

**INDÚSTRIA
DE FUTURO**

Relatório para a introdução das Oportunidades
no Setor Industrial Nacional

**28FEV
2023
9H00**

1º Workshop
Business Center - Parque
Centrais

Transformação de fornos cerâmicos rumo à transição energética

Inês Rondão



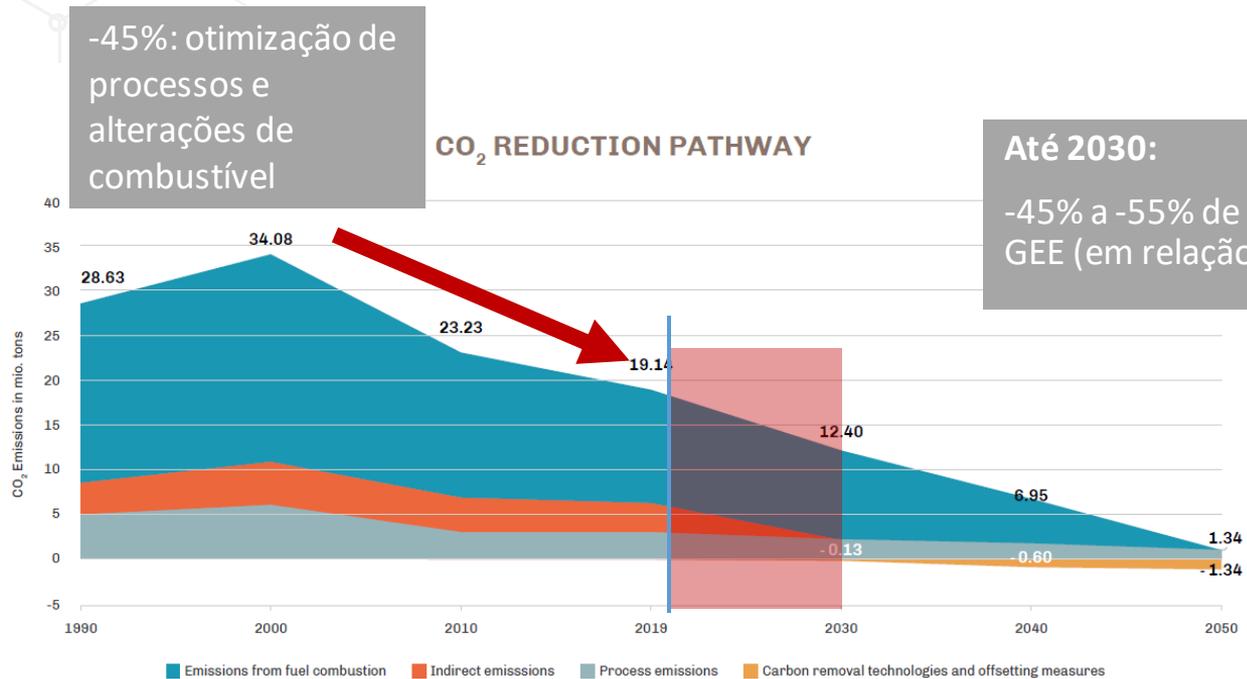
Resumo

- Descarbonização da indústria cerâmica
 - Metas e fontes de emissões
 - O Hidrogénio verde como alternativa energética
 - Mistura com Gás Natural (NG)
- EcoCerâmica e Cristal Portugal – uma agenda para a descarbonização
 - Queimadores e rede de distribuição de H₂
 - Fornos híbridos para a indústria cerâmica
 - Descarbonização e circularidade de todo o processo cerâmico
- Notas finais





Descarbonização na indústria cerâmica



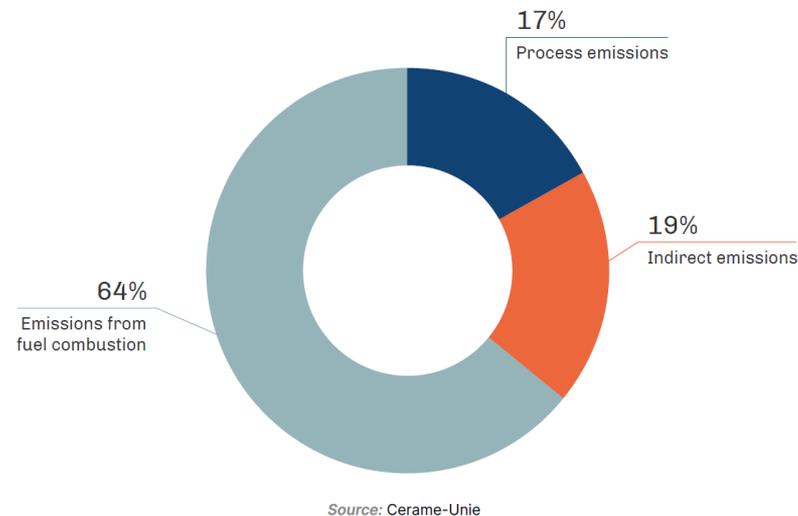
Até 2030:
 -45% a -55% de emissões de GEE (em relação a 2005)

2050:
 Neutralidade carbônica

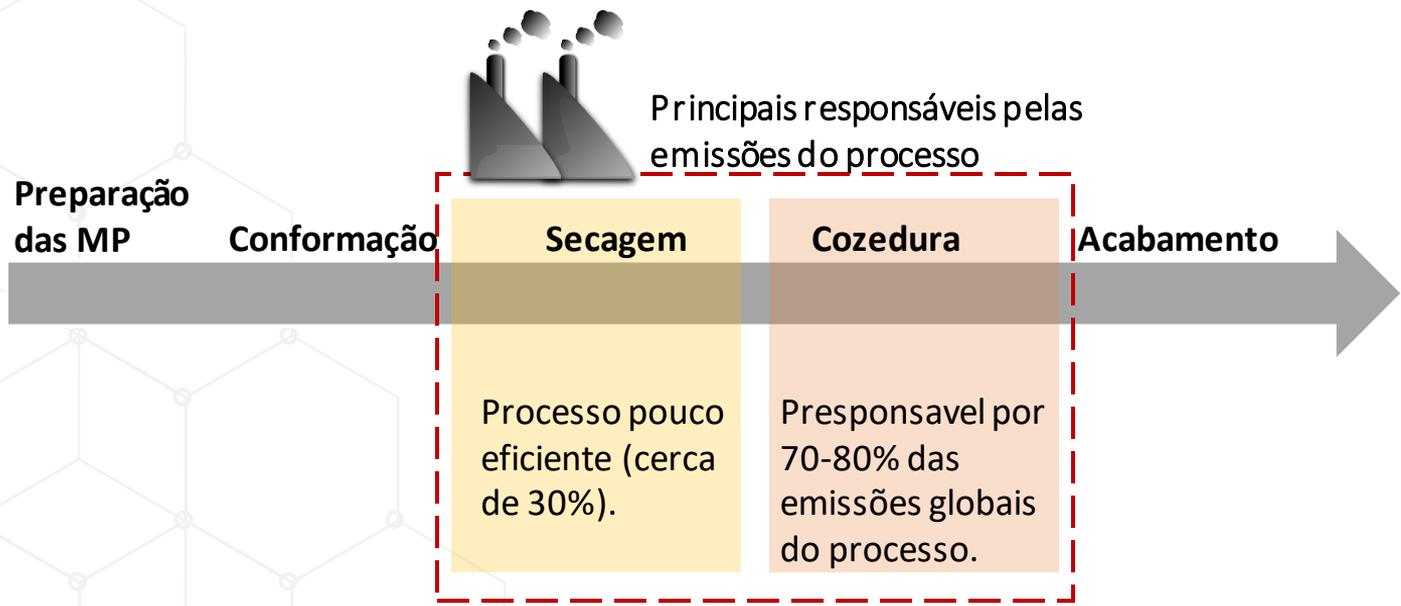
Source: Cerame-Unie

Fontes de emissões no sector cerâmico

- Aproximadamente **64% das emissões de CO₂ provenientes da combustão de combustíveis fósseis** (principalmente GN).
- Cerca de **19% são emissões indiretas**, relacionadas com o consumo de eletricidade de fontes não verdes.
- E os restantes **17% são emissões de processo**, (ex.: queima de compostos orgânicos e a decomposição de carbonatos).



Pontos críticos do processo cerâmico na emissão de CO₂



Variações no preço do gás natural

Os preços subiram muito no pós-pandemia e com o início da guerra na Ucrânia.

O GN consumido em Portugal vem de:

- Nigéria e Magrebe

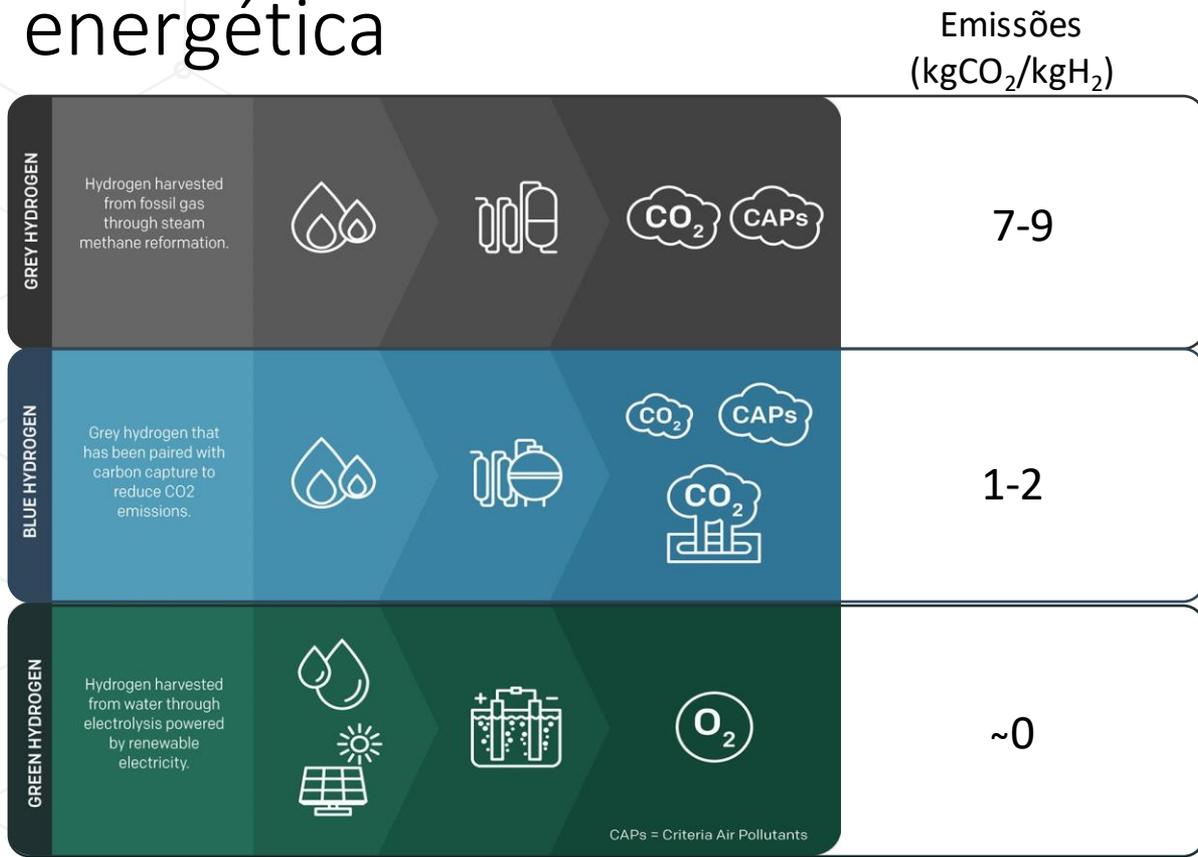
Gás Natural Futuros ▲ 2,726 +0,136 (+5,25%)



Units: USD/MMBtu



O Hidrogénio verde como alternativa energética



90% da produção mundial de H₂

Fonte: earthjustice.org



Substituir o GN por H₂

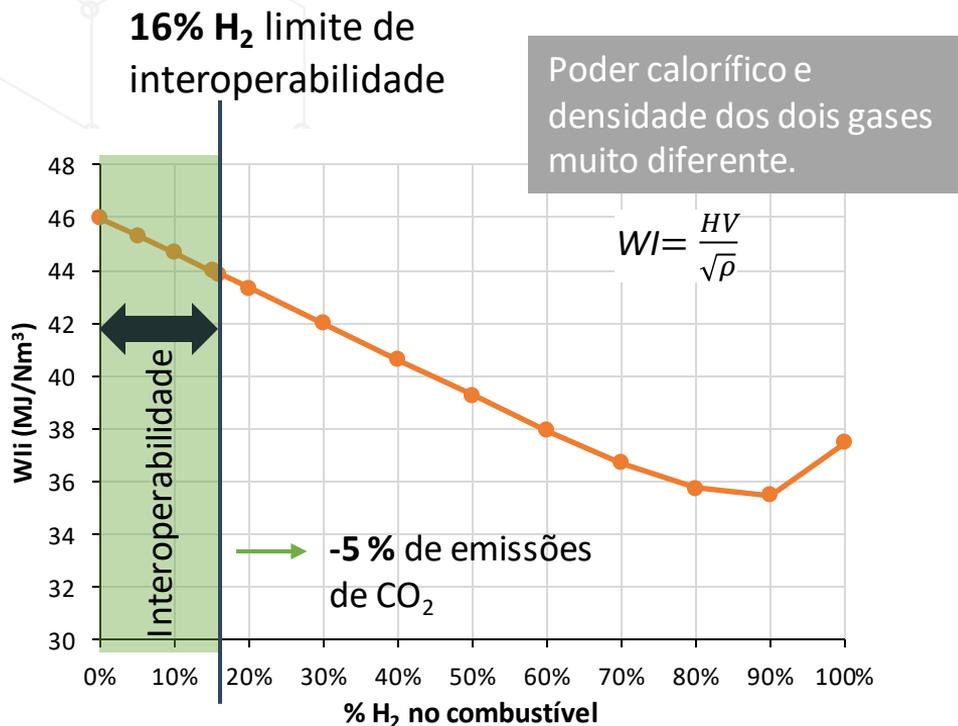
	H ₂	NG	Considerações
PCI (kWh/Nm ³)	2.8	10.6	Necessidade de aumento dos caudais Adaptação de queimadores e fornos
Densidade (kg/Nm ³)	0.08	0.70	Necessidade de aumento dos caudais Mistura difícil
Temperatura adiabática de chama (°C)	2 254	2 068	Formação de NO _x
Velocidade de chama (m/s)	0.27	0.04	Redesenho de queimadores
Emissões específicas (kgCO ₂ /kWh)	0	0.21	Sem emissões de CO ₂

A substituição total não é ainda possível.

A alternativa passa por utilizar misturas dos dois gases.



Limitações dos equipamentos existentes

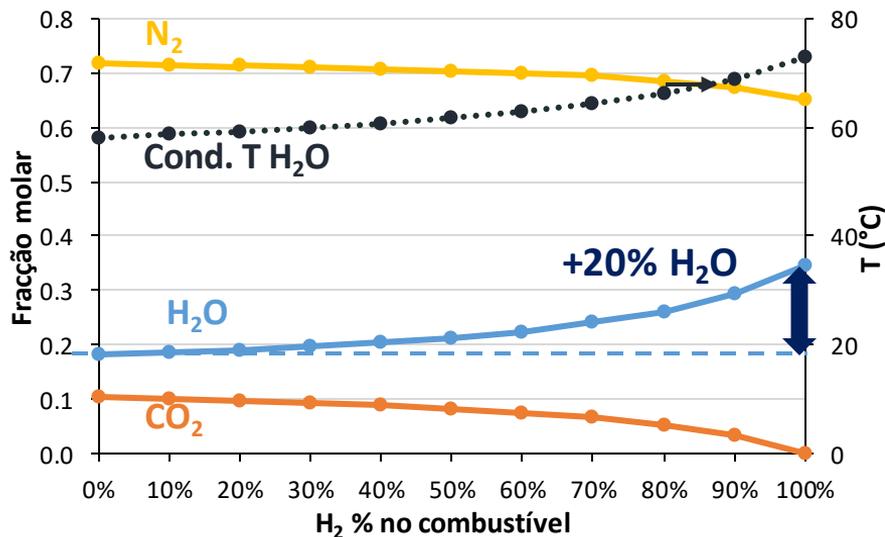
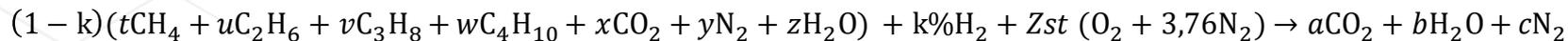


A variação do Índice de Wobbe em cerca de 5% é possível, sem a necessidade de mudar de queimadores.

Usando a tecnologia atual, **16% H₂ é o máximo que pode ser adicionado ao GN.**

5% redução das emissões – ainda muito longe das metas para a descarbonização.

Produtos de combustão



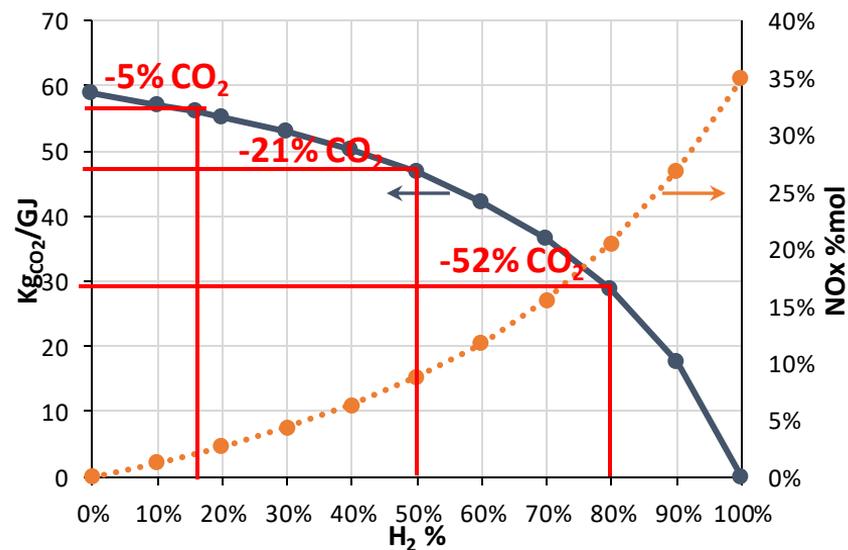
Os gases de escape devem estar a uma temperatura mais elevada do que a temperatura de condensação.

A quantidade de água aumenta cerca de 20%, mas ao mesmo tempo a temperatura de condensação aumenta.

A temperatura de condensação depende também da relação ar-combustível.

Emissões

- 16% H₂ → -5% CO₂
(limite de interoperabilidade atual)
- 50% H₂ → -21% de CO₂
- 80% H₂ → -52% de CO₂
- **35% de aumento da formação de NO_x**, a emissão pode ser evitada por:
 - Redução do O₂ na combustão - menos oxidação do N₂ para NO_x.
 - Recirculação dos gases de combustão, para a reforma.



Descarbonização da indústria cerâmica



- Etapas críticas do processo:
 - Secagem
 - Cozedura
- H₂ verde alternativa ao GN, mas:
 - Mistura difícil;
 - Necessidade de adaptação de queimadores;
 - Atmosfera dentro do forno;
 - Emissões.

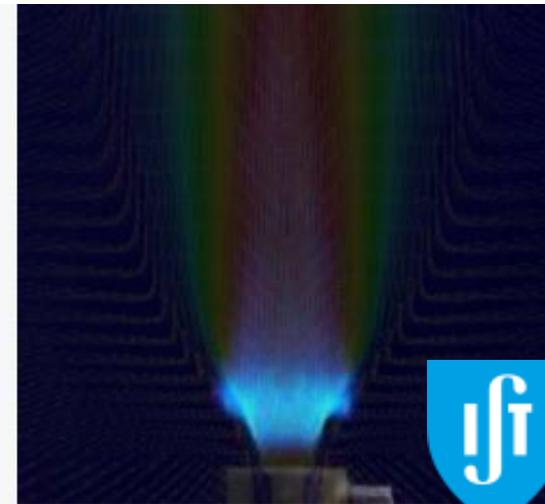
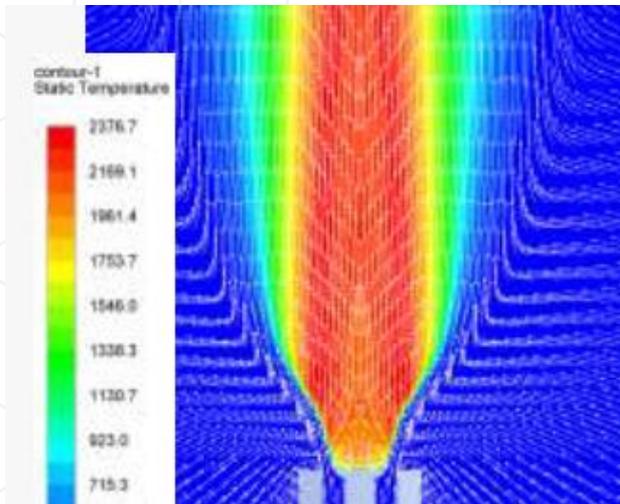


EcoCerâmica e Cristal de Portugal



Testes de queimadores para fornos cerâmicos

- Combinação de resultados de simulação e análise experimental
- Definir orientações sobre como adaptar os queimadores existentes à utilização de combustíveis misturados.



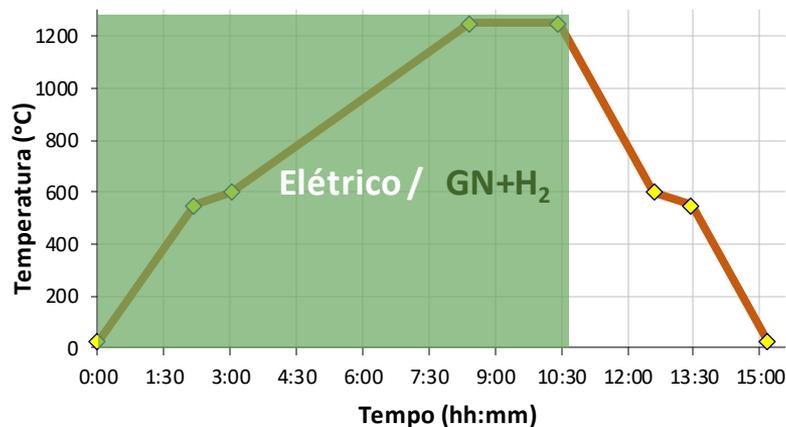
Rede de produção e fornecimento de H₂



- Avaliação das **necessidades de auto-produção** de gases renováveis e **armazenamento do excesso de produção, dimensionamento das instalações a implementar.**
- **Conversão das infraestrutura instalada de GN,** desde o ponto de injeção até ao entrada no queimador.
- Fase inicial dos testes – H₂ em garrafa.
- Teste pré-industriais –eletrólizador (unidade móvel)

Fornos híbridos para a indústria cerâmica

Perfil térmico de um forno cerâmico



Eletricidade / GN / H₂

- Desenvolvimento de fornos híbridos elétricos e de gás, o gás será uma mistura de H₂ e GN
- Análise técnico-económica

Fornos híbridos para a indústria cerâmica

Forno escala laboratorial – testes em laboratório de misturas de H_2+GN e eletrificação.

Estudo do efeitos no produto (louça, pavimento e revestimento):

- propriedades mecânicas;
- cor;
- controlo de defeitos;
- atmosfera dentro do forno e emissões.

10kW de potência



Fornos híbridos para a indústria cerâmica

Demonstrador à escala pré-industrial
(Forno de rolos de 11 m)

Conversão da tecnologia de queima instalada para a indústria da cerâmica (fornos, rampa de gás e queimadores).

Preparado para 50% H₂ numa fase inicial.

200 kW de potência



Testes de cozedura em produtos cerâmicos

Otimizar ciclos de cozedura
Otimizar desempenho energético do forno

Eficiência energética

Controlo das características do produto – cor
Garantia de desempenho de produto

Produtividade / qualidade

Controlo da durabilidade da mobília
refratária e componentes do forno

Tempo de vida

Controlo de emissões

Descarbonização / Desempenho ambiental

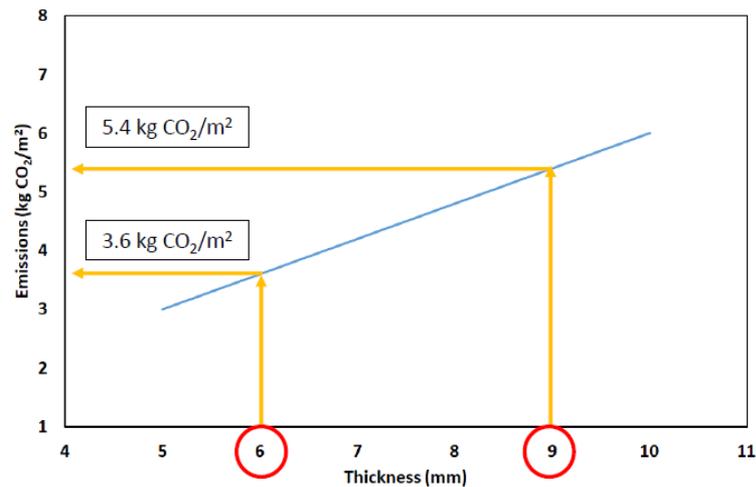
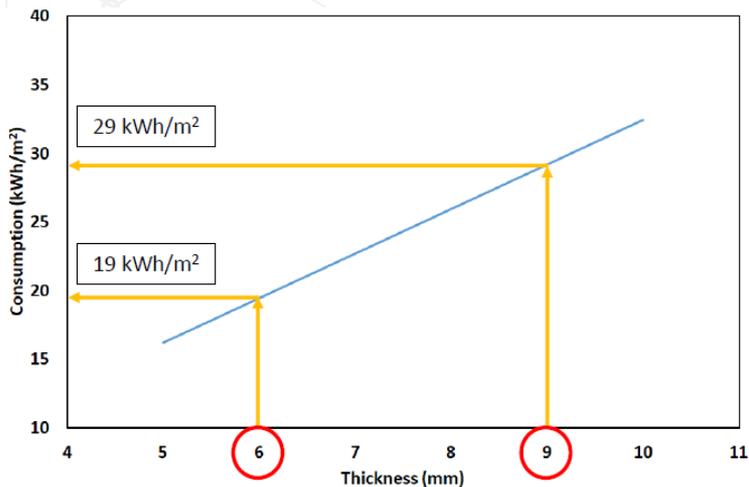
Descarbonização e circularidade do processo

- Soluções tecnológicas para a descarbonização de **processos de secagem** na indústria cerâmica
- **Circularidade de matérias-primas**
- Novas formulações cerâmicas para a **sinterização a baixas temperaturas**

Eficiência de recursos e energia

- Estudados os limites de redução de espessura para cada tipo de produto.

Efeito da espessura do produto no consumo de energia e emissões de CO₂



Fonte: JTC 2021, Enrique Sánchez, ITC

EcoCerâmica e Cristal Portugal – uma agenda para a descarbonização



- Queimadores – adaptações necessárias nos queimadores existentes
- Hidrogénio verde – fornecimento, armazenamento e necessidade de auto-produção
- Demonstradores – fornos híbridos para a industria cerâmica
- Abordagem integrada – de todo o processo e produtos cerâmicos no sentido da descarbonização, circularidade e sustentabilidade

Notas finais

- Prioridades rumo à descarbonização:

Eficiência energética > Renováveis > Eletrificação > Combustíveis alternativos > Captura de CO₂

- Necessita flexibilidade de processos e tecnologias face às alternativas energéticas e adaptação a novos recursos (ex.: matérias-primas alternativas e fornos híbridos).
- A redução necessária só será possível com **tecnologias disruptivas**.
- A maioria das tecnologias para a descarbonização não estão ainda suficientemente desenvolvidas.
- **Projetos de demonstradores** das diferentes tecnologias são essenciais.



Obrigada pela atenção!

Inês Rondão
ines.rondao@ctcv.pt

www.ctcv.pt

