

# Plano de Ação

## Descarbonização do Setor da Cogeração

Indústria de Futuro | Seminário Cogeração, Alimentar, Papel e Química

Ricardo Barbosa

17 | 10 | 2024



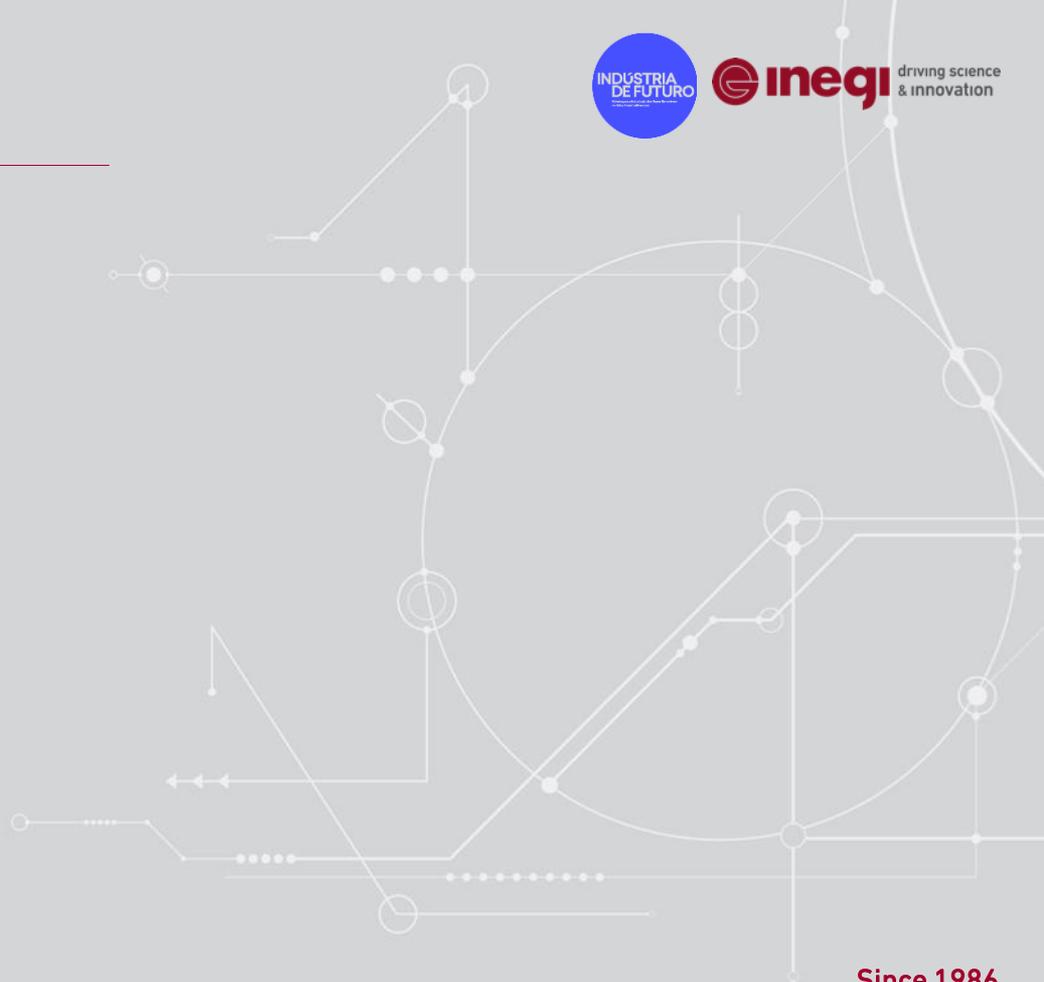
# ÍNDICE

1. Caracterização técnica do setor da Cogeração
2. Caracterização energética do setor da Cogeração
3. O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro
4. Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis
5. Projetos de Hidrogénio no setor da Cogeração
6. Introdução de Gases Renováveis no setor da Cogeração
  - Cenarização de possível integração dos Gases Renováveis
  - Procura de Gases Renováveis
  - Redução de emissões
  - Alteração da matriz energética do mix do gás natural
  - Resumo dos resultados do estudo
1. Conclusões e *Takeaway Messages*



# 1.

## Caraterização Técnica do setor da Cogeração



Since 1986

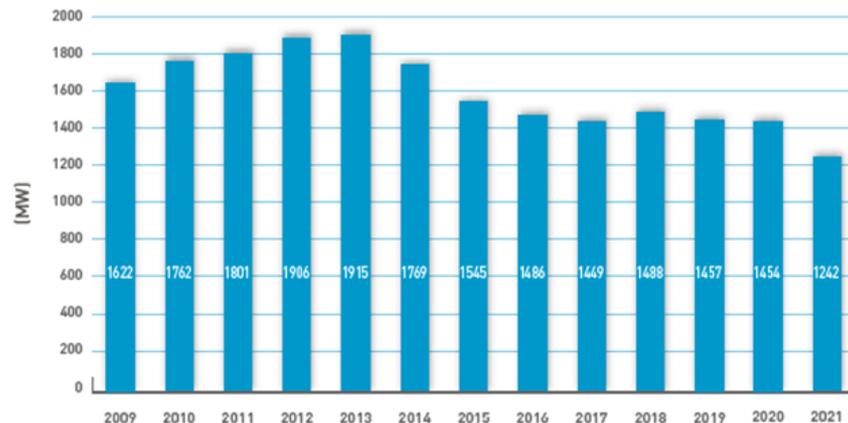
## Setor da Cogeração | Caracterização Técnica

### Atividades económicas utilizadoras de Cogeração:

- Produção de Eletricidade;
- Refinação de Petróleo;
- Agricultura;
- Alimentação, bebidas e tabaco;
- Têxteis;
- Papel e Artigos de Papel;
- Químicas e Plásticos;
- Cerâmicas;
- Vestuário, Calçado e Curtumes;
- Madeira e Artigos de Madeira;
- Borracha;
- Metálo-eleto-mecânicas;
- Outras Indústrias Transformadoras;
- Indústrias Extrativas;
- Serviços.

## Setor da Cogeração | Caracterização Técnica

### POTÊNCIA INSTALADA 2009 A 2021

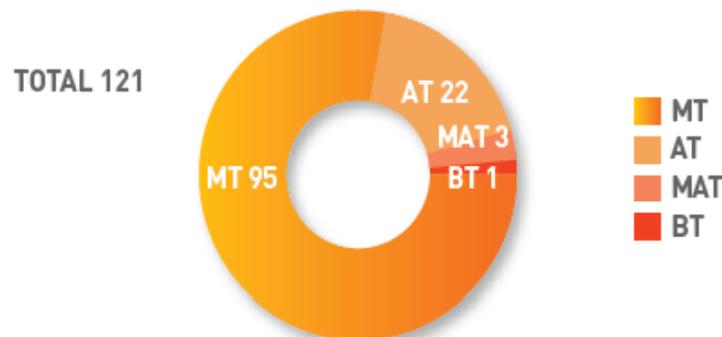


- A potência instalada em Cogeração atingiu 1,915 MW em 2013, depois de crescer a um ritmo médio de 118 MW/ano desde 2007.
- A partir de 2013, a potência tem decrescido pelos mesmos motivos que justificam a evolução da produção anual de energia elétrica.
- A partir de 2016, a potência instalada tem-se mantido constante.
- Em 2021, verificou-se uma redução de 212 MW de potência instalada, correspondente a 15%.

## Setor da Cogeração | Caracterização Técnica

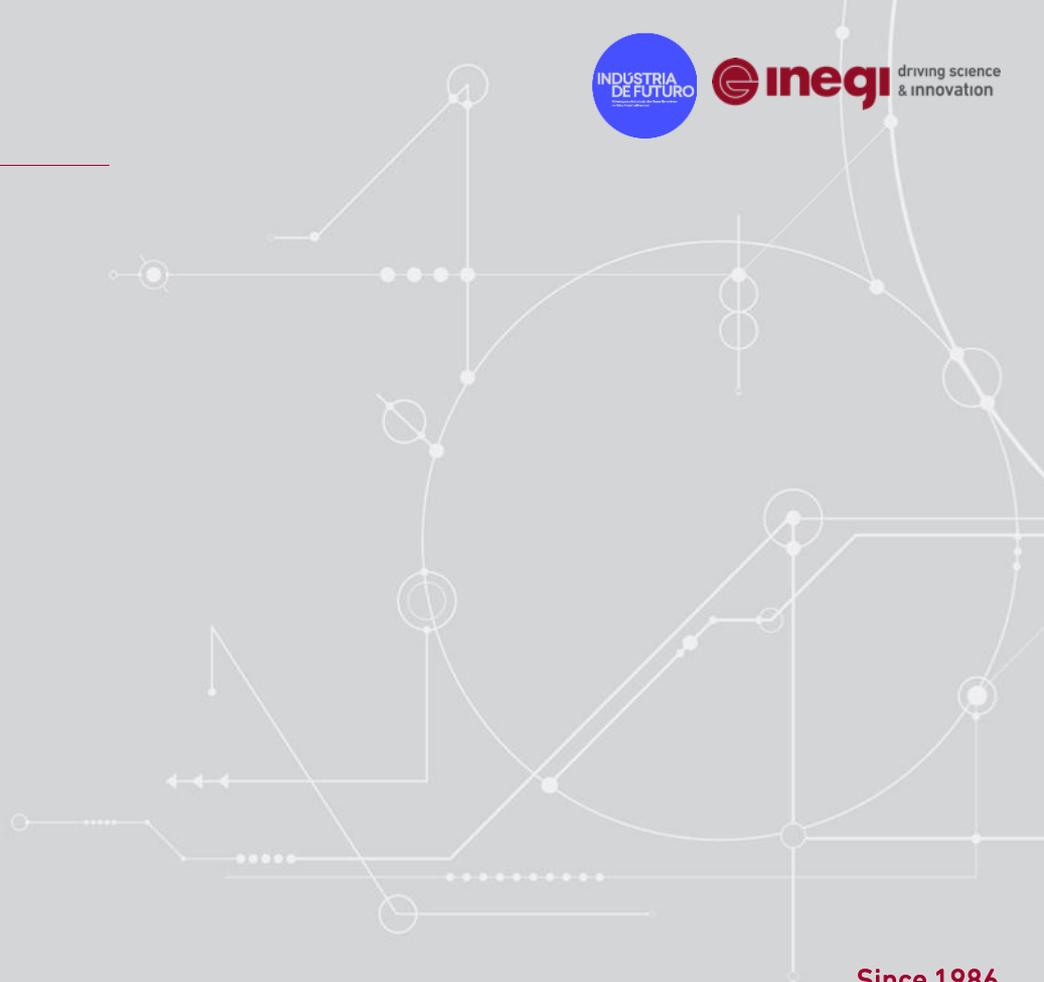
- 79% das instalações de Cogeração ativas estão interligadas à rede elétrica em Média Tensão (MT).
- Este facto demonstra que grande parte das instalações estão associadas a consumidores que são pequenas e médias empresas.

### INTALAÇÕES ATIVAS POR NÍVEL DE TENSÃO 2º SEMESTRE 2021



## 2.

# Dados energéticos do setor da Cogeração

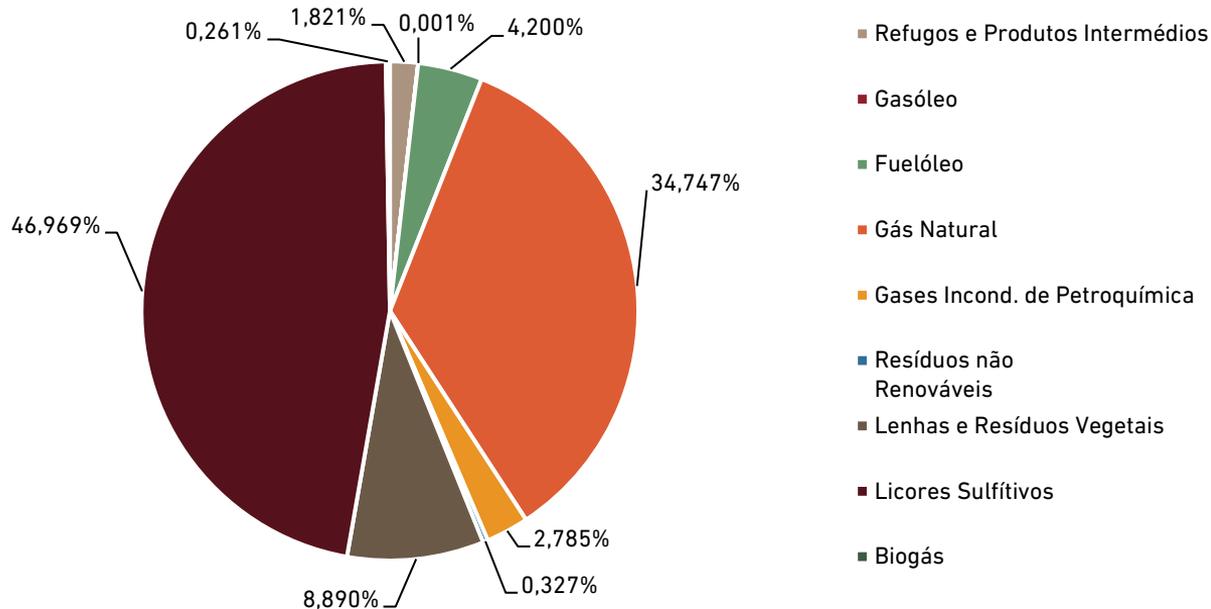


## Setor da Cogeração | Caracterização Energética

### Consumo de energia para centrais de cogeração em 2022

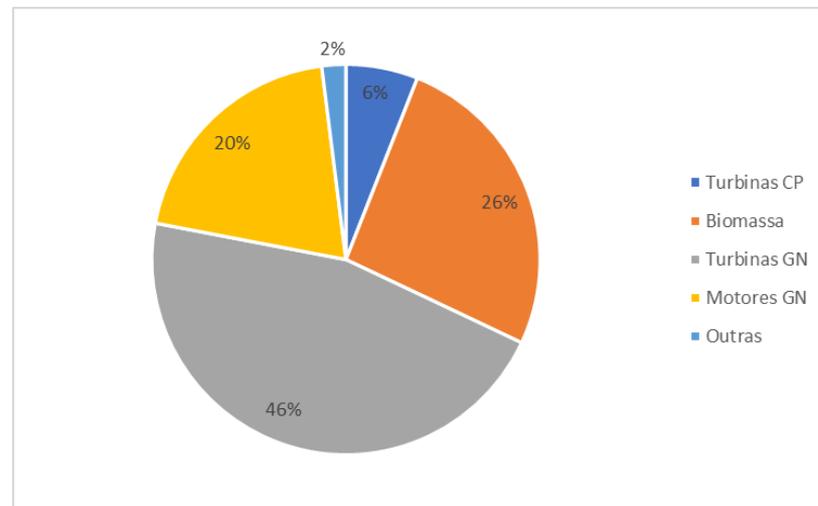
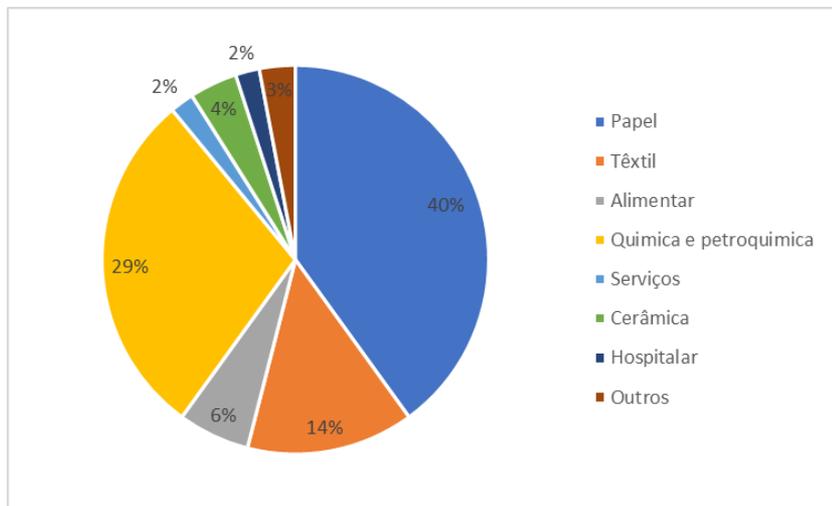
Licores sulfitivos – 46,969%

Gás Natural – 34,747%



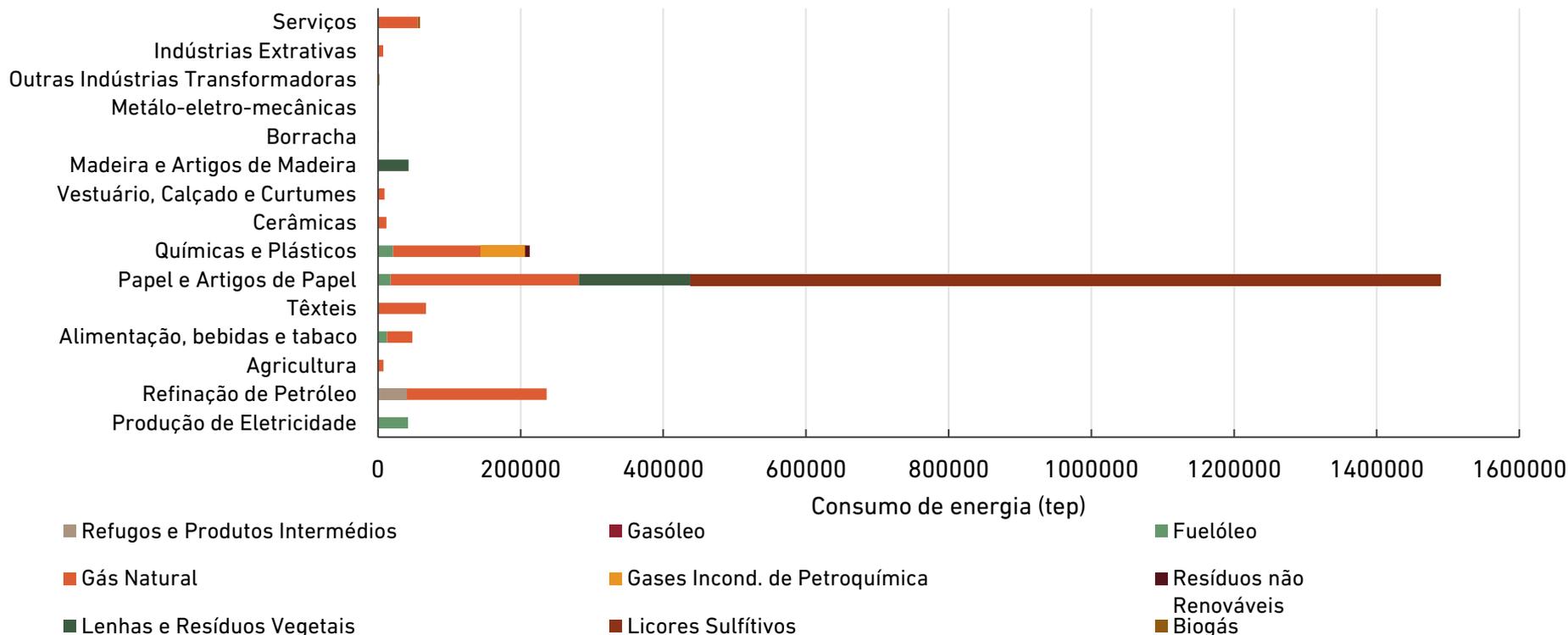
## Setor da Cogeração | Caracterização Energética

### Centrais de cogeração por setor e tecnologias predominantes



## Setor da Cogeração | Caracterização Energética

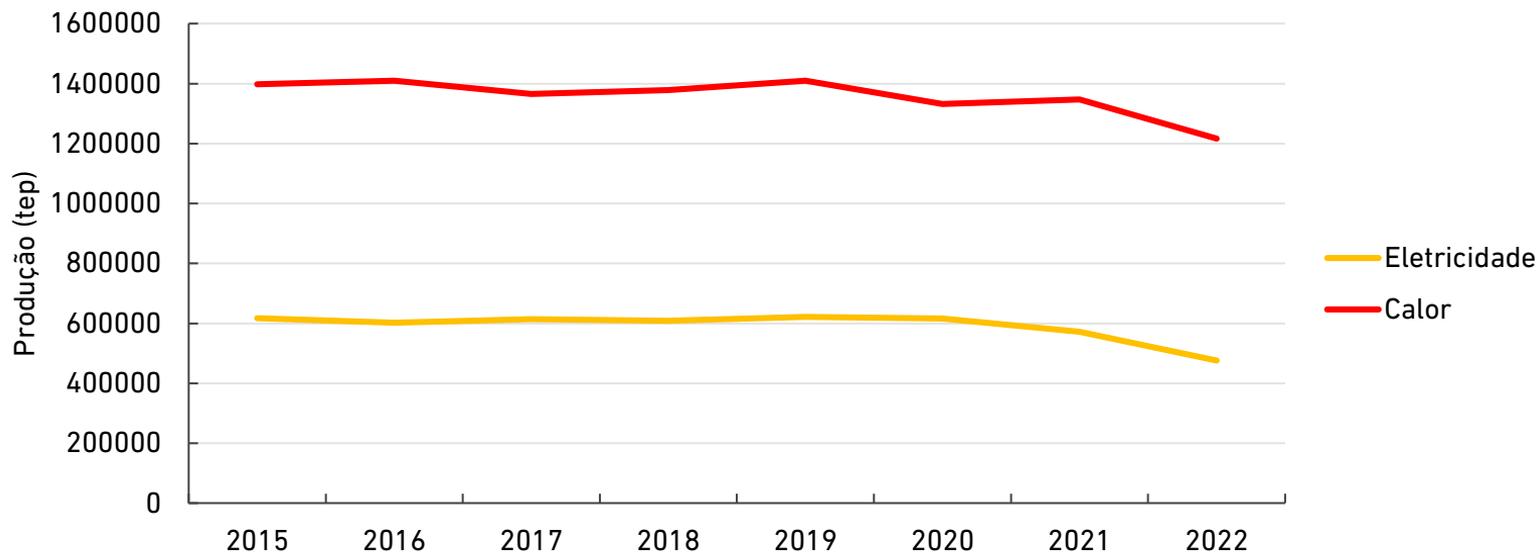
### Uso de energia por setor para centrais de cogeração em 2022



## Setor da Cogeração | Caracterização Energética

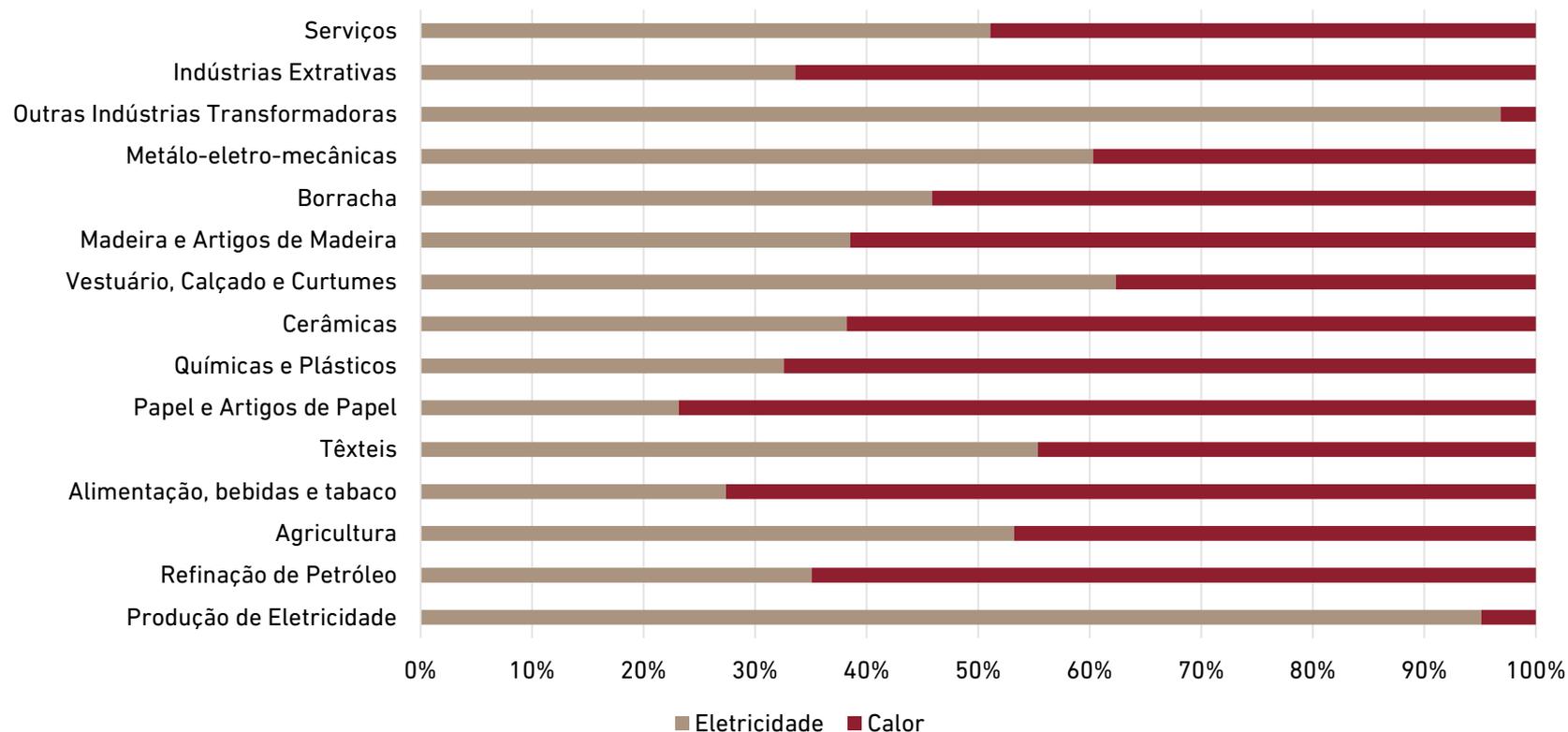
### Produção de eletricidade e de calor

- Desde 2015, a produção de eletricidade apresentou padrões constantes até 2020, altura em que iniciou uma queda até 2022 (22,9%).
- A produção de calor apresentou um padrão semelhante ao da produção de eletricidade com uma queda até 2022 de 12,9%.



## Setor da Cogeração | Caracterização Energética

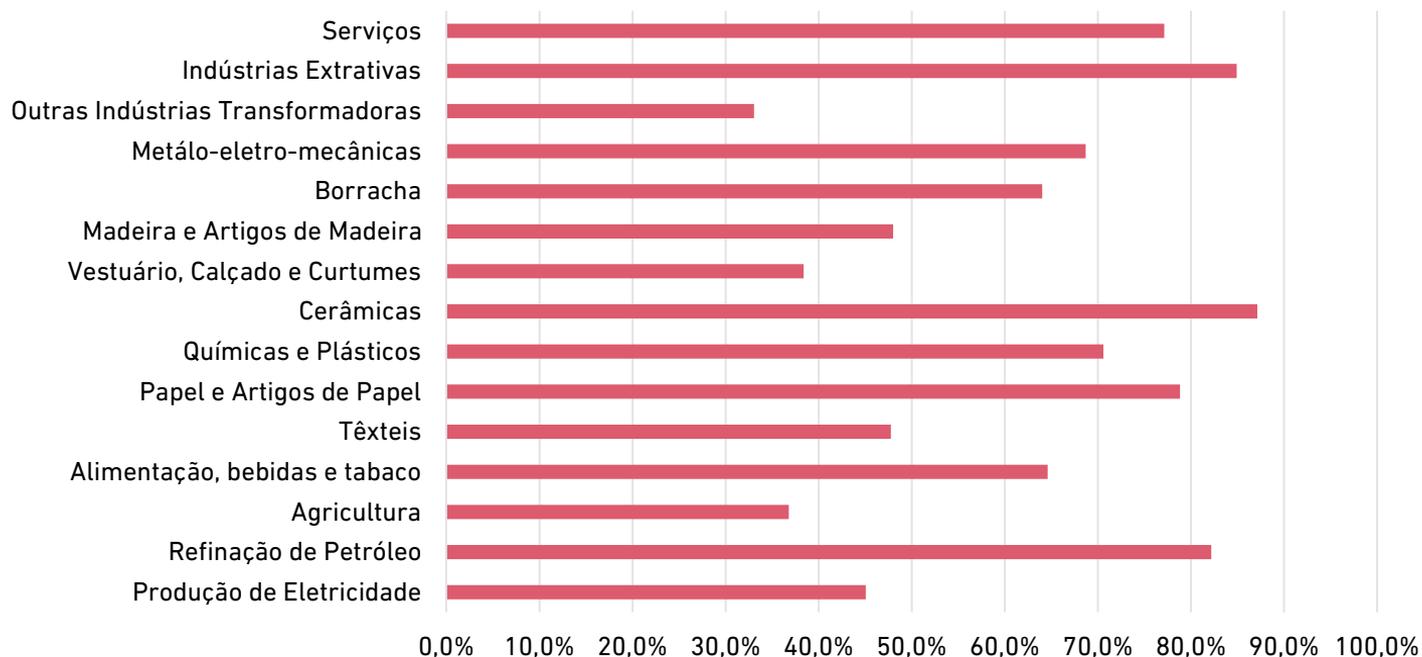
### Eletricidade vs Calor por setor das centrais de cogeração em 2022



## Setor da Cogeração | Caracterização Energética

### Eficiência das centrais de cogeração em 2022

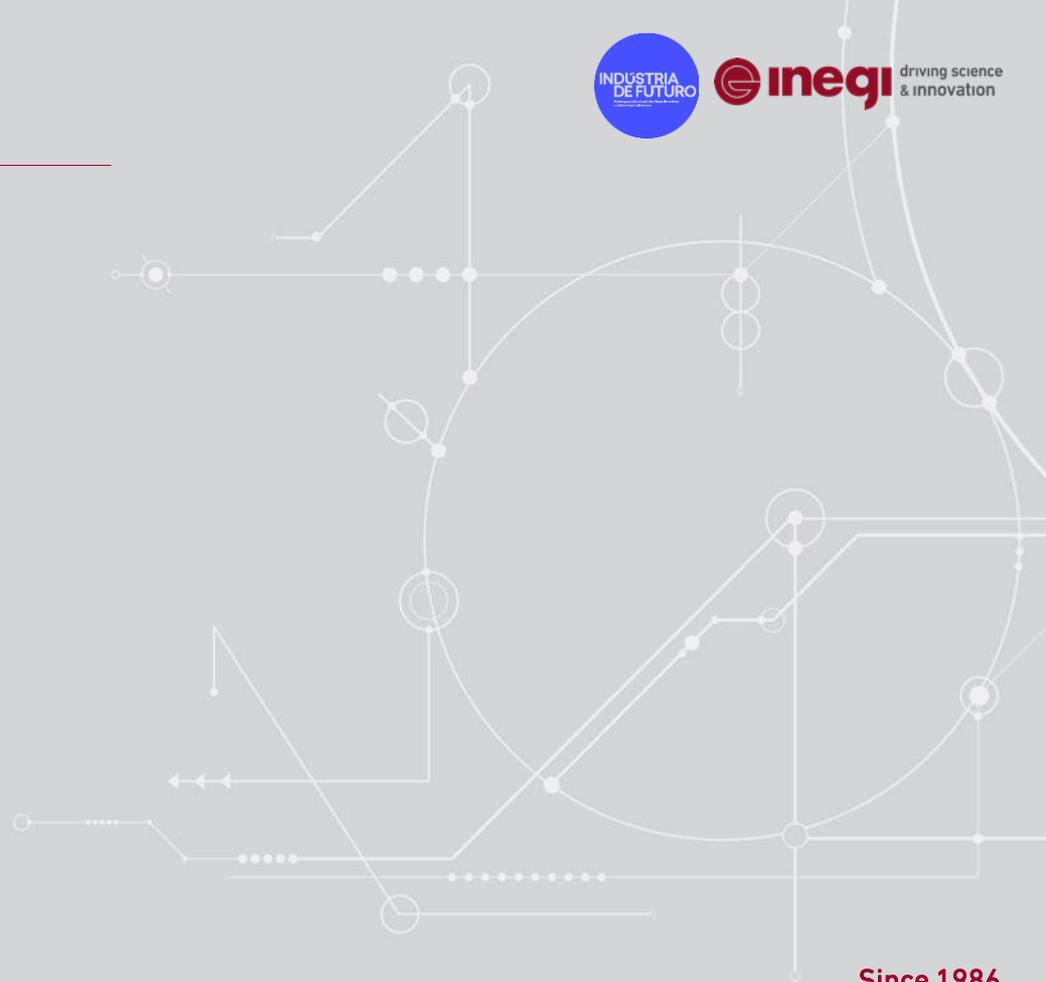
Para os diferentes setores utilizadores de cogeração, a eficiência varia entre 33% para 'Outras Indústrias Transformadoras' e 87% para 'Cerâmicas'.





# 3.

## O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

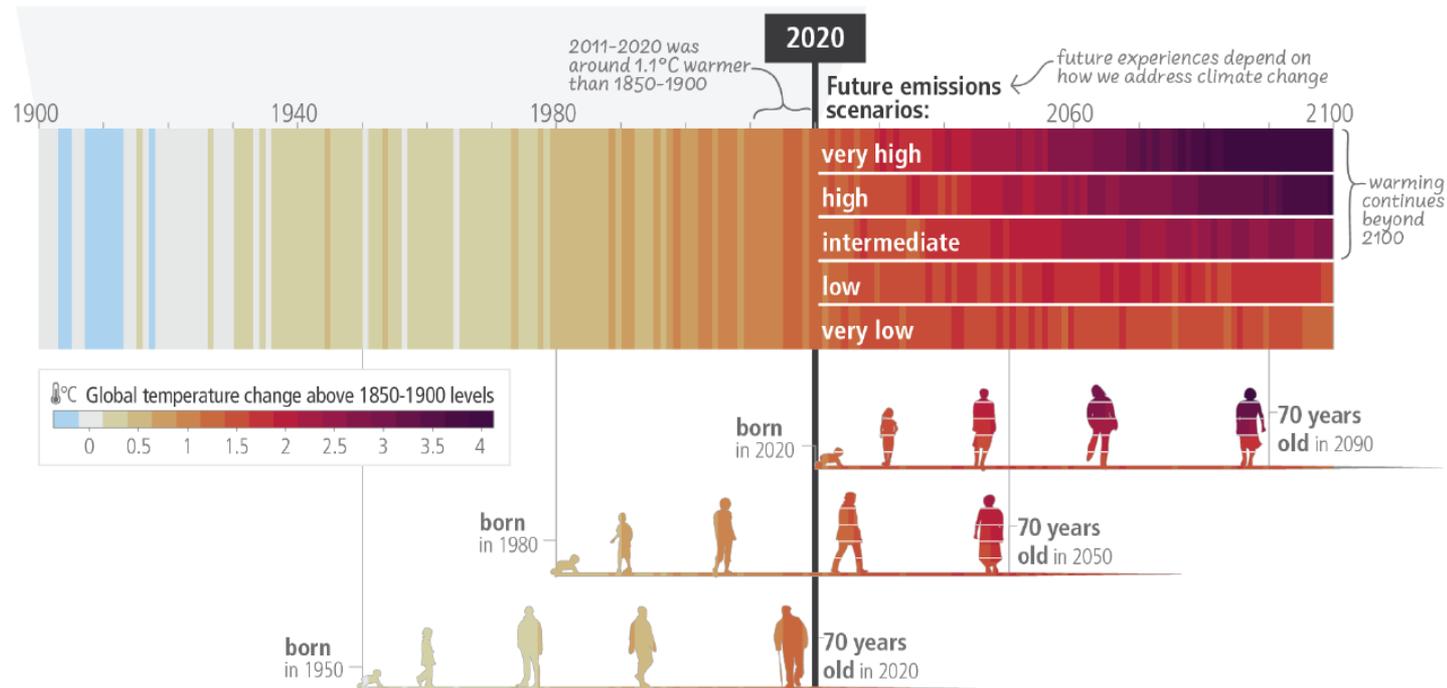


Since 1986

# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

### IPCC 6<sup>th</sup> Assessment Report – Principais conclusões



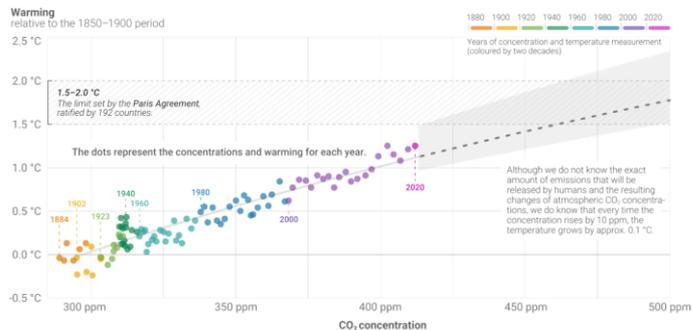
# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## EMISSIONS DE GEE E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

### Correlacionados?

#### HOW ARE CO<sub>2</sub> CONCENTRATIONS RELATED TO WARMING?

The higher the CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere, the higher the Earth's temperature. The levels of atmospheric CO<sub>2</sub> depend on the amount of emissions produced by humankind.



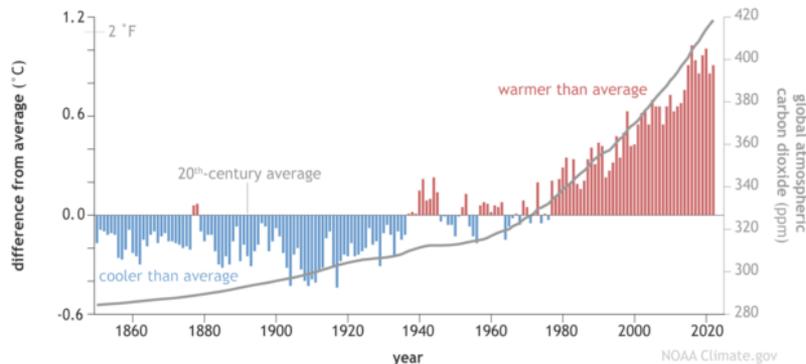
CO<sub>2</sub> concentration is measured in ppm (parts per million). The CO<sub>2</sub> concentration of 400 ppm means that one million of air molecules contains 400 molecules of CO<sub>2</sub>. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) contributes to global warming more than any other greenhouse gas: the greenhouse effect is intensifying and 70% of this change is caused by CO<sub>2</sub>.

VERSION: 2023-06-12 | LICENSE: CC BY 4.0

Read more at [factsonclimate.org/concentration-warming-relationship](https://factsonclimate.org/concentration-warming-relationship)

Data source: NOAA, NASA, Goddard Institute for Space Studies

Yearly global surface temperature and atmospheric carbon dioxide (1850-2022)



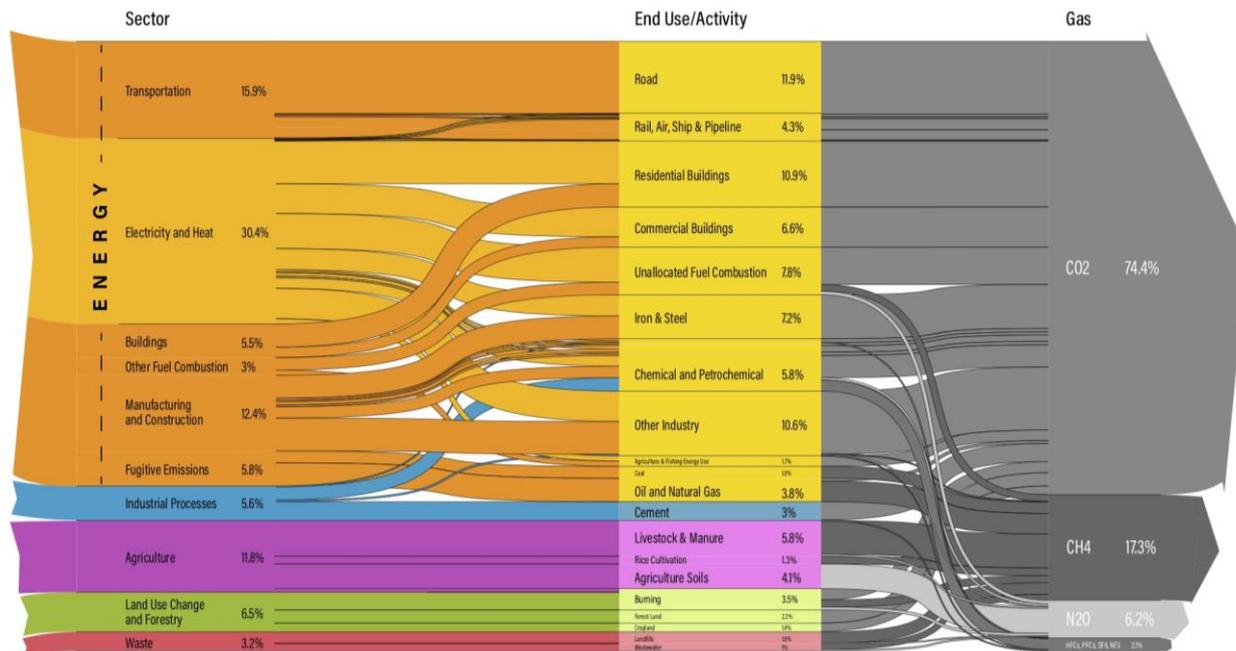
NOAA Climate.gov  
Data: ESRL/ETHZ/NCES

© INEGI todos os direitos reservados

# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Qual o papel da Energia?



Source: Greenhouse gas emissions on Climate Watch. Available at: <https://www.climatewatchdata.org>

WORLD RESOURCES INSTITUTE

Source: Climate Watch Key Visualizations

Last updated: April 25, 2022

## O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

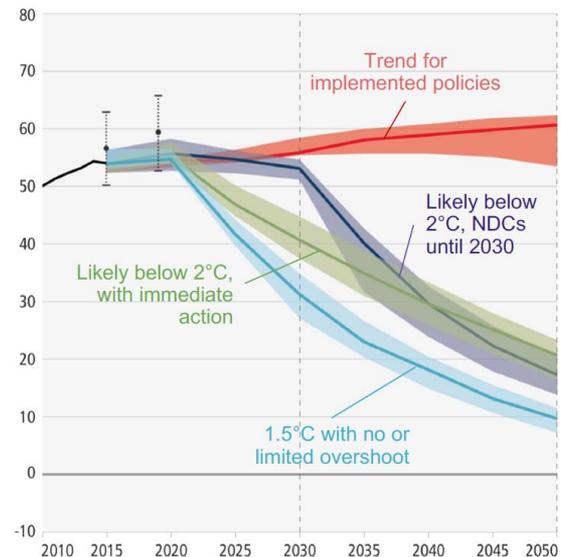
### ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

#### IPCC 6<sup>th</sup> Assessment Report – Como Mitigar

“Unless there are **immediate** and **deep** emissions reductions across all sectors, 1.5°C is beyond reach.”

Limitar o **aquecimento global a 1.5°C** implica...  
... atingir o pico de emissões de GEE antes de 2025  
... reduzir 43% até 2030  
... neutralidade carbónica em 2050.

Limitar o **aquecimento global a 2.0°C** implica...  
... atingir o pico de emissões de GEE antes de 2025  
... reduzir 27% até 2030  
... neutralidade carbónica em 2070.



Fonte: ipcc Sixth Assessment Report, WG III – Mitigation of Climate Change

## O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

### COMPROMISSOS EUROPEUS E NACIONAIS

Acordos, metas, e planos

# 2015

#### ACORDO DE PARIS

Exige um esforço conjunto de todos os países na luta contra as alterações climáticas.

O acordo inclui obrigação de um plano de ação com objetivos de longo-prazo, contributos nacionais pré-definidos.

# 2019

#### PACTO ECOLÓGICO EUROPEU

A ambição de ser o primeiro continente com um impacto neutro no clima, garantindo que:

- As emissões de GEE sejam nulas em 2050
- Crescimento económico esteja dissociado da utilização de recursos
- Ninguém é deixado para trás



## Covid-19

# 2021

#### FIT FOR 55

Aumento da ambição, com propostas específicas para preparar os diferentes setores para enfrentarem o desafio da transição.



## Conflito na Ucrânia

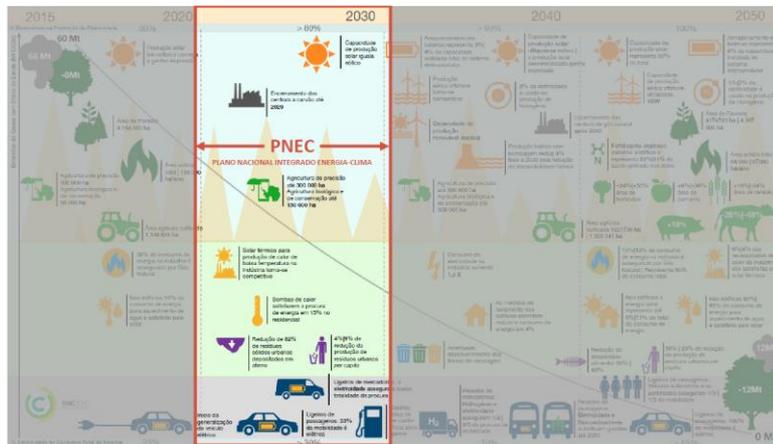
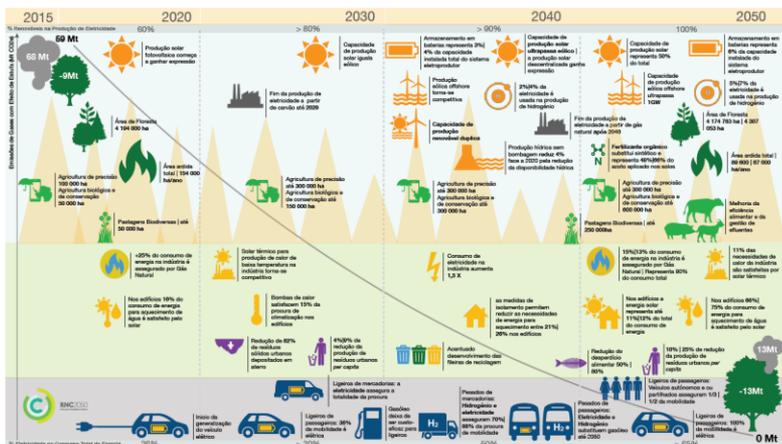
# 2022

#### REPowerEU

Ação europeia conjunta para uma energia mais acessível, segura e sustentável. Poderá implicar a revisão de Diretivas e Regulamentos-chave que foram definidos/revistos no âmbito do pacto ecológico europeu

# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## COMPROMISSOS NACIONAIS Acordos, metas, e planos



## O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

### O PAPEL DA ENERGIA NA MITIGAÇÃO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

1.

#### REDUÇÃO NO USO GLOBAL DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Redução de consumo de carvão entre 67% a 82% em 2030.

Redução no uso de petróleo e gás natural com decréscimo mais gradual.

Utilização de tecnologias/processos de CCS para mitigar usos não substituíveis

2.

#### UTILIZAÇÃO DE FONTES DE ENERGIA DE BAIXAS EMISSÕES

Fontes de energia de baixo (ou neutras em) carbono são utilizadas na produção de entre 93% a 97% da eletricidade global em 2050.

3.

#### MUDANÇA PARA VETORES ENERGÉTICOS ALTERNATIVOS

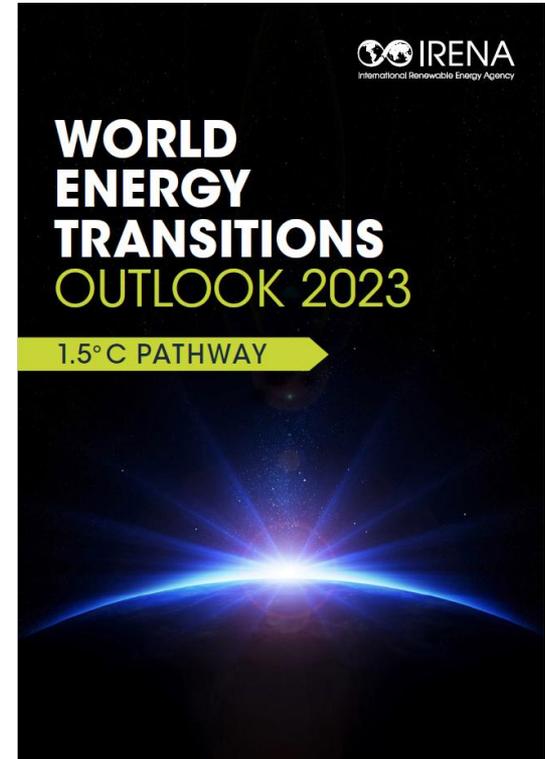
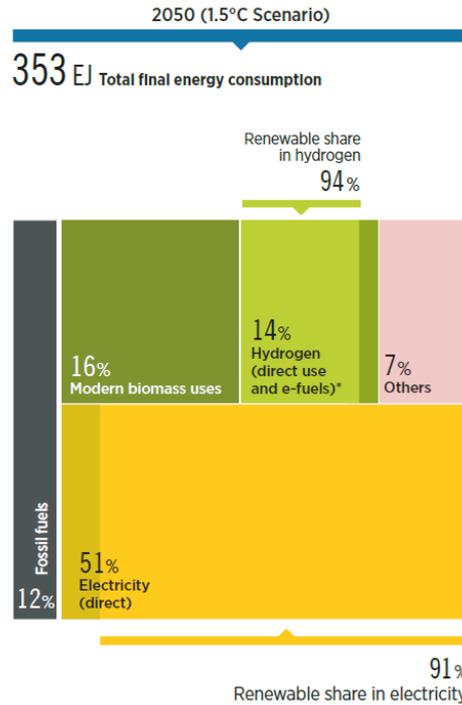
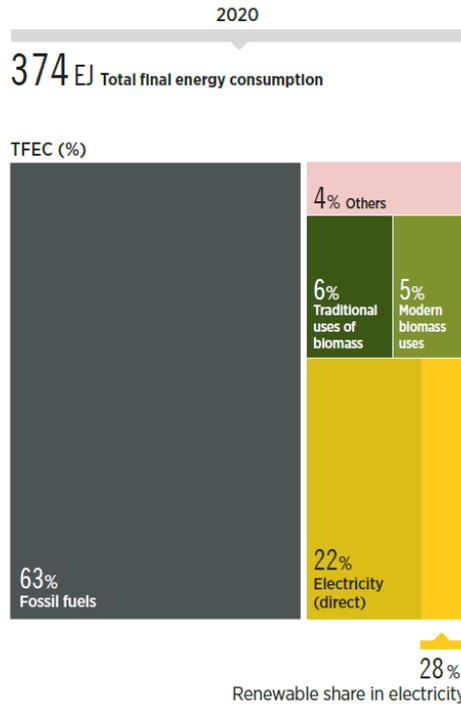
Aumento do uso de eletricidade, em detrimento de outros vetores energéticos. Em 2050, eletricidade deverá corresponder a cerca de 50% da procura de energia final (20% em 2019).

4.

#### EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

A mitigação do lado da procura implica mudanças no uso da infraestrutura, na adoção de diferentes tecnologias, e uma mudança socio-cultural e comportamental.

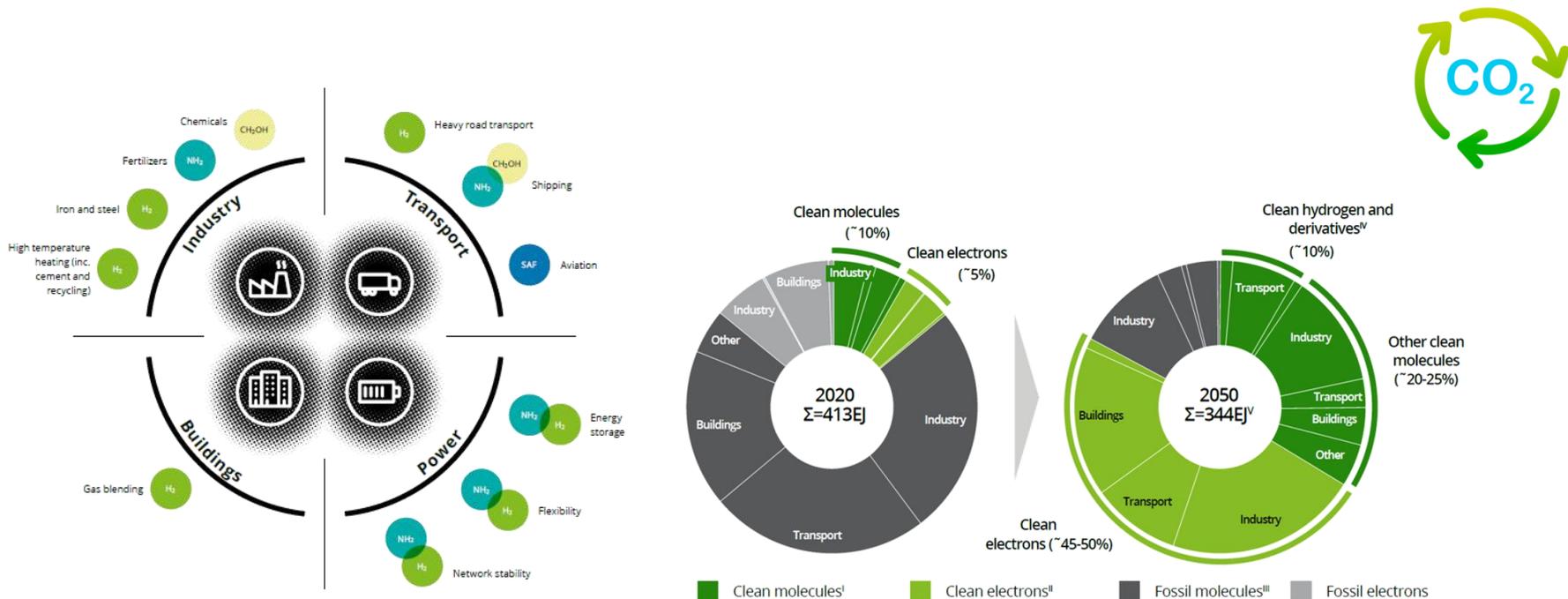
# O uso da Energia em 2050



# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO

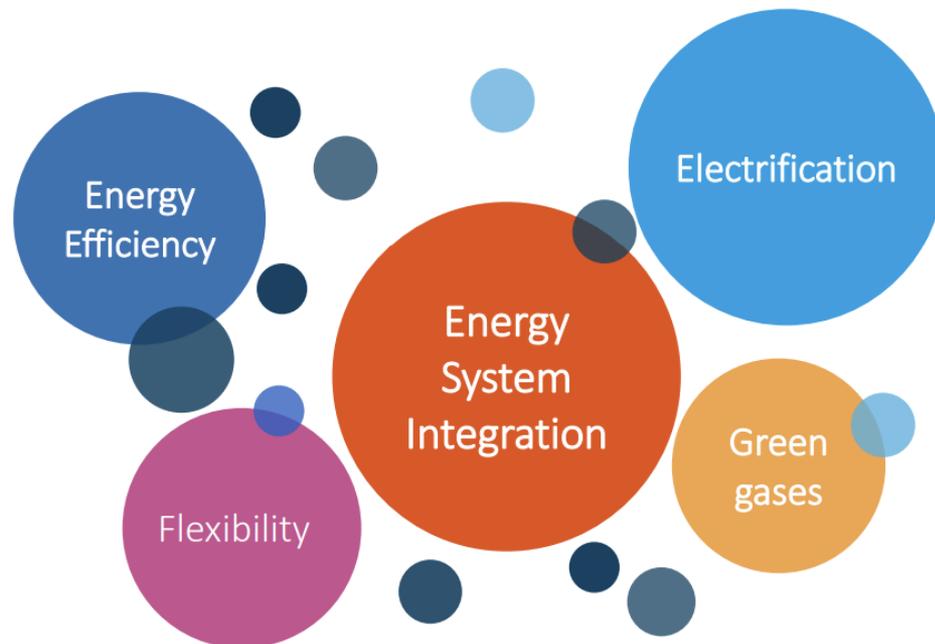
O PAPEL DAS MOLÉCULAS “VERDES”, PARA ALÉM DOS ELETRÕES “VERDES” - A PROCURA!



Fonte: Deloitte

## O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

### SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO



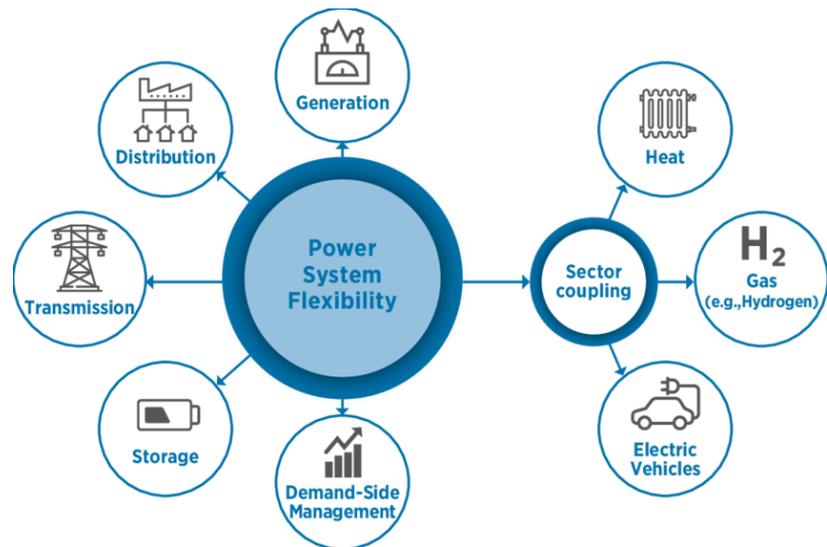
Core elements of a cost-effective net-zero emissions economy

Fonte: ARTELYS - Towards an efficient, integrated and cost-effective net-zero energy system in 2050

# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO

### O papel da Flexibilidade



# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E ENERGIA

### Opções de mitigação – custos e potencial

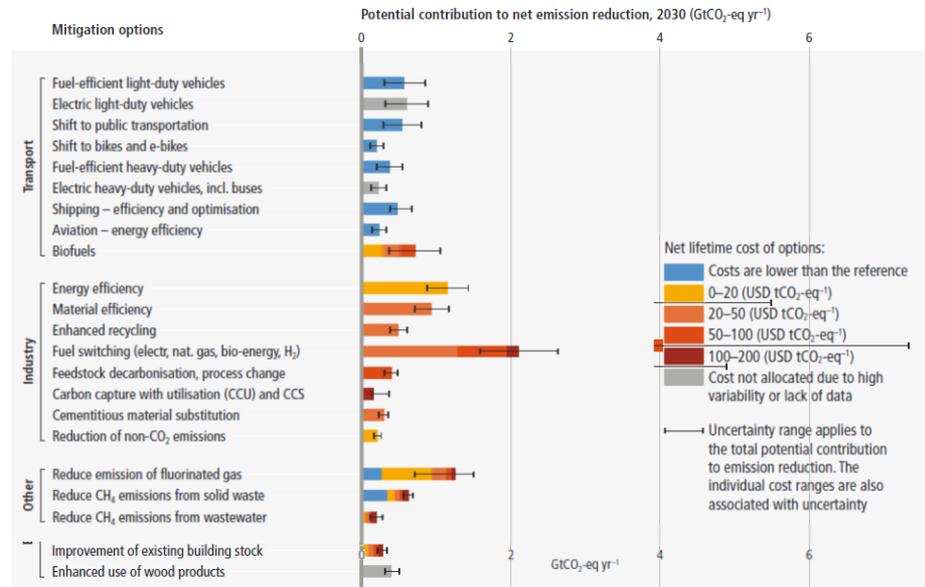
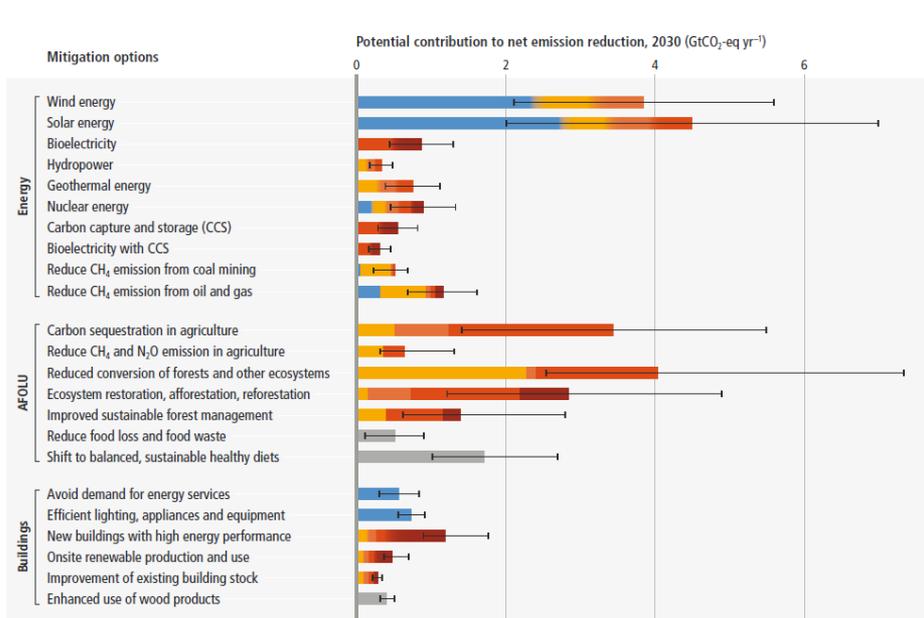
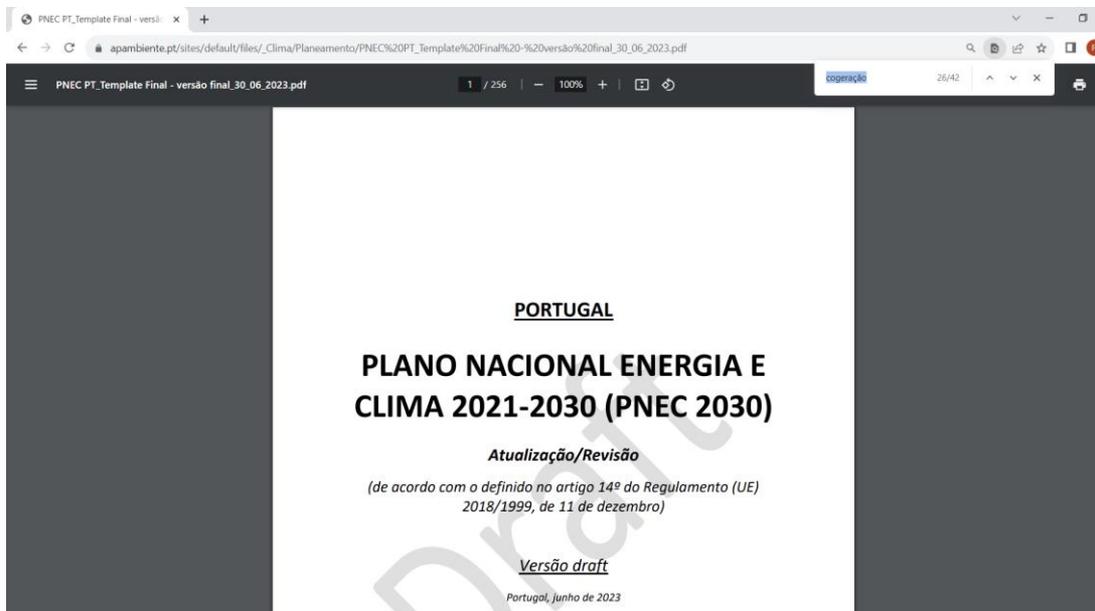


Figure SPM.7 | Overview of mitigation options and their estimated ranges of costs and potentials in 2030.

Cogeração??????

# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## O PNEC 2030 E A COGERAÇÃO...



Fonte: PNEC 2030 (Revisão)

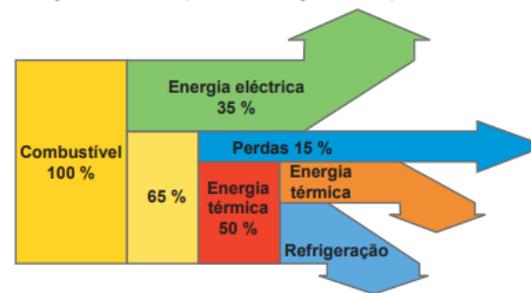
# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO

### O papel da Cogeração



- **Eficiência Energética:** A Cogeração gera 40% mais energia útil do que as centrais só de calor e só de eletricidade, poupando pelo menos 10% de energia primária;
- A **Cogeração** evita o desperdício de calor pela produção de energia térmica, aumentando a eficiência de 30-50% para 75-95%;

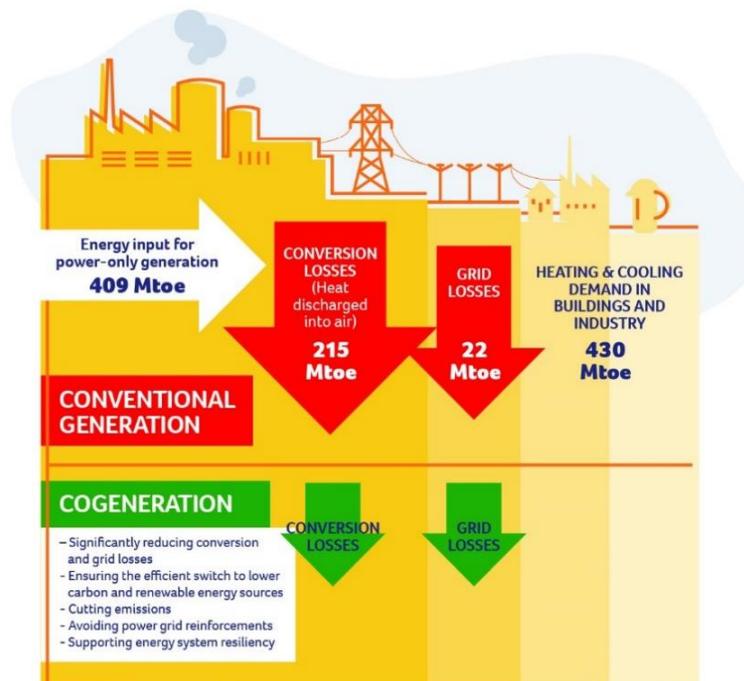


FONTE: COGEN EUROPE | Towards an efficient, integrated and cost-effective net-zero energy system in 2050

## O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

### SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO

#### O papel da Cogeração

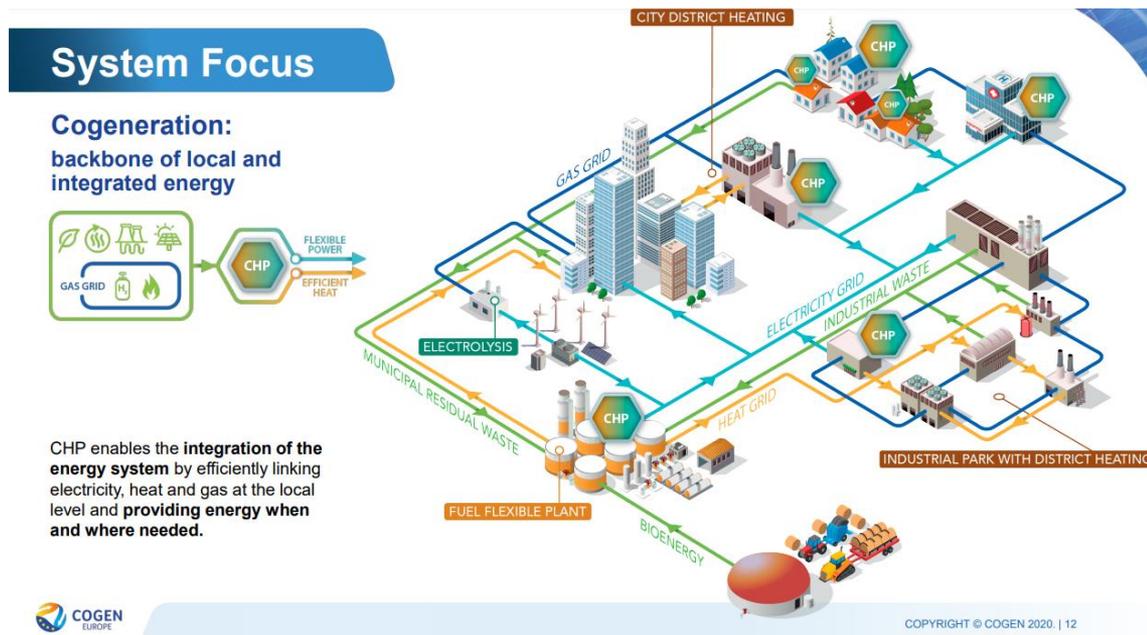


- A produção distribuída de **Cogeração** reduz as **perdas no transporte e distribuição de energia elétrica** nas redes de eletricidade e a necessidade de reforço de capacidade da rede, complementando e viabilizando a eletrificação dos vários setores da economia.

# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO

### A DESCENTRALIZAÇÃO DAS CENTRAIS ELETROPRODUTORAS



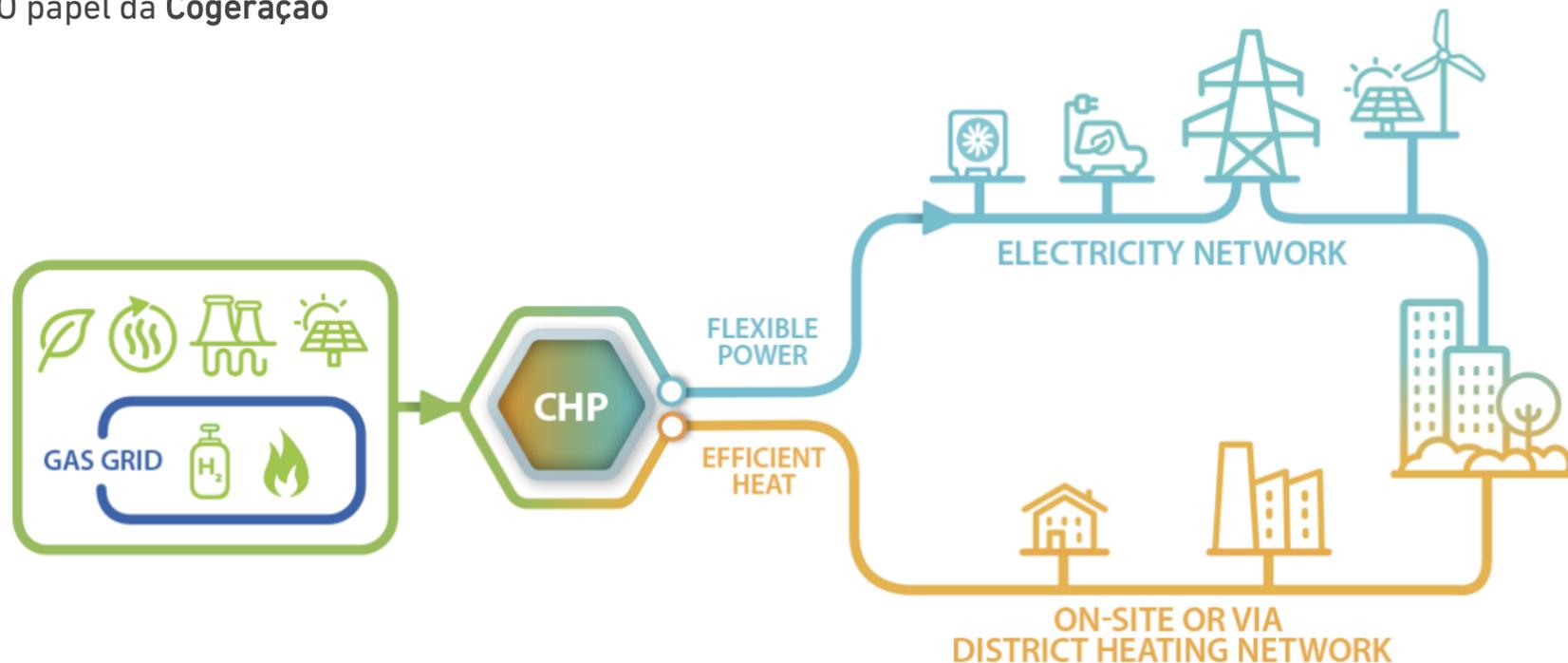
FONTE: COGEN EUROPE | Towards an efficient, integrated and cost-effective net-zero energy system in 2050



## O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

### SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO

#### O papel da Cogeração



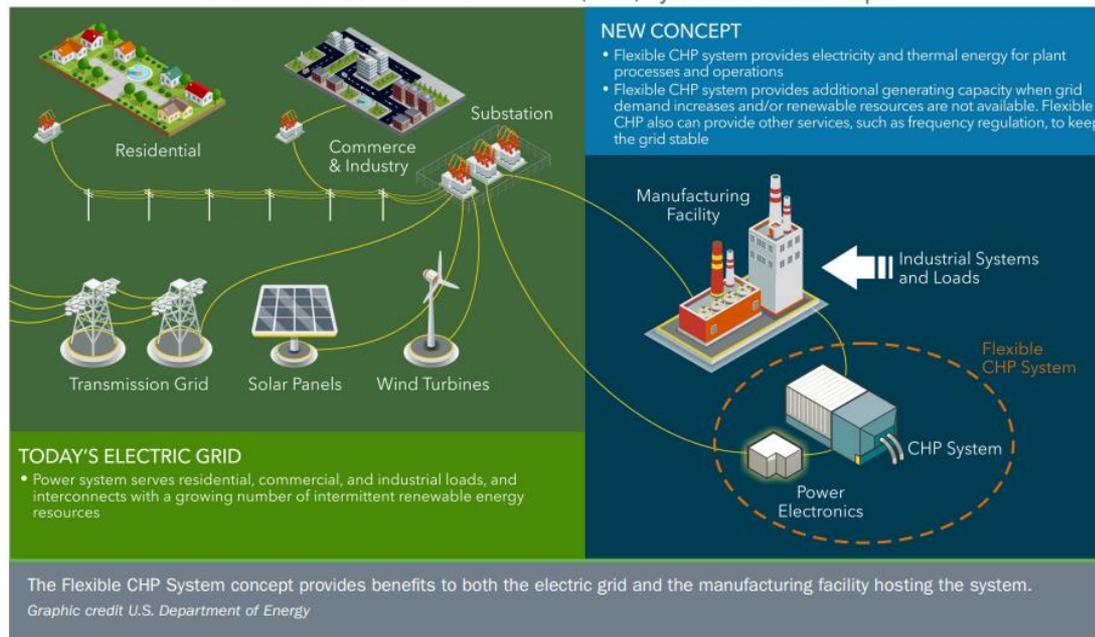
FONTE: COGEN EUROPE | Towards an efficient, integrated and cost-effective net-zero energy system in 2050

# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO

### O papel da Cogeração nos serviços de flexibilidade à rede elétrica

Flexible Combined Heat and Power (CHP) Systems - The Concept



#DESPACHABILIDADE

# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

## SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO

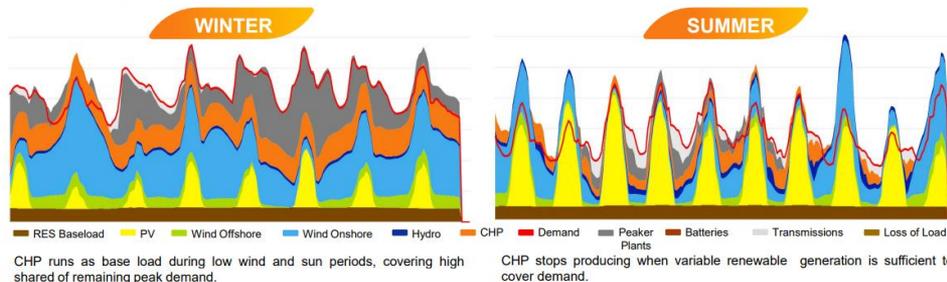
### O papel da Cogeração nos serviços de flexibilidade à rede elétrica

#### Focus on Power:

#### CHP Critical for Highly Renewable & Electrified System

- CHP can flexibly and cost-effectively operate according to the electricity system needs.
- CHP does not compete but complements variable renewable generation to meet seasonal peak demand due to high shares of electrified heat.
- CHP is a flexible solution alongside batteries, hydro storage and demand-side management to meet electricity system needs.
- CHP short-term flexibility will vary by applications (heat or power driven).

#DESPACHABILIDADE



## O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

### SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO

#### O papel da Cogeração | Ideias e Palavras Chave

- **Eficiência Energética:** A cogeração permite a produção simultânea de eletricidade e calor a partir de uma única fonte de energia, maximizando o aproveitamento energético e minimizando perdas. O documento afirma que a cogeração garante a conversão de mais de 75% da energia primária em energia útil, reduzindo perdas na conversão, transmissão e distribuição. Em contraste, a produção tradicional de energia térmica desperdiça 55% da energia como calor libertado na atmosfera.
- **Descarbonização:** A cogeração contribui para a redução de emissões de CO2 através da utilização de combustíveis renováveis e de baixo carbono, como biomassa, gases renováveis e hidrogénio. O documento indica que a cogeração já evita a emissão de aproximadamente 200 milhões de toneladas de CO2 por ano na União Europeia.
- **Integração de Energias Renováveis:** A cogeração funciona como um complemento às energias renováveis intermitentes, como a energia eólica e solar, fornecendo energia de forma estável e confiável quando a produção de fontes renováveis é baixa. O documento destaca a importância da cogeração para garantir a segurança energética e a resiliência do sistema, equilibrando a oferta e a procura de energia durante todo o ano.



## O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

### SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO

#### O papel da Cogeração | Ideias e Palavras Chave

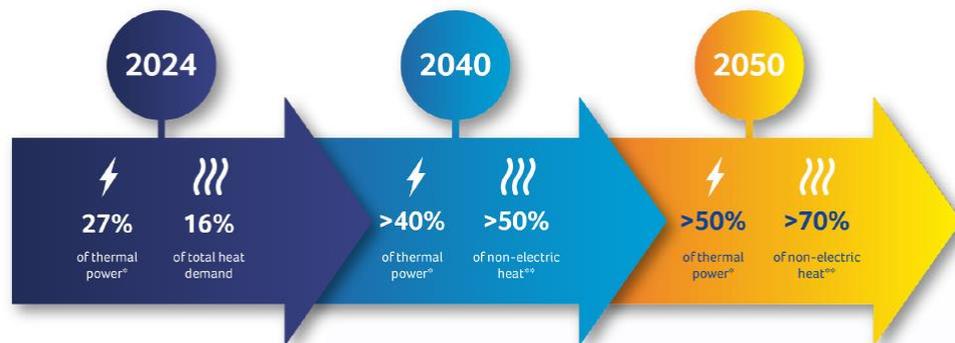
- **Resiliência do Sistema Energético:** A cogeração descentralizada aumenta a resiliência do sistema energético, reduzindo a dependência de grandes centrais elétricas e tornando o sistema menos vulnerável a interrupções. O documento defende a necessidade de uma abordagem integrada aos sistemas energéticos a nível local, permitindo que as comunidades controlem os seus próprios caminhos para a neutralidade carbónica.
- **Benefícios Económicos e Sociais:** A cogeração promove a criação de empregos locais, reduz os custos de energia para os consumidores e aumenta a competitividade da indústria europeia. O documento realça que o setor da cogeração já emprega mais de 100.000 pessoas na UE e apoia cadeias de abastecimento locais.



## O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro

### SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO

#### O papel da Cogeração | Visão para 2050



\* Electricidade produzida a partir de fontes térmicas de energia, tais como combustíveis fósseis, bioenergia, hidrogénio e energia nuclear.

\*\* Demanda de calor de edifícios, indústria e aquecimento urbano, que não pode ser eletrificada de forma economicamente viável.

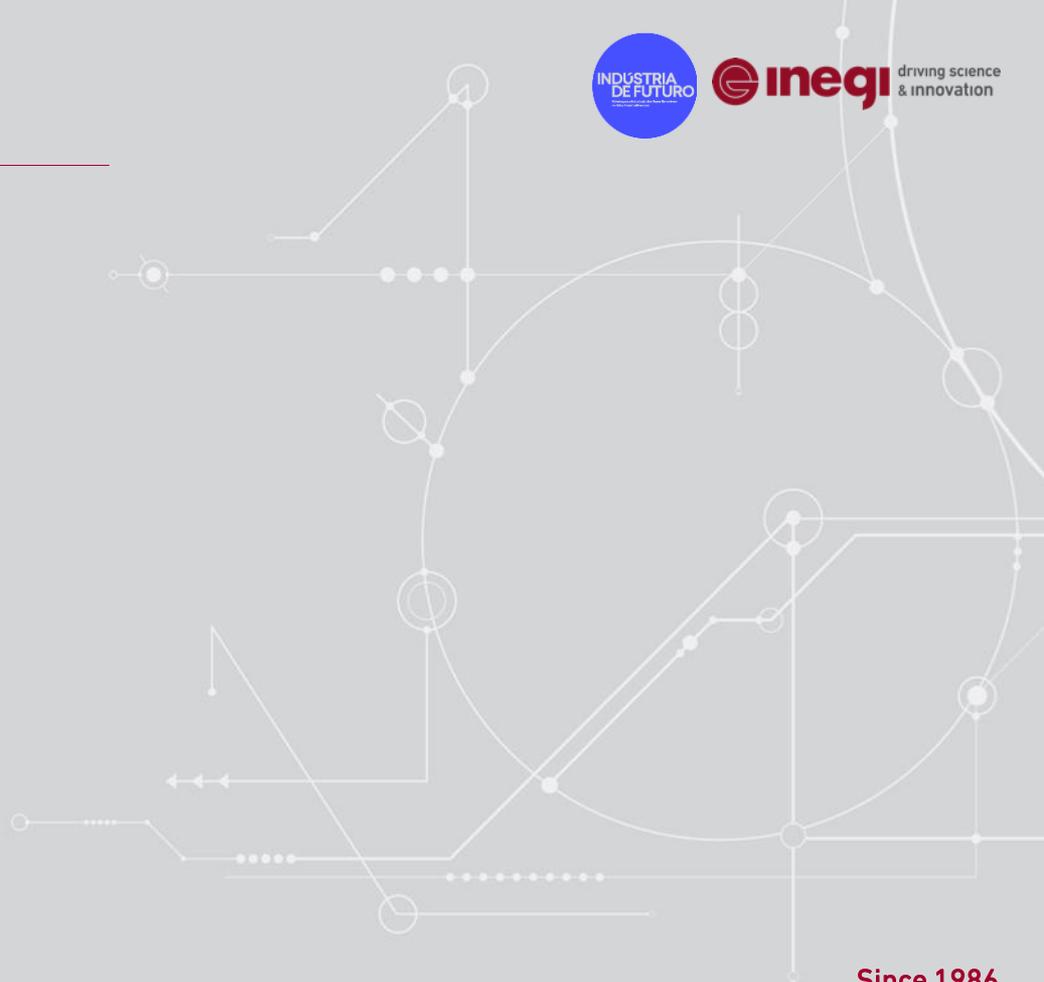
- Aumento da participação da cogeração na produção de eletricidade térmica na UE para pelo menos **40% até 2040** e pelo menos **50% até 2050**.
- Para alcançar esse objetivo, deverá ser priorizada a cogeração na produção de energia térmica, o uso de **gases renováveis** e de **baixo carbono**.





# 3.

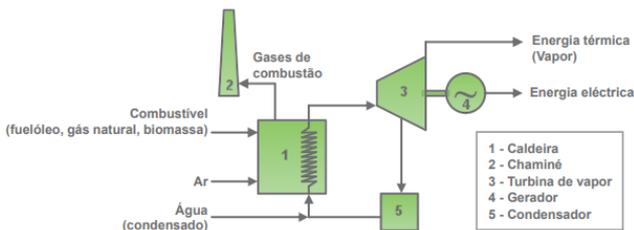
## Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis



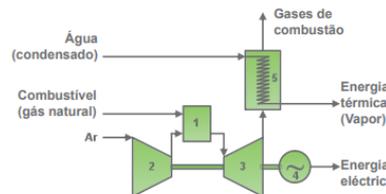
Since 1986

# Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis

Sistemas de cogeração	Eficiência elétrica [%]	Eficiência térmica [%]	Eficiência global [%]
Turbina a gás	38	47	85
Turbina a vapor	33	52	85
Microturbinas	30	50	80
Ciclo combinado	57	33	90
Motor alternativo	40	30	70

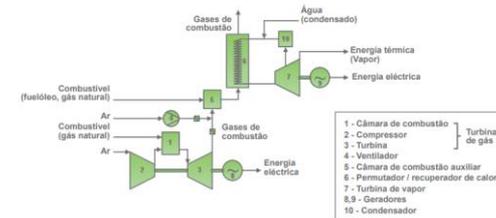


**Turbina de Vapor** | Necessidades térmicas pelo menos 4x superiores às necessidades elétricas



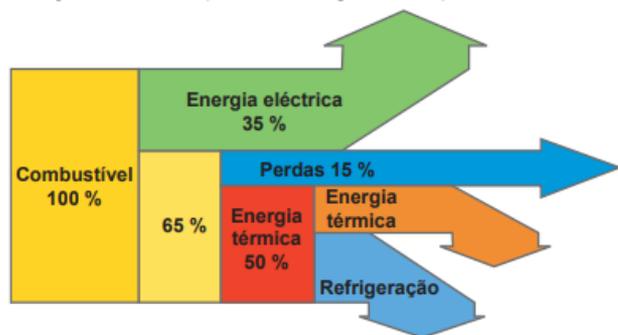
**Turbina de Gás** | Centrais mais utilizadas devido ao custo reduzido do gás natural (até março 2022)

- Utilizada para rácios calor/eletricidade maiores que 2

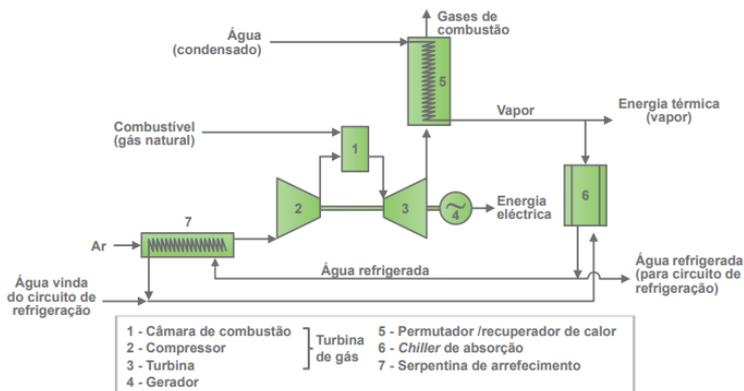


**Ciclo Combinado** | Utilizada para rácios eletricidade/calor em torno de 2

## Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis



Sistemas de cogeração	Potência disponível [kW]
Turbina a gás (1500rpm)	1 000 – 30 000
Turbina a vapor	80 – 500 000
Micro turbinas	30 – 250
Motores	50 – 4 000
Ciclo orgânico de rankine	30 – 10 000
Fuel Cell	5 -1 400



## Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis

Sistemas de cogeração	Prós	Contras
<b>Turbina a gás (1500rpm)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada fiabilidade</li> <li>- Disponibilizam elevadas temperatura nos gases de exaustão (500-600°C)</li> <li>- Não tem necessidade de refrigeração</li> <li>- Baixa nível de emissões</li> <li>- Arranque rápido</li> <li>- Manutenção rápida e simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rendimento reduzido em funcionamento a carga parcial</li> <li>- Potência de saída diminuiu com aumento da temperatura ambiente</li> <li>- Tempo de vida útil baixo</li> <li>- Limitação no tipo de combustível</li> </ul>
<b>Turbina a vapor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta eficiência térmica</li> <li>- Alta fiabilidade</li> <li>- Compacto</li> <li>- Versátil</li> <li>- Permite operar com vários combustíveis</li> <li>- Tempo de vida útil elevado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevado CAPEX para tamanhos mais pequenos</li> <li>- Arranque lento</li> <li>- Rendimento elétrico baixo</li> </ul>

## Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis

Sistemas de cogeração	Prós	Contras
<b>Micro turbinas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada fiabilidade</li> <li>- Compacto</li> <li>- Não necessita de arrefecimento</li> <li>- Arranque rápido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer alta pressão no combustível</li> <li>- CAPEX elevado (Euro/kW)</li> <li>- Baixa eficiência elétrica</li> <li>- Calor de baixa qualidade (exaustão)</li> <li>- Elevada degradação</li> </ul>
<b>Motores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta eficiência elétrica</li> <li>- Boa eficiência em carga parcial</li> <li>- Elevada temperatura nos gases de exaustão</li> <li>- Arranque rápido</li> <li>- Oferecem dois níveis de temperatura: 1º gases de escape e 2º Arrefecimento do motor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- OPEX elevado (Euro/kW)</li> <li>- Calor de baixa qualidade no arrefecimento do motor</li> </ul>

## Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis

Sistemas de cogeração	Prós	Contras
<b>Micro turbinas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada fiabilidade</li> <li>- Compacto</li> <li>- Não necessita de arrefecimento</li> <li>- Arranque rápido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer alta pressão no combustível</li> <li>- CAPEX elevado (Euro/kW)</li> <li>- Baixa eficiência elétrica</li> <li>- Calor de baixa qualidade (exaustão)</li> <li>- Elevada degradação</li> </ul>
<b>Motores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta eficiência elétrica</li> <li>- Boa eficiência em carga parcial</li> <li>- Elevada temperatura nos gases de exaustão</li> <li>- Arranque rápido</li> <li>- Oferecem dois níveis de temperatura: 1º gases de escape e 2º Arrefecimento do motor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- OPEX elevado (Euro/kW)</li> <li>- Calor de baixa qualidade no arrefecimento do motor</li> </ul>

## Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis

### Dimensionamento de Centrais de Cogeração | Boas Práticas

1. Adquirir dados de potência elétrica e térmica necessária
2. Analisar os perfis de consumo
3. Selecionar a tecnologia adequada de cogeração
4. Determinar a potência necessária do sistema de cogeração
5. Avaliar o impacto das tarifas no design do sistema
6. Determinar a viabilidade financeira
7. Calcular a redução nas emissões de gases de efeito estufa
8. Comparar com sistema atual e opções de uso de fontes renováveis de energia (complementariedade?)

## Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis

### Dimensionamento de Centrais de Cogeração | Boas Práticas

- A seleção e o dimensionamento corretos de um sistema de cogeração são essenciais para maximizar os benefícios económicos e ambientais da tecnologia.
- Seguir as etapas descritas, desde a recolha de dados de potência até a avaliação da viabilidade financeira e da redução de emissões, garante que o sistema escolhido atenderá de forma eficaz às necessidades energéticas necessárias.
- Além disso, a comparação com fontes renováveis de energia e/ou a sua complementariedade permite uma análise mais completa das opções disponíveis, assegurando que a cogeração seja a escolha mais eficiente e sustentável.

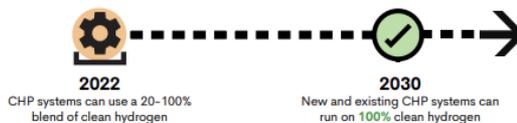
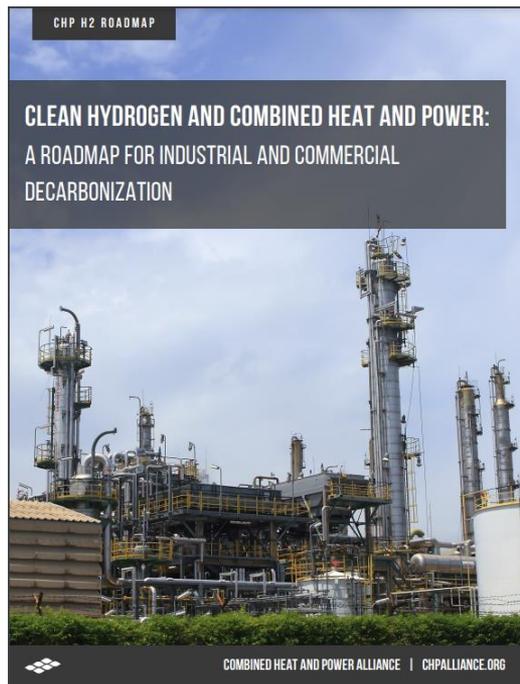
## Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis

### Manutenção de Centrais de Cogeração | Boas Práticas

- Os sistemas de cogeração, que combinam a produção de eletricidade e calor, tendem a ter custos de manutenção mais elevados em comparação com sistemas convencionais devido à presença de um maior número de peças móveis, que sofrem mais desgaste com o uso. No entanto, esses custos adicionais são compensados pela economia de energia primária e pela venda de eletricidade excedente à rede.
- A manutenção desses sistemas pode ser de dois tipos: periódica e forçada. A manutenção periódica é planejada e recomendada pelos fabricantes para garantir o bom funcionamento e a longevidade dos equipamentos, como a troca de óleo, filtros, velas de ignição e peças desgastadas (ex: pás de turbinas). Já a manutenção forçada ocorre em caso de avarias, como a substituição de pistões em motores devido ao sobreaquecimento.
- Ambos os tipos de manutenção requerem a interrupção temporária do sistema, devendo ser programadas para minimizar impactos operacionais e econômicos, como a venda de eletricidade à rede em períodos de menor demanda ou preços mais baixos.

## Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis

### Cogeração e Gases Renováveis



- Barreiras/Desafios Tecnológicos!

### Cogeração e Gases Renováveis



The screenshot shows the EBA (European Biogas Association) website. The navigation menu includes 'OUR DNA', 'EBA NETWORK', 'WHAT WE STAND FOR', 'INFO HUB', and 'R&D'. The main heading is 'Renewable heat and power'. The text below explains that Combined Heat and Power (CHP) engines are a common valorisation route for biogas in Europe, highlighting the efficiency of co-generating electrical and thermal energy.

**Renewable heat and power**

Combined heat and power engines (CHP) are a common valorisation route for biogas in Europe. The idea behind CHP is that the **co-generation of electrical and thermal energy** is more efficient than generating them separately. Depending on the design of the biogas plants, part of the heat from the CHP may be used to support the plant's fermentation process – for example, if the biogas reactors require heat to maintain the correct temperature. The electricity produced is mainly fed into the electricity grid, while any surplus heat is available for local heating applications.



## Boas Práticas e Melhores Tecnologias Disponíveis

### Szlachecin (Poland)



- A local energy system developed by Veolia integrates waste heat recovery, a large heat pump and a cogeneration facility to provide heat and electricity to businesses and households.
- The heat pump uses electricity from the cogeneration facility and recovers waste heat from a sewage treatment plant, thereby reducing CO<sub>2</sub> emissions by 2000 tonnes annually.

## Integração de tecnologias

### CRO

#### Brescia (Italy)



- Steelmaker ORI Martin captures excess heat from industrial processes to power an on-site cogeneration facility.
- The integrated system provides heat for 700 homes (via a district heating network) and electricity for 2000 homes in the local area.

COGEN EUROPE

### The Role of Cogeneration in Europe's Energy Transition

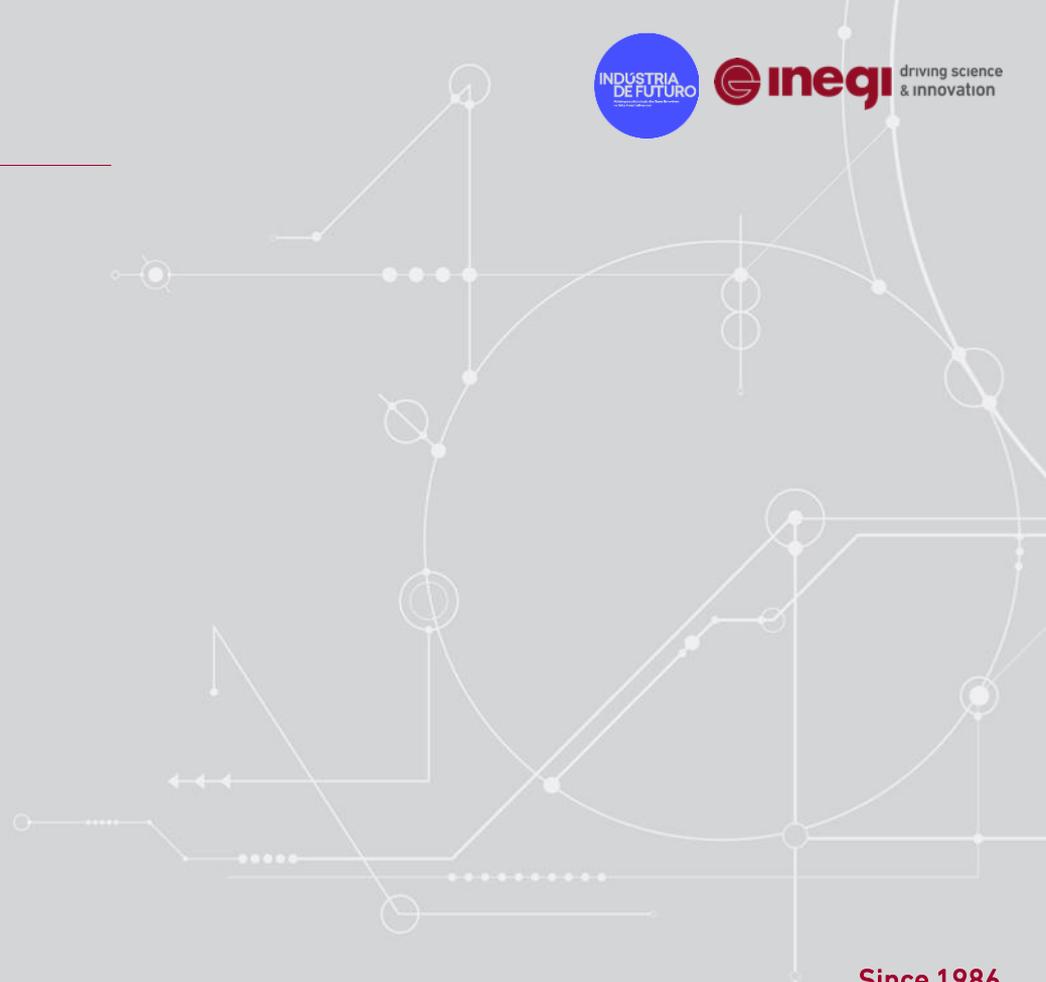
Enabling an Efficient Pathway to Net Zero

July 2024



# 4.

## Projetos de Gases Renováveis no setor da Cogeração



Since 1986

## Projetos de hidrogénio na Cogeração



### Instalação de Cogeração (CHP) a 100% de Hidrogénio

- Ano de início de operação da central: 2012
- Empresa envolvida: H2BER
- Localização: Aeroporto de Brandemburgo, Berlim
- Fonte de Hidrogénio: Produzido a partir de eletricidade gerada por turbinas eólicas próximas
- Capacidade do sistema: 160 kW (unidade 2G agenitor 306 CHP)
- Tipo de instalação: Sistema de cogeração a 100% hidrogénio
- Objetivo: Utilizar hidrogénio verde para produzir eletricidade e calor no aeroporto



Localização:  
Aeroporto de  
Brandemburgo  
(Berlim)



## Projetos de hidrogénio na Cogeração



### HyChico – Parque eólico e planta de hidrogénio

- **Ano de início de operação da central:** 2008
- **Tipo de sistema:** Sistema de cogeração a gás altamente eficiente
- **Horas de operação:** Mais de 70.000 horas
- **Fonte de energia:** Parque eólico de 6.3 MW
- **Produção de hidrogénio:** 120 Nm<sup>3</sup>/h de hidrogénio de alta pureza
- **Produção de oxigénio:** 60 Nm<sup>3</sup>/h de oxigénio
- **Armazenamento de hidrogénio:** Hidrogénio armazenado no subsolo e misturado com gás no sistema
- **Capacidade do sistema:** 1.4 MW (motor a gás J420)
- **Mistura de hidrogénio:** Funciona com misturas de hidrogénio até 42% (por volume)

 **Localização:**  
Chubat Province,  
Argentina



## Projetos de hidrogénio na Cogeração

### Projeto Piloto de Cogeração (CHP) a Hidrogénio Verde - Universidade de Clemson

- **Ano de início:** 2021
- **Instituição envolvida:** Universidade de Clemson
- **Objetivo do projeto:** Investigar o uso de hidrogénio verde como combustível para sistemas CHP
- **Tecnologia de produção de hidrogénio:** Eletrólise com a tecnologia Sylizer
- **Capacidade do sistema:**
  - **Turbina de combustão:** 15 MW (SGT-400)
  - **Turbina a vapor:** 2,8 MW

Fonte: <https://chpalliance.org/wp-content/uploads/2019/08/CHP-Hydrogen-Roadmap-2.pdf>



Localização:  
Clemson, SC,  
EUA

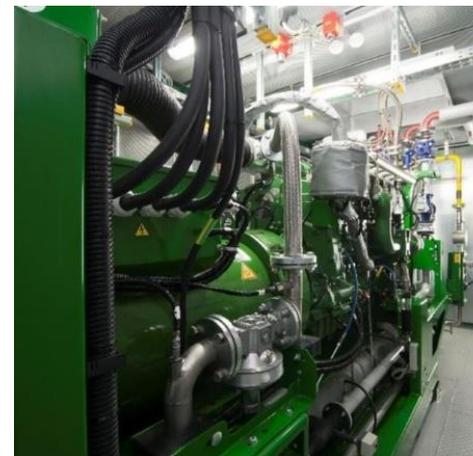


## Projetos de hidrogénio na Cogeração

### Aeroporto de Kirkwall

- **Sistema:** CHP preparado para hidrogénio da 2G
- **Integração:** Ligado ao sistema de aquecimento existente do aeroporto
- **Combustível:** Funciona com 100% de hidrogénio verde
- **Finalidade:** Atender às necessidades de aquecimento e energia dos principais edifícios do aeroporto
- **Impacto:** Demonstra o papel da tecnologia CHP na criação de um sistema energético resiliente, acessível e sustentável

Localização:  
Orkney islands,  
Escócia



## Projetos de hidrogénio na Cogeração



### Projetos de Cogeração (CHP) a Hidrogénio no Japão



Localização:  
Fuji Yoshida  
City, Japão



- **Empresa envolvida:** Erex (fornecedor de serviços energéticos)
- **Projeto 1:** Primeira unidade de cogeração a hidrogénio da 2G adicionada ao portfólio da Erex para fornecimento fiável de energia a partir de hidrogénio
- **Projeto 2:** Central de cogeração a hidrogénio agenitor 412 da 2G Energy AG
- **Capacidade:** 320 kW de eletricidade gerada a partir de hidrogénio
- **Objetivo:** Alimentar a rede local com eletricidade renovável de hidrogénio, reforçando a segurança do abastecimento na região rural
- **Impacto:** Erex especializada no desenvolvimento de soluções de abastecimento inovadoras, cada vez mais neutras para o clima, com foco no hidrogénio



## Projetos de hidrogénio e Biogas na Cogeração



### Hassfurt (Germany)



- Stadtwerk Haßfurt uses cogeneration to generate heat and electricity from renewable biogas and green hydrogen (produced using clean electricity).
- Two cogeneration units supplied by 2G Energy run flexibly on biogas and up to 100% hydrogen, meeting the energy needs of businesses, schools and households via a district heating network.



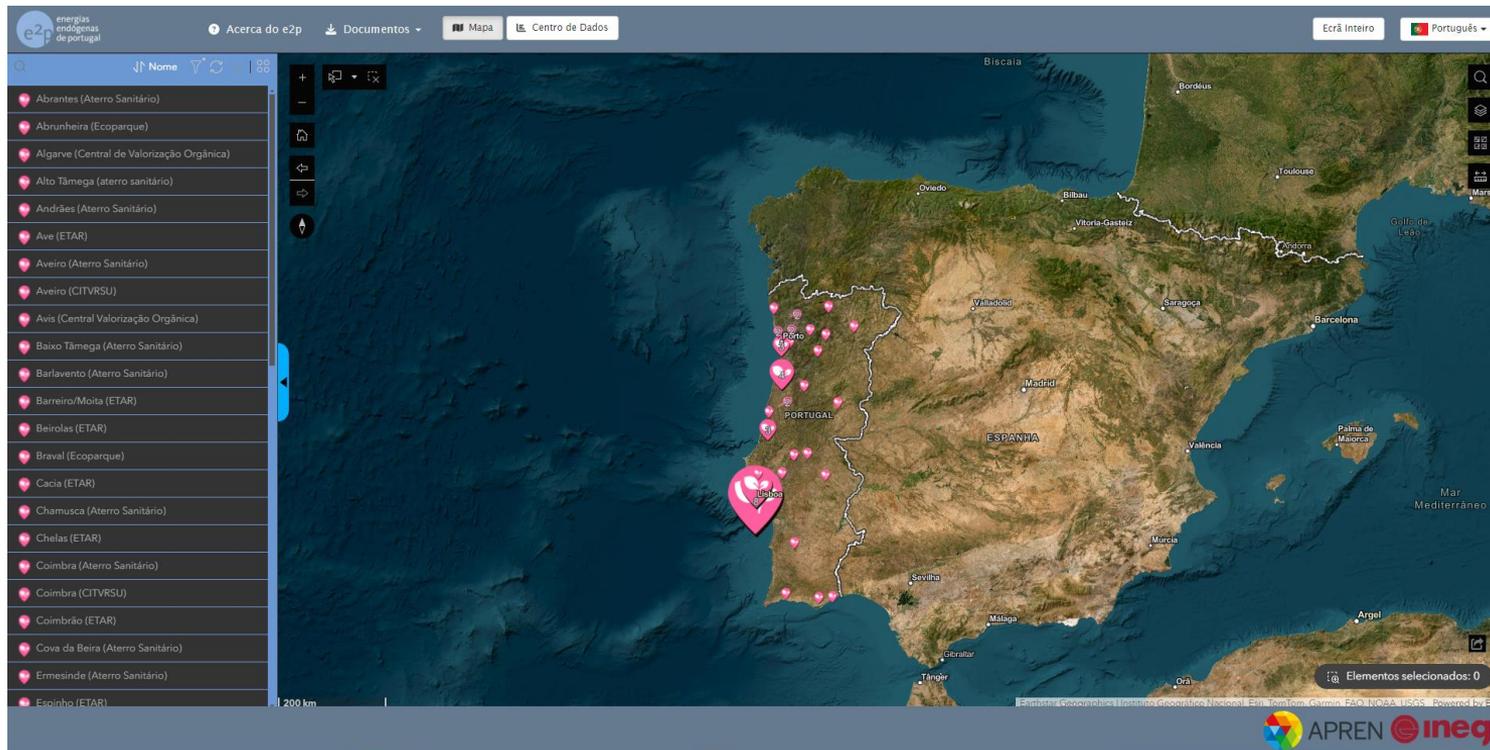
### Suchohrdly (Czechia)



- A farm meets its own energy needs by producing biogas from pig manure combined with waste from a sugar mill and other plants.
- The biogas is used to fuel 5 TEDOM cogeneration units, which provide both electricity and heat for the farm and an adjacent greenhouse.



# Projetos de Biogás na Cogeração



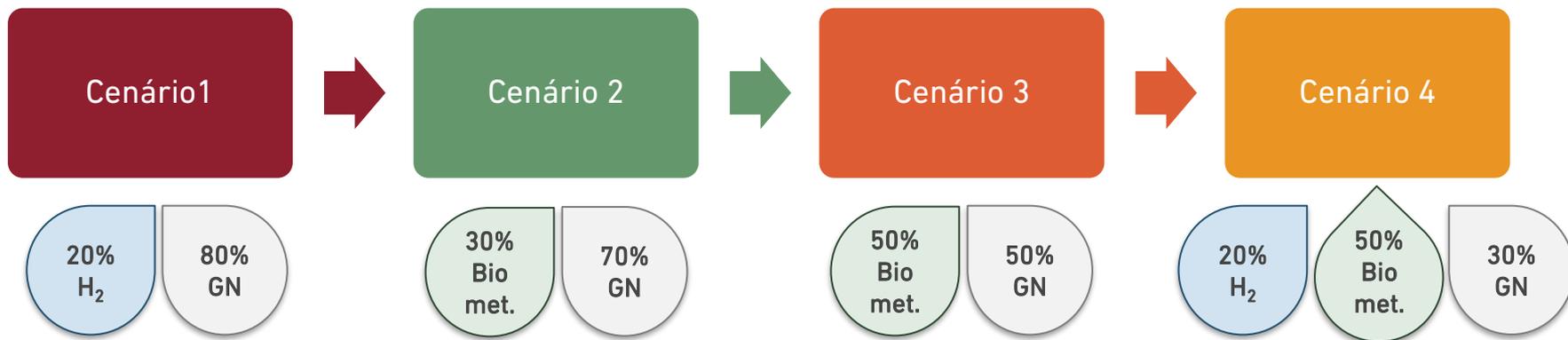
# 5.

## Introdução de gases renováveis no setor da Cogeração

- Procura de gases renováveis
- Censuração de possível integração dos gases renováveis
- Redução de emissões
- Alteração da matriz energética do mix do gás natural
- Resumo dos resultados do estudo
- Conclusões

## Cenarização de possível integração dos gases renováveis

- A descarbonização do setor do gás natural será gradual e aqui prevêm-se diferentes cenários de integração.
- O hidrogénio e o biometano, neutros carbonicamente, serão os gases reformadores do setor.
- São 4 os cenários em hipótese em adição ao **cenário 0 (uso atual de GN)**.
- As substituições de GN por gases renováveis são feitas **em volume**.

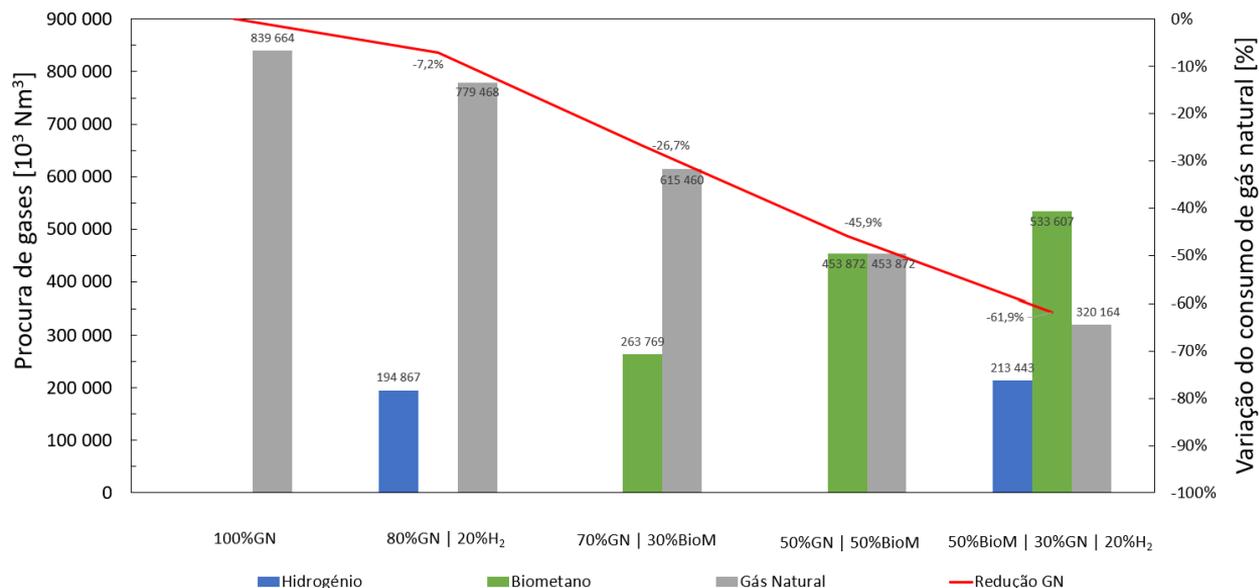


## Procura de gases renováveis

### Procura de hidrogénio e o biometano e diminuição do consumo de GN

→ O PCI do biometano é bastante próximo do GN e, portanto, o volume de GN substituído é semelhante ao de biometano que substitui.

→ Já com o H<sub>2</sub>, sendo o seu PCI cerca de 3 vezes inferior ao do GN, será necessário um maior volume de hidrogénio para substituir o mesmo conteúdo de GN.

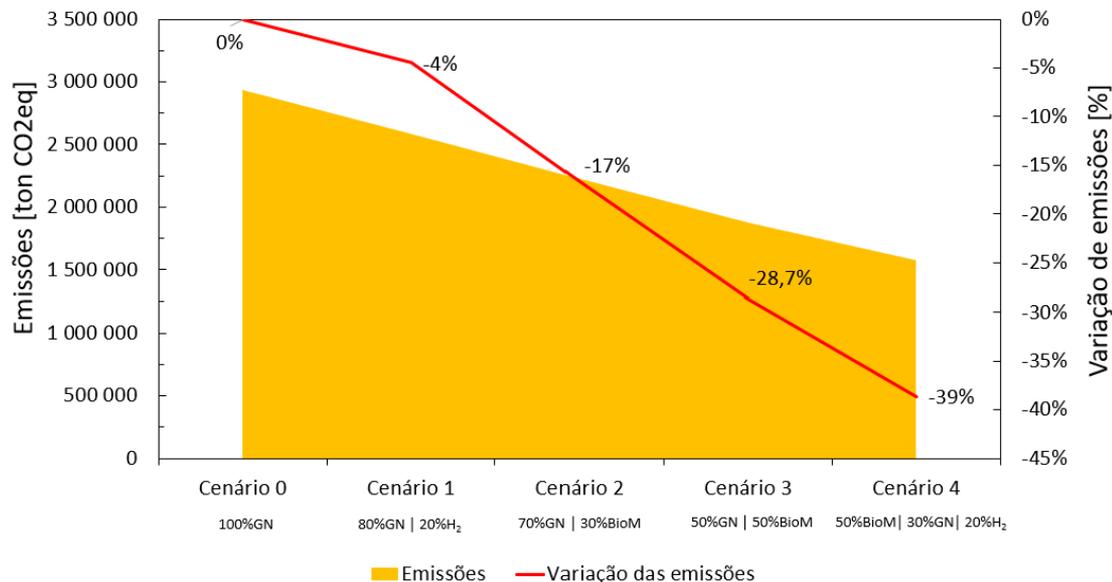


## Redução de emissões

### Emissões de CO2 do setor da Cogeração

→ As emissões absolutas do setor são consideravelmente diminuídas com a integração de gases renováveis.

→ O cenário 4 permite uma redução de 70% de consumo de GN, o que corresponde a uma redução de emissões de 39% e corresponde a 70% do total das emissões de carbono do setor, no momento, produzidas pelo consumo de GN.

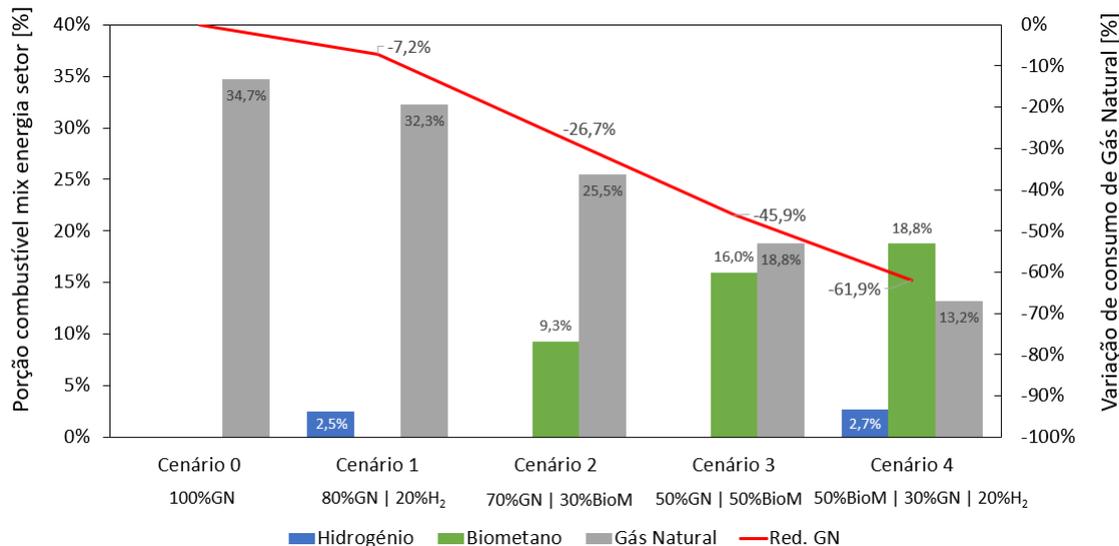


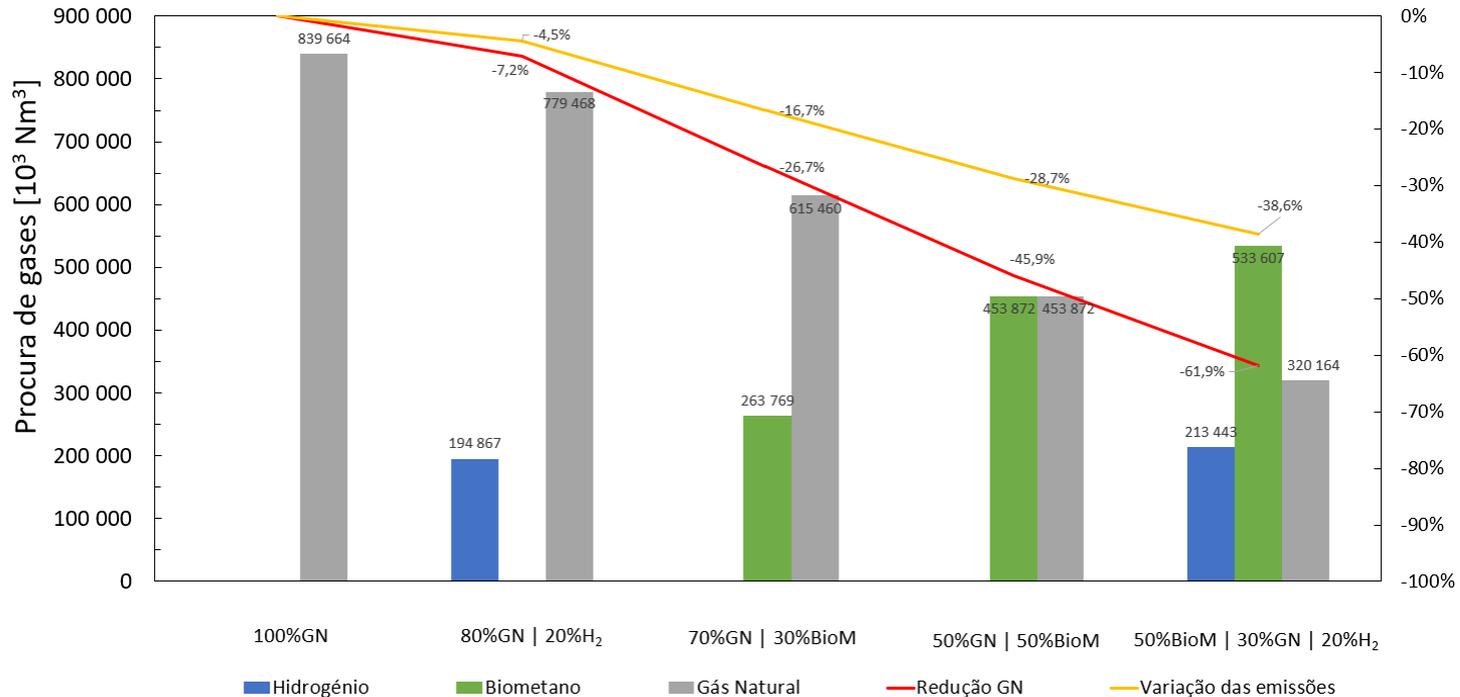
## Alteração da matriz energética do mix do gás natural

### Alteração do mix energético de gases

→ Como já referido, o biometano, tendo um PCI poderá bastante próximo do GN, permite influir, de forma mais destacada, na diminuição do consumo de GN.

→ O hidrogénio terá sempre uma menor influência no mix energético, ainda para mais se a percentagem de introdução for de 20% (corresponde a cerca de 6 a 7% do conteúdo energético do GN).





## Resumo dos resultados do estudo



Potencial de redução de emissões



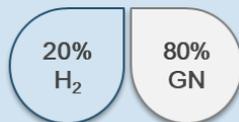
A partir do Cenário 2



Energia do setor possível de descarbonizar (GN)

## Resumo da cenarização

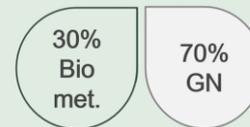
### Integração de gases renováveis no setor da Cogeração



→ 2,5% do mix energético total em H<sub>2</sub>

→ 4,5% de redução de emissões

→ 194 867 10<sup>3</sup>Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>



→ 9,3% do mix energético total em biometano

→ 16,7% de redução de emissões

→ 263 769 10<sup>3</sup>Nm<sup>3</sup> biometano



→ 15% do mix energético total em biometano

→ 28,7% de redução de emissões

→ 453 872 10<sup>3</sup>Nm<sup>3</sup> biometano



→ 2,7% de H<sub>2</sub> e 18,8% de biometano do mix energético

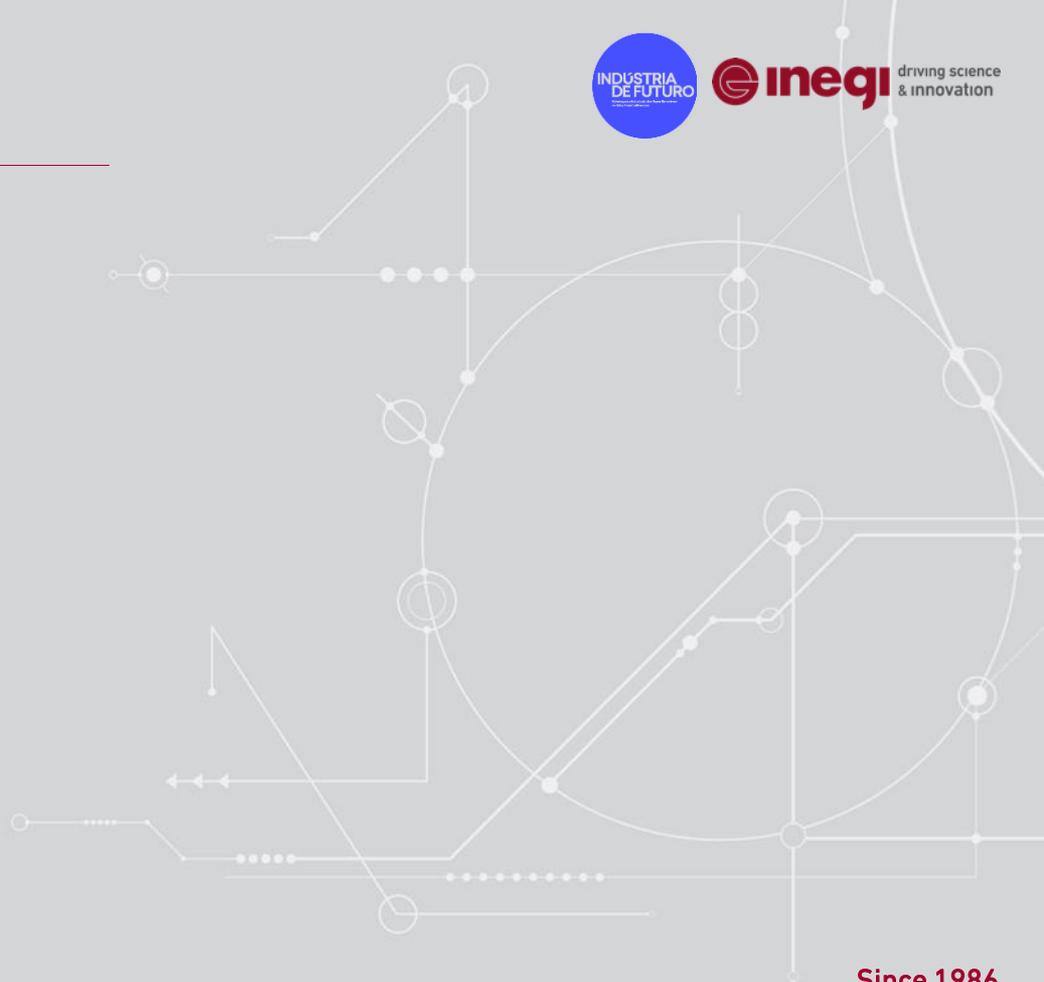
→ 38,6% de redução de emissões

→ 213 443 10<sup>3</sup>Nm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub> e 533 607 10<sup>3</sup>Nm<sup>3</sup> de biometano



# 6.

## Conclusões e *Takeaway Messages*



Since 1986

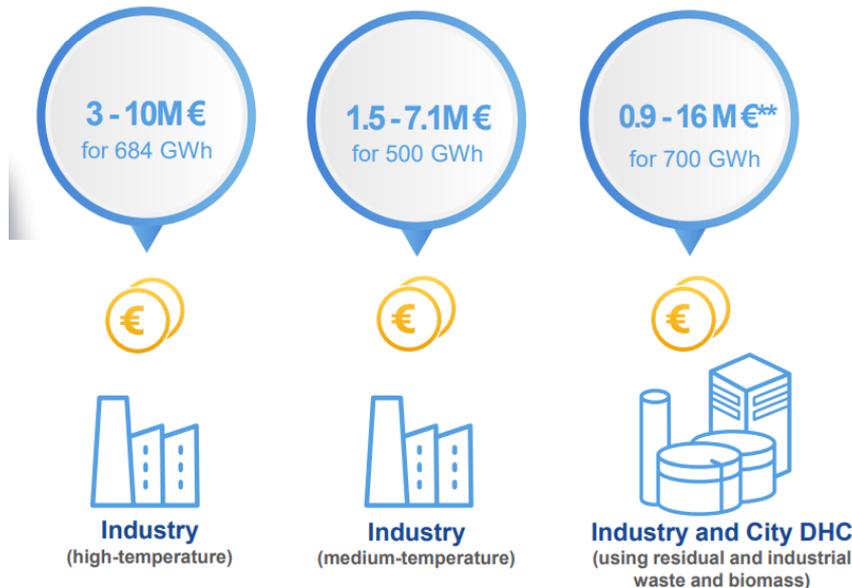
## Conclusões e *Takeaway Messages*

### COGERAÇÃO

#### O SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO TERÁ COGERAÇÃO!



FONTE: COGEN EUROPE | Towards an efficient, integrated and cost-effective net-zero energy system in 2050

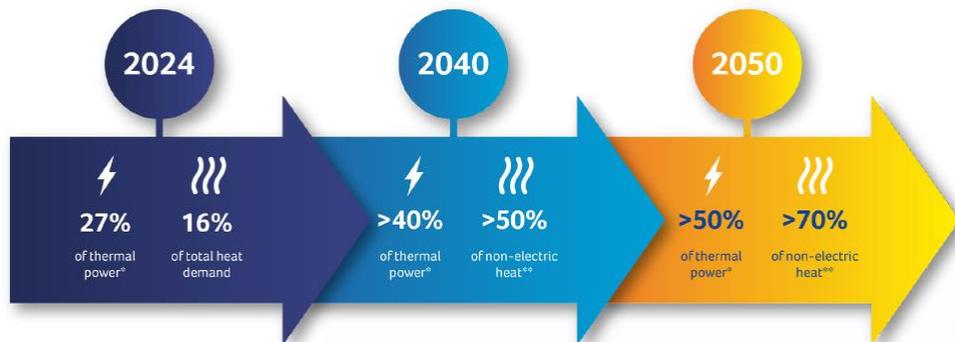


\* based on retail power prices including taxes, levies and grid costs, self-consumed electricity and hydrogen retail price of 80-100 €/MWh. All other user cases assume cogenerated electricity is sold to market at wholesale electricity prices, excluding taxes.  
\*\* based on biomass price of 40-60 €/MWh.

#### Poupanças económicas!

FONTE: COGEN EUROPE | Towards an efficient, integrated and cost-effective net-zero energy system in 2050

# O Papel da Cogeração no Sistema Energético do Futuro



\* Electricity produced from thermal sources of energy such as fossil fuels, bioenergy, hydrogen and nuclear power.

\*\* Heat demand from buildings, industry and district heating, which cannot be electrified cost-effectively.



**COGEN EUROPE**

### The Role of Cogeneration in Europe's Energy Transition

*Enabling an Efficient Pathway to Net Zero*

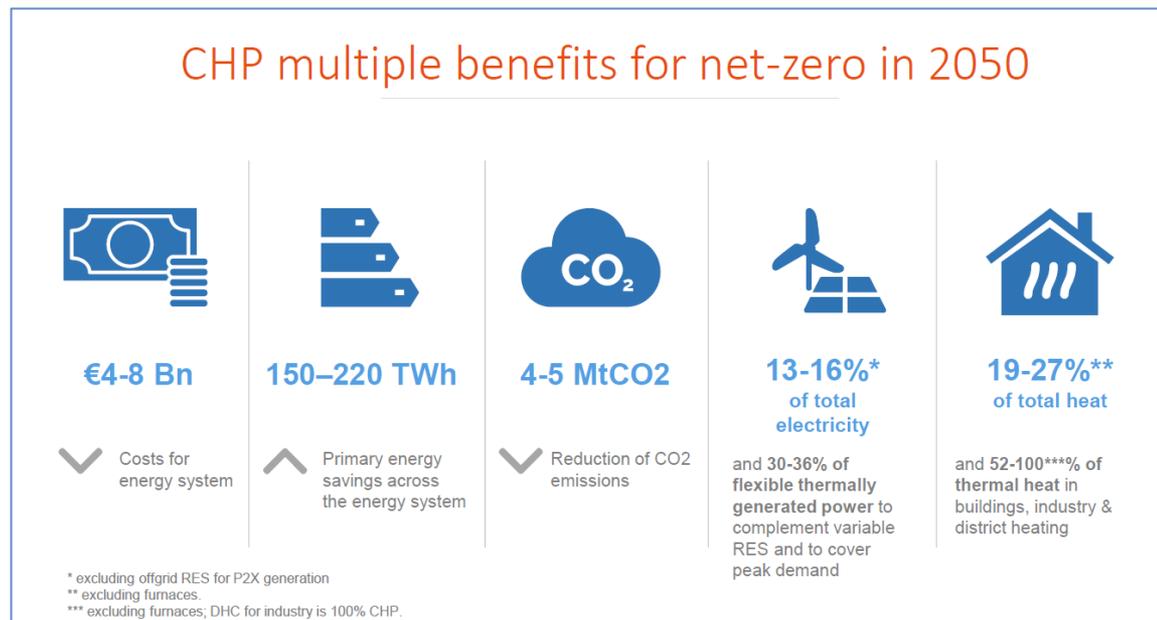
**Cogeneration: enabling an efficient pathway to net-zero**

- Boosting energy efficiency
- Integrating renewables
- Reducing emissions
- Enabling system integration
- Fostering energy affordability
- Enhancing flexibility & resilience

July 2024

## COGERAÇÃO

### O SISTEMA ENERGÉTICO DO FUTURO TERÁ COGERAÇÃO!



FONTE: ARTELYS and COGEN EUROPE | Towards an efficient, integrated and cost-effective net-zero energy system in 2050

Ricardo Barbosa  
rbarbosa@inegi.up.pt

**INSTITUTO DE CIÊNCIA E INOVAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA INDUSTRIAL**

[www.inegi.pt](http://www.inegi.pt)



**MAIS DE 35 ANOS  
A CONVERTER  
CONHECIMENTO  
EM VALOR**

**Since 1986**

