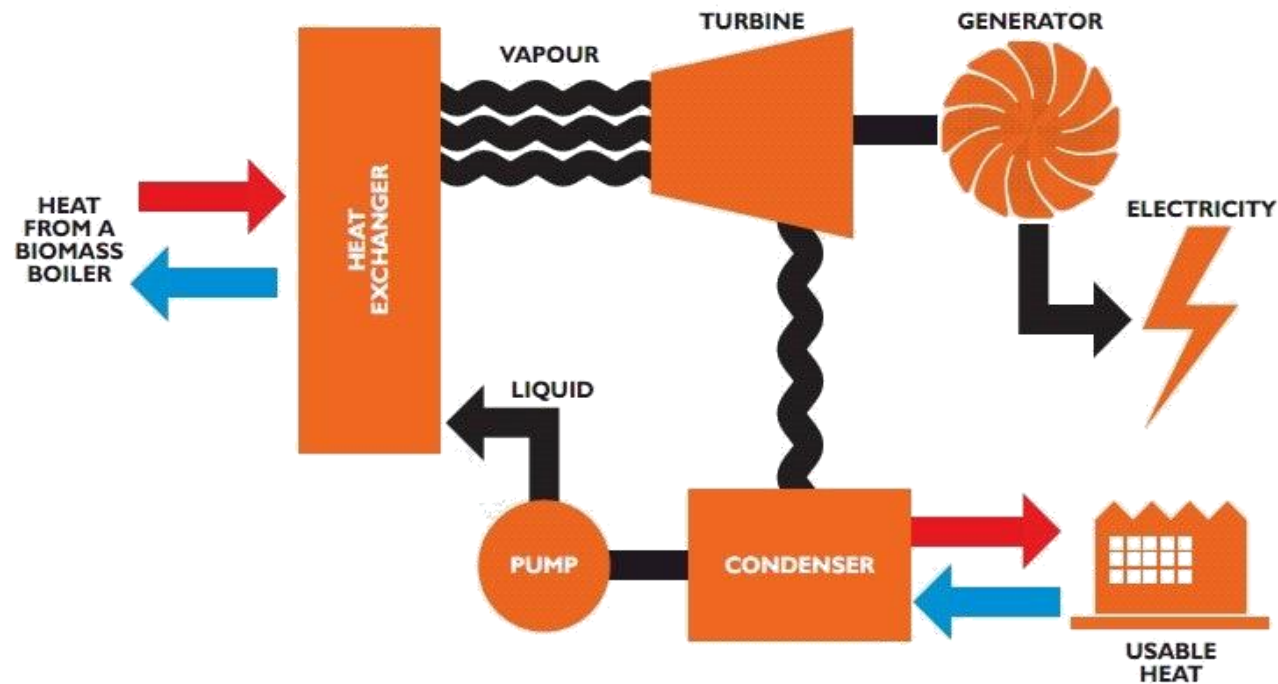
O vapor de alta pressão é direcionado para uma turbina a vapor, que aciona um gerador elétrico produzindo eletricidade.

Recuperação de Calor:

O calor residual da combustão é recuperado e utilizado para aquecer processos industriais (como a pasta de papel) ou para aquecimento urbano.

Conversão de biomassa em energia elétrica

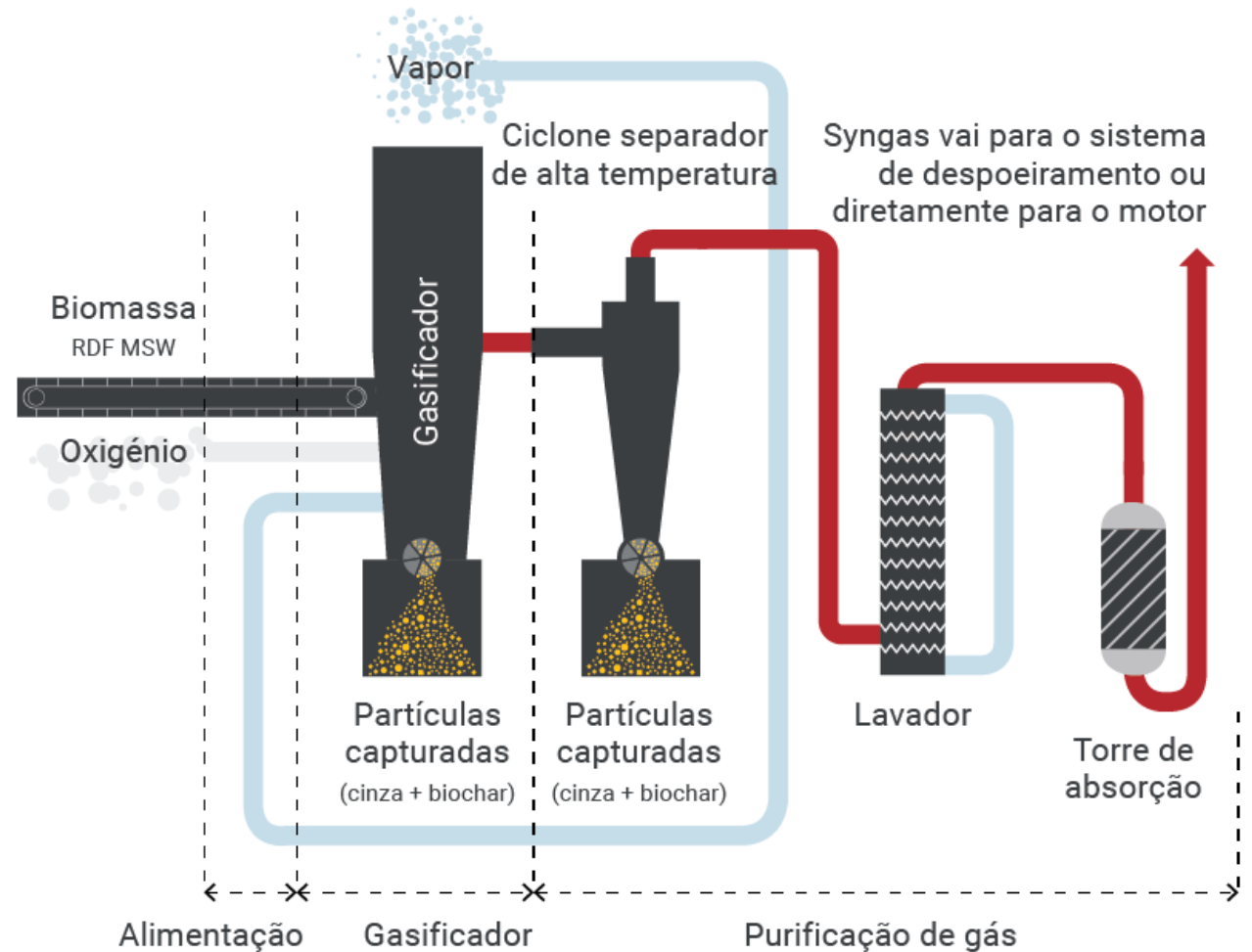
Centrais de cogeração (CHP)



Conversão de biomassa em **biogás**

Gaseificação:

- Como funciona: conversão térmica da biomassa em um gás combustível (*syngas*).
- Usos: geração de calor (ou eletricidade), como o gás natural.



Conversão de biomassa em **biogás**

Gaseificação:

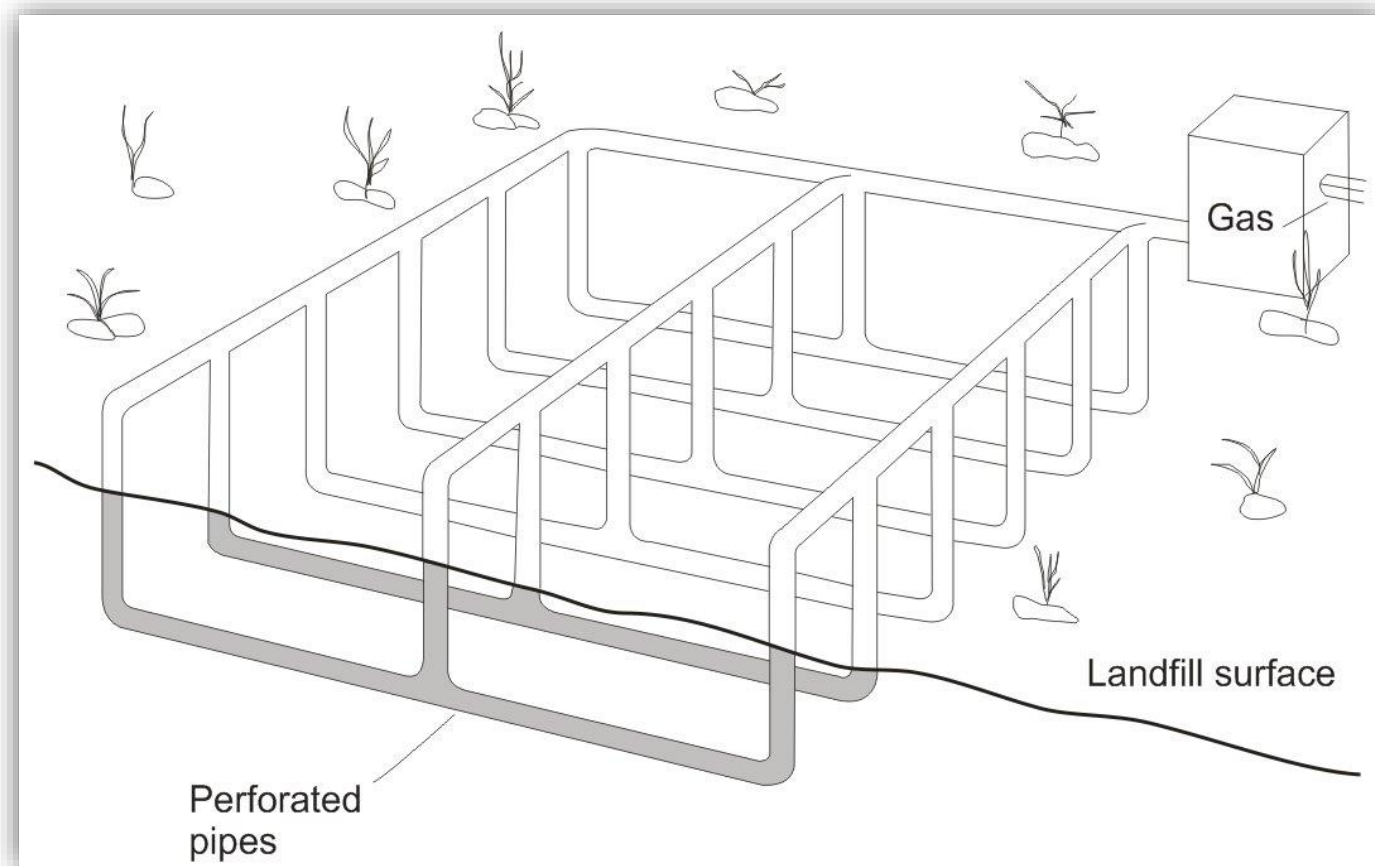
- Como funciona: conversão térmica da biomassa em um gás combustível (*syngas*).
- Usos: geração de calor (ou eletricidade), como o gás natural.

Etapa	Temperatura	Reações Principais	Descrição
Secagem	100 °C		Remoção da humidade
Pirólise	500 °C	$\text{CH}_x\text{O}_y \rightarrow \text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_6 + \dots$	Decomposição térmica da biomassa em carvão e hidrocarbonetos leves
Oxidação	800 °C	$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$	Queima parcial do carvão para gerar calor e ativar a gaseificação.
Redução	700 °C	$\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{CO}$ $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$ $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ $\text{C} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$	Conversão do carvão e dos gases formados em syngas.
Produto final		Syngas: $\text{CO}, \text{H}_2, \text{CH}_4, \text{CO}_2$	

Conversão de biomassa em **biogás**

Em **aterros** sanitários.
Resíduos orgânicos entre
camadas de barros, que
captura metano libertado pela
decomposição anaeróbica.

Eficiência (valor calorífico do
 CH_4 extraído/matéria orgânica)
é apenas **20%** embora, em
digestores dedicados se
consiga alcançar **50-55%**.



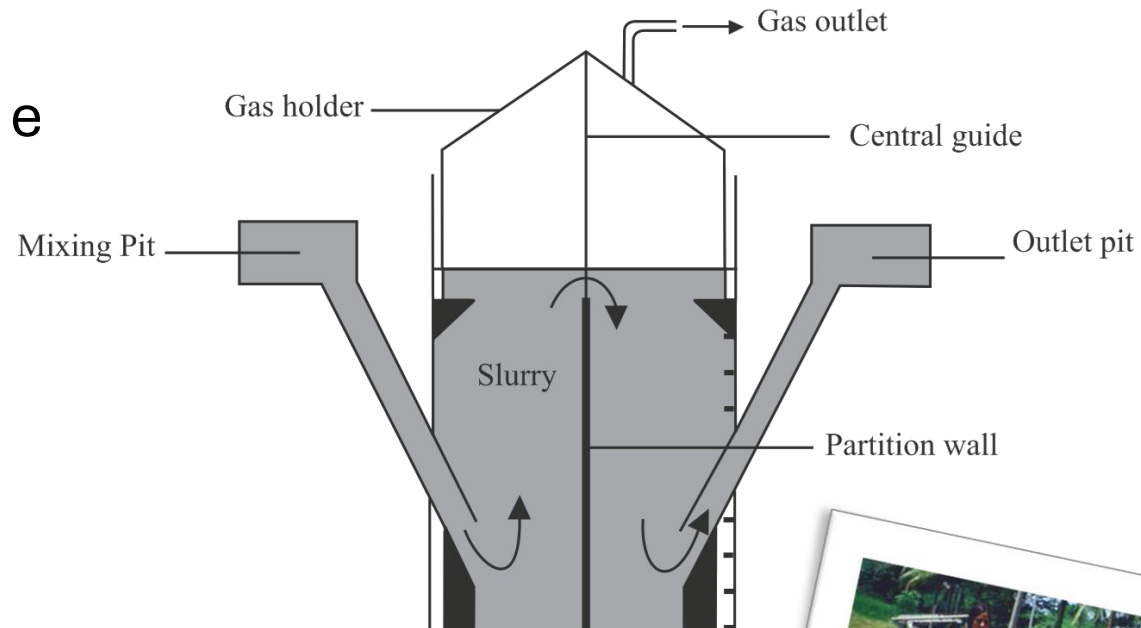
Conversão de biomassa em **biogás**

A partir de resíduos **pecuária** e **esgotos**.

Produção de biogás:

- 200 - 400 m³/ton
- 50 - 75% CH₄
- 4 - 10 GJ/ton

Resíduos do processo:
azoto concentrado, pode ser
utilizado como fertilizante



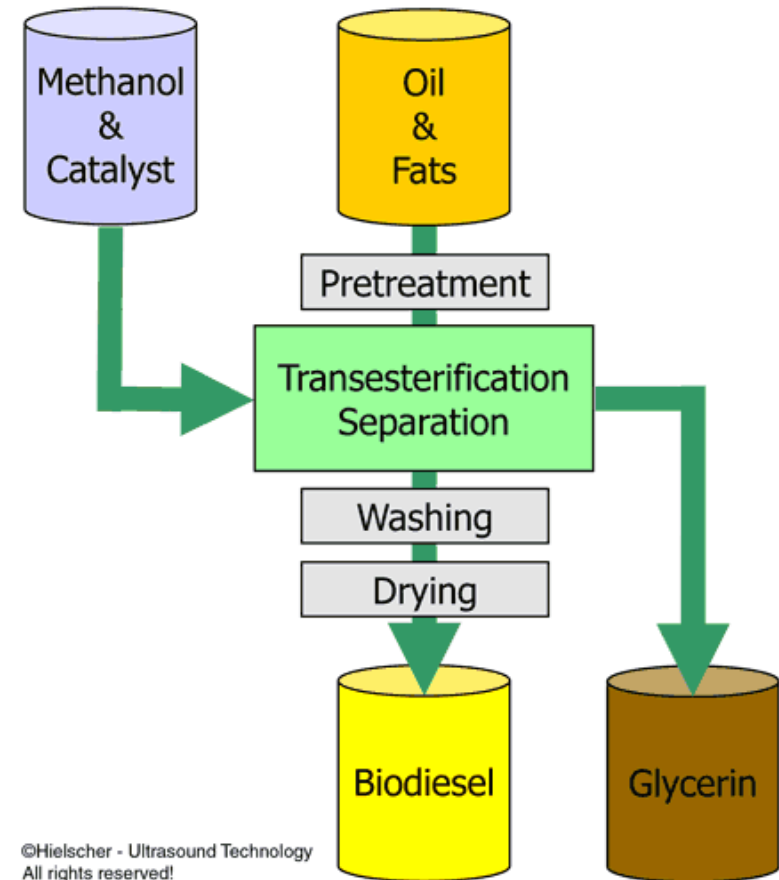
Conversão de biomassa em **biocombustíveis**

Produção de biodiesel por

transesterificação:

Aquecimento de um óleo vegetal (e.g. triacilglicerol) + 10% álcool (metanol) na presença de um catalisador, de que resulta

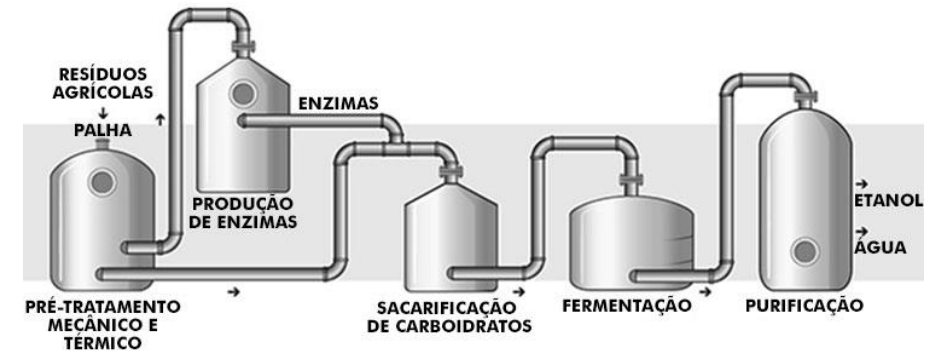
biodiesel (com menor viscosidade) + **glicerina** (subproduto que pode ser decantado, e tem muitas aplicações)



Conversão de biomassa em **biocombustíveis**

Produção de **bioetanol** por fermentação:

- **Preparação** da matéria-prima (moagem, extração ou hidrolisação).
- **Fermentação** do açúcar ou amido em etanol e CO_2 .
- **Destilação** do etanol para separá-lo das impurezas.
- **Desidratação** para remover a água residual, obtendo etanol anidro.



Conversão de biomassa em **biocombustíveis**

Diesel renovável ou HVO
(Hydrotreated Vegetable Oil)

Hidrogenação:

Reação com hidrogénio a altas pressões e temperaturas para converter os triglicerídeos em hidrocarbonetos.

Parâmetro	Valor típico
Pressão	40 a 100 bar
Temperatura	300 a 400 °C
Catalisador	Ni (ou Co)

**Elevado consumo de energia:
requer uso fonte de energias
renováveis**

Conversão de biomassa em biocombustíveis

Comparação do **diesel renovável** com o biodiesel **convencional**:

- HVO pode ser utilizado **diretamente em motores a diesel** sem necessidade de modificações
- Propriedades como **viscosidade**, **solubilidade** e **poder calorífico** mais semelhante com diesel
- Combustão **mais limpa**, com **menores emissões de partículas**, NOx (óxidos de azoto) e compostos aromáticos em comparação com o biodiesel convencional
- Maior **estabilidade** térmica e resistência à oxidação.

Conversão de biomassa em energia: resumo

Tecnologia	Calor	Eletricidade	Biocombustíveis
Processos Termodinâmicos	Combustão Direta: Queima de biomassa para gerar calor.	Gaseificação: Geração de eletricidade a partir de gás de síntese.	Óleo Vegetal Hidrotratado
	Pirólise: Produção de calor a partir de bioóleo.	Cogeração: Geração de eletricidade e calor residual.	
Processos Biológicos	Digestão Anaeróbica: Produção de calor a partir do biogás.	Digestão Anaeróbica: Geração de eletricidade a partir de biogás.	Fermentação: Produção de bioetanol a partir de açúcares ou amidos.
			Transesterificação: Produção de biodiesel a partir de óleos vegetais ou gorduras.

Conversão de biomassa em energia: resumo

Produto	Calor	Eletricidade + Calor	Eletricidade		Biogás	Etanol	Biodiesel	
Processo	Combustão direta	CHP	Combustão em centrais termoelétricas	Gaseificação + Turbina a gás	Digestão Anaeróbia	Fermentação Alcoólica	Trans-esterificação	HVO
Eficiência (%)	75 – 90	20 – 40 (power) 40 – 50 (heat)	20 – 35	35 – 50	30 – 60	40 – 50	85 – 95	85 – 95
Pros	Simples e eficiente	Eficiente	Tecnologia madura	Despachável	Subproduto: fertilizantes	Reduz dependência de fósseis	Alta eficiência	Pode ser usado puro
Contras	Elevadas emissões se não controladas	Requer procura local por calor	Baixa eficiência	Normalmente combina com gás natural	Processo lento. Contaminantes	Requer grandes áreas	Tem que ser combinado com diesel fóssil	Produção limitada e custo elevado

Densidade energética

Colheita	Litros/hectare/ano
Algas(*)	3000
Sebo chinês	907
Óleo de palma	4752
Coco	2151
Colza	954
Soja (Indiana)	554-922
Amendoim	842
Girassol	767
Cânhamo	242

Como é que isto se compara com o fotovoltaico?

[1 litro biodiesel = 10kWh]

4752 litros/ano = 4.8×10^4 kWh/ano

1 hectare = 1×10^4 m²

4.8×10^4 kWh/ano / 1×10^4 m² =

4.8 kWh/m²/ano

13 Wh/m²/dia

Radiação incidente: 4000 Wh/m²/dia

Eficiência <0.5%!!

Impactos da bioenergia

Impactos da bioenergia

- ☐ Fertilidade e produtividade dos solos
- ☐ Uso de água
- ☐ Uso de fertilizantes, herbicidas e pesticidas
- ☐ Emissões de poluentes atmosféricos e água
(produção, processamento , e consumo)
- ☐ Organismos modificados geneticamente

Impactos da bioenergia

- ☐ Remoção metais pesados dos solos
- ☐ Utilização de cinzas e separação de metais pesados
- ☐ Tratamento resíduos sólidos urbanos
- ☐ Redução erosão
- ☐ Promoção biodiversidade
- ☐ Emprego

Promoção da biodiversidade?

Depende !?

- ☐ **POSITIVO**

Pequena floresta/ervas substitui campos agrícolas

- ☐ **NEGATIVO**

Devastação floresta tropical para cultivo de cana ou palma.

Promoção da biodiversidade?

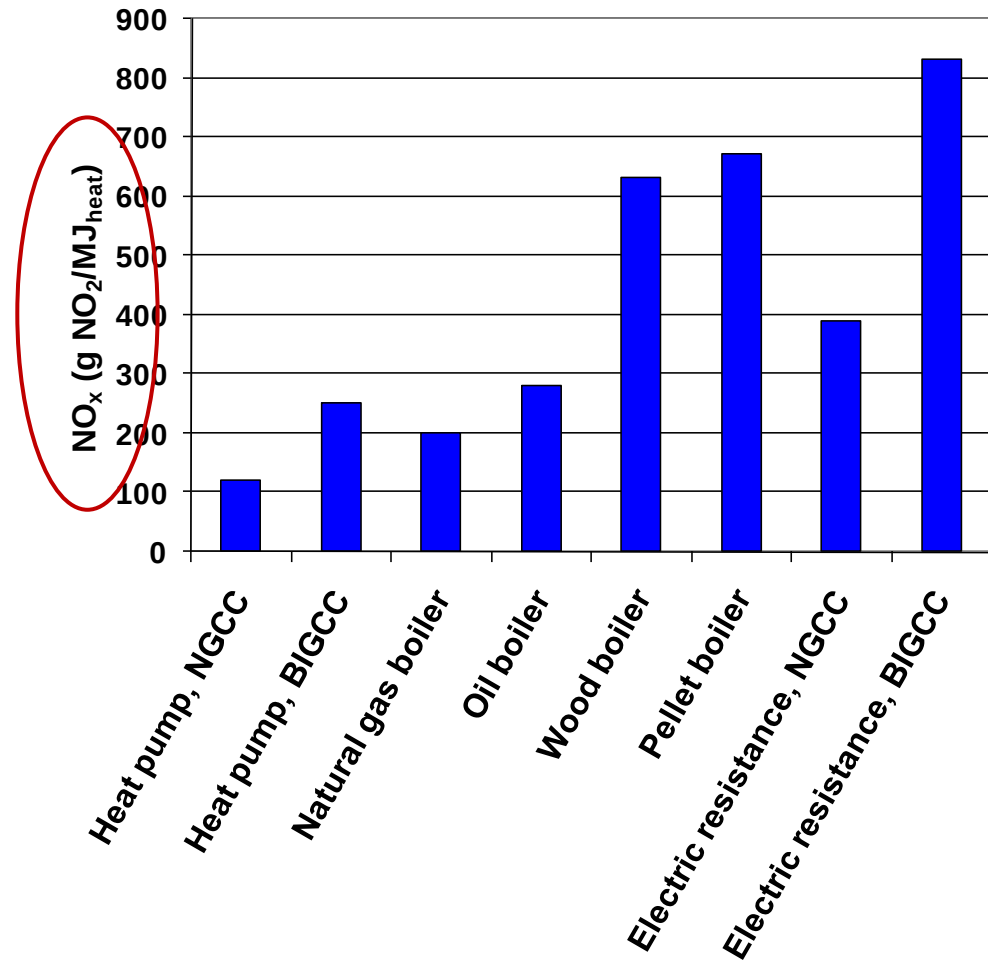
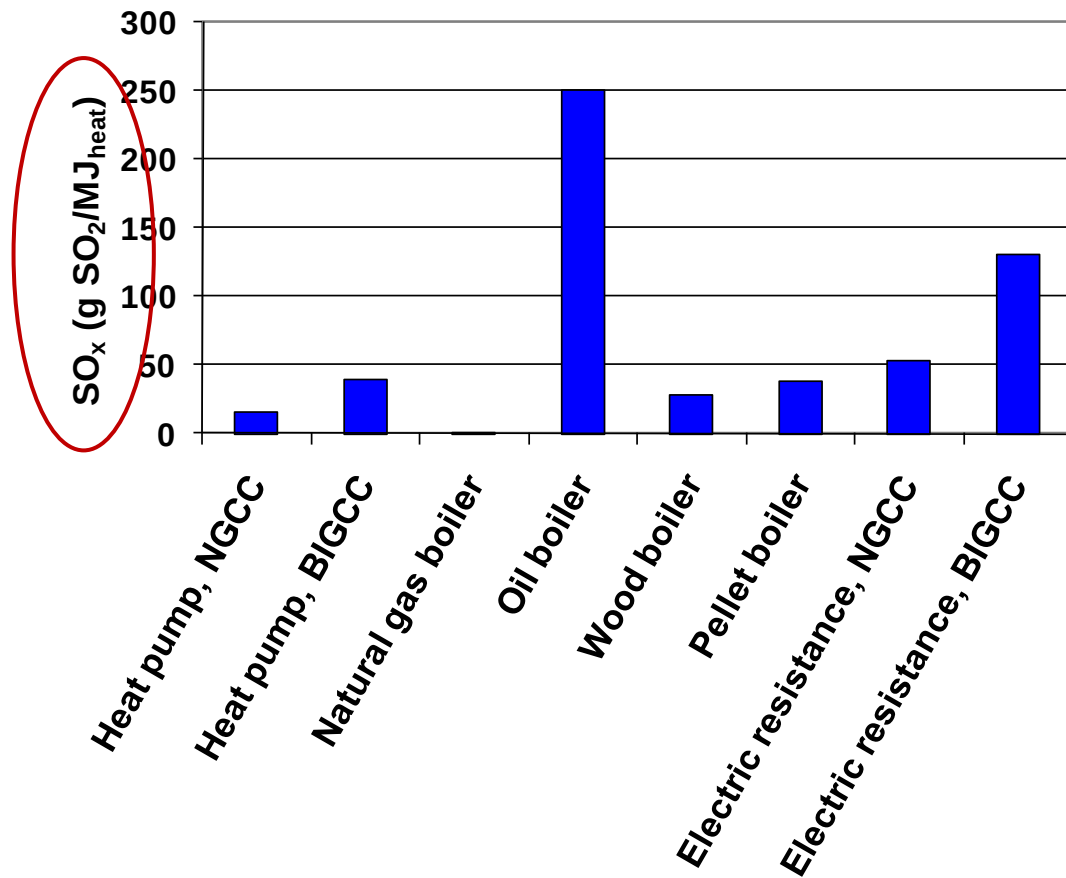


Promoção da biodiversidade?

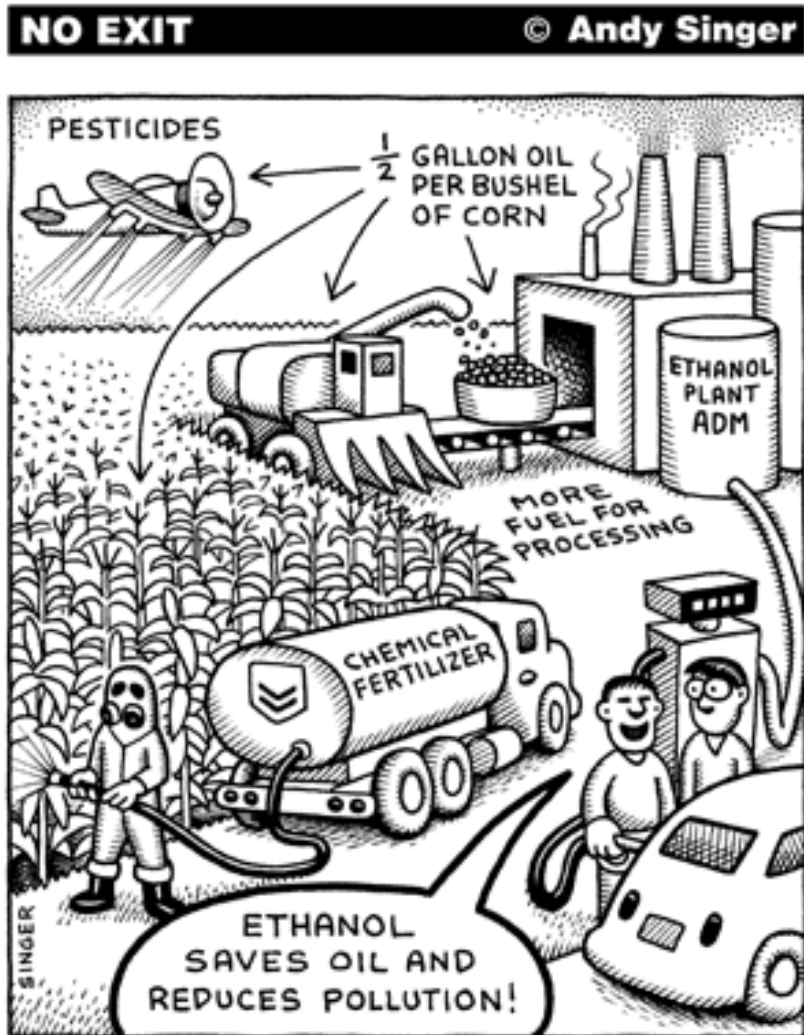
Jatropha: antes e depois (India)



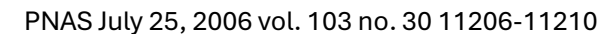
Outras emissões



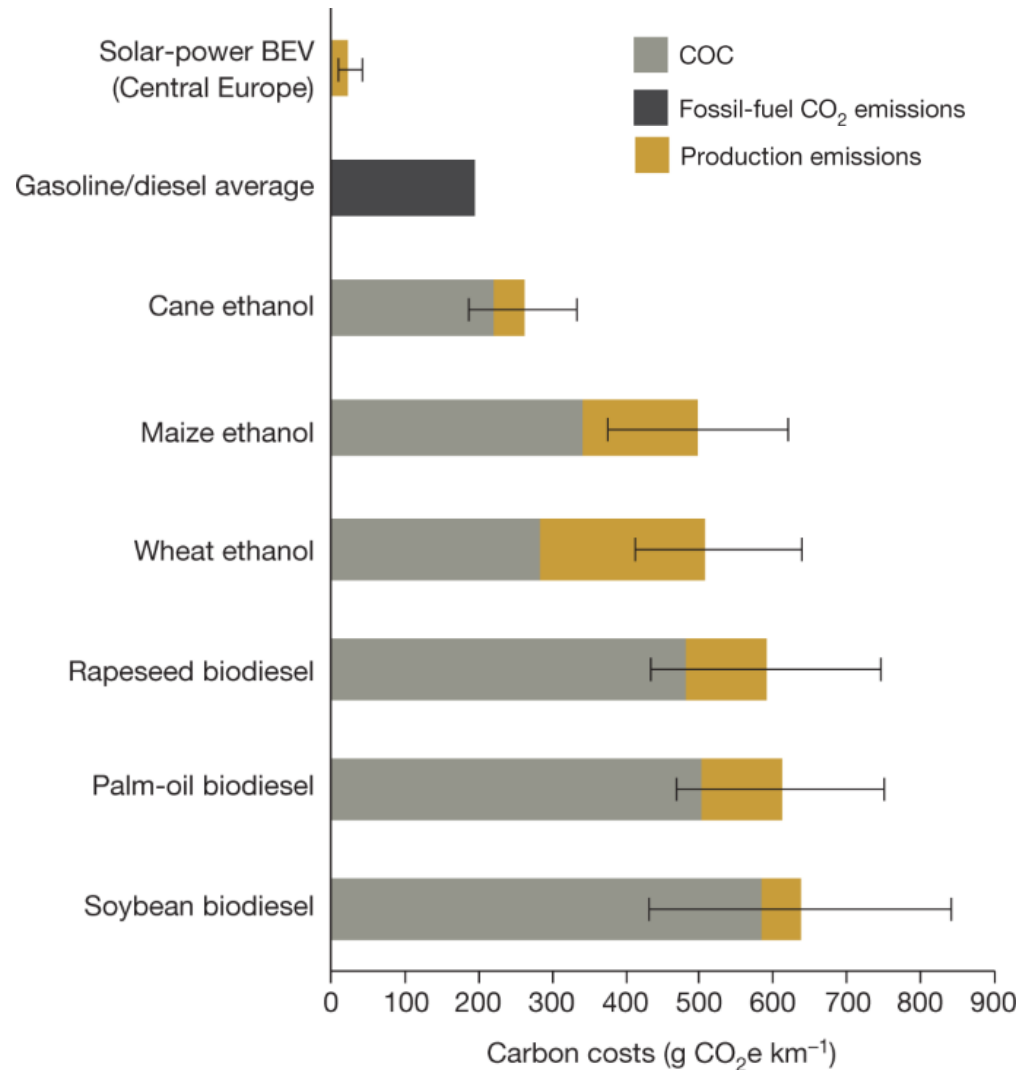
Impactos da bioenergia



Net
Energy
balance



Impactos da bioenergia

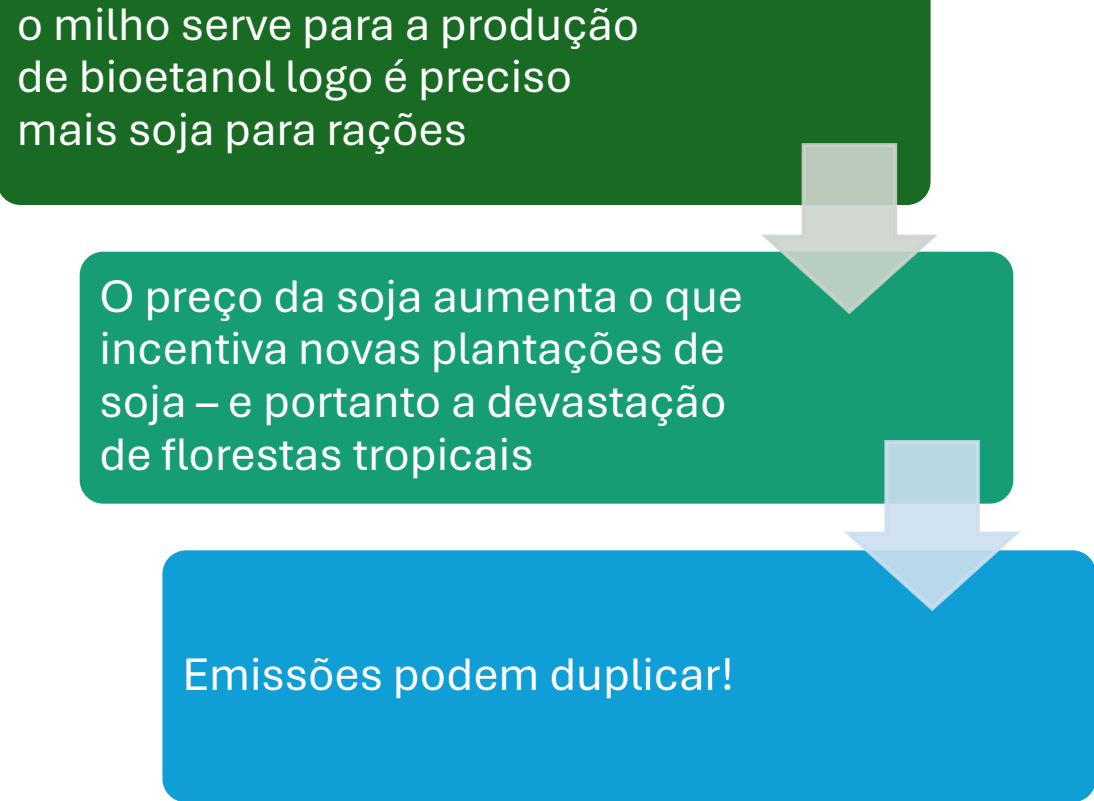


Custo de oportunidade de carbono, é uma medida do potencial de remoção natural de CO₂ por via da restauração do ecossistema (e.g. reflorestação)

Impactos da bioenergia

- Emissões indiretas

o milho serve para a produção de bioetanol logo é preciso mais soja para rações



```
graph TD; A[o milho serve para a produção de bioetanol logo é preciso mais soja para rações] --> B[O preço da soja aumenta o que incentiva novas plantações de soja – e portanto a devastação de florestas tropicais]; B --> C[Emissões podem duplicar!];
```

O preço da soja aumenta o que incentiva novas plantações de soja – e portanto a devastação de florestas tropicais

Emissões podem duplicar!

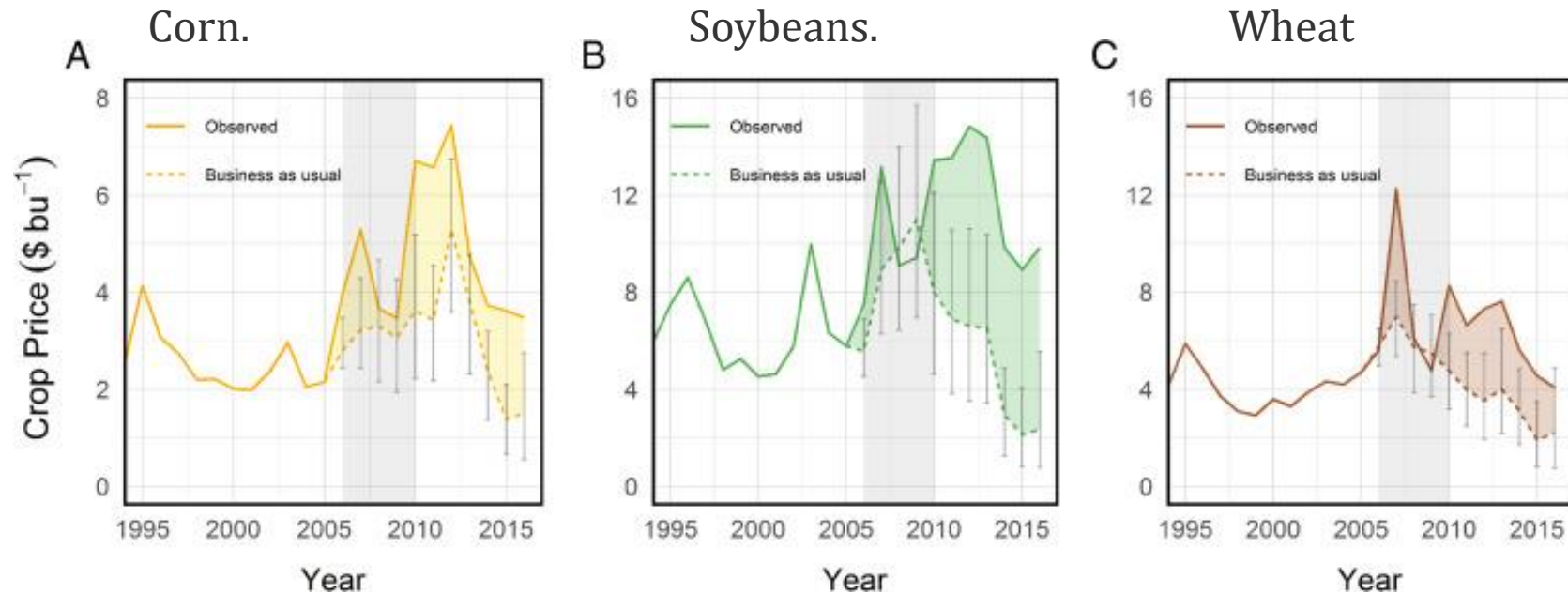
Impactos da bioenergia

- Emissões indiretas: ‘Dívida’ de CO2 quando se desbasta floresta para cultivo

	Cultivo	Fuel	tC/ha	Payback (anos)
Indonésia & Malásia: turfeiras	Palma	Biodiesel	941	423
Indonésia & Malásia: floresta tropical	Palma	Biodiesel	191	86
Amazónia	Soja	Biodiesel	201	319
Cerrado brasileiro	Soja	Biodiesel	23	37
Cerrado brasileiro	Cana	Etanol	45	17
EUA: pradaria	Milho	Etanol	37	93
EUA: quintas abandonadas	Milho	Etanol	19	48

Impactos da bioenergia

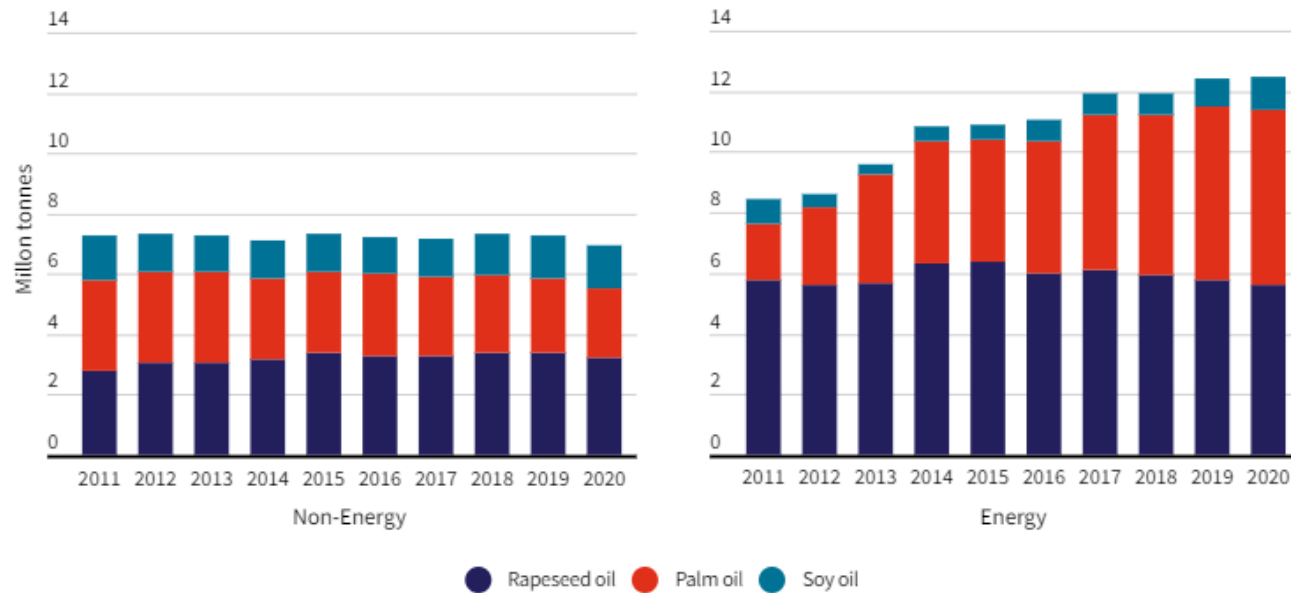
- Food vs fuel



Impactos da bioenergia

- Food vs fuel

Trends in the final use of rapeseed, palm and soy oils in Europe



Data represent EU27

Source: Oilworld, 2021

Impactos da bioenergia

- ❑ Crescimento produção biocombustíveis muito abaixo das metas
- ❑ Biocombustíveis representam hoje cerca de **10% do consumo de gasolina/diesel na UE e EUA**
- ❑ (Sem alterar motores) biocombustíveis podem ser misturados até 10-15%
- ❑ Consumo de gasolina/diesel vai certamente decrescer nas próximas 2 décadas
- ❑ Logo, **capacidade instalada de produção de biocombustíveis atingiu o pico** e deve ser gradualmente desinstalada nas próximas 2 décadas (focando-nos em biocombustíveis a partir de resíduos e, eventualmente, advanced biofuels for **SAF – sustainable aviation fuels**)

A terra hoje utilizada para produzir biocombustíveis (i.e. milho e soja) poderia ser utilizada para produzir comida, para uma população crescente e que cada vez come mais/melhor.

Impactos da bioenergia



Priorities Latest About us Get Involved

JULY 2, 2021

10 years of EU fuels policy increased EU's reliance on unsustainable biofuels

T&E's report analyses Oil World data for 2020 to assess current biofuels consumption and to evaluate the impact of the Renewable Energy Directive 10 years since it was introduced. It paints a sobering story of a policy that has driven up demand for cheap crop-based biodiesel leading to deforestation, habitat loss and greater CO2 emissions than the fossil diesel it replaces.



Key findings:

- Forests the size of the Netherlands wiped out
- An estimated 10% of the world's orangutan habitats destroyed
- Up to 3x more CO2 emissions than the fossil diesel it replaced

Bioenergia - resumo

Fonte de energia renovável,

pode ser 'tendencialmente' neutra GHG

Produção de eletricidade despachável

eletricidade com elevado valor

Eventualmente a única opção viável para descarbonização da aviação

Eficiência relativamente baixa

com impactos ambientais e económicos relevantes

Não há receitas universais.