



associação portuguesa das indústrias
de cerâmica e cristalaria

PPEC 7ª Edição - 2022-2024

Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia com Vista à Descarbonização

Anexo 4

Manual de Eficiência Energética e Carbónica

Medida financiada no âmbito do Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia,
aprovado pela ERSE- Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos



ERSE

ENTIDADE REGULADORA
DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS

Promotor:

APICER
associação portuguesa das indústrias
de cerâmica e cristalaria

Desenvolvimento:



Financiamento:

ERSE
ENTIDADE REGULADORA
DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS

"Medida financiada no âmbito do Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia, aprovado pela ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos"



MANUAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CARBÓNICA

Promotor:



Desenvolvimento:



Financiamento:



"Medida financiada no âmbito do Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia, aprovado pela ERSE- Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos"



MANUAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CARBÓNICA

Ficha Técnica

Propriedade

Associação Portuguesa das Indústrias de Cerâmica e Cristalaria
Rua Coronel Veiga Simão
Lufapo Hub, Edifício A, n.º 40 - 1.º Piso
3025-307 COIMBRA

Coordenação e Edição

Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro
iParque - Lote 6
3040-540 ANTANHOL
www.ctcv.pt
e-mail: centro@ctcv.pt

Autores

Eng.º Rui Neves
Eng.º António Baio Dias
Eng.º Pedro Cardoso
Eng.º Samuel Lameiro
Eng.ª Marisa Almeida

Design Gráfico e Capa

José Luís Fernandes

JULHO 2024

Este manual foi produzido no âmbito do projeto “Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia com Vista à Descarbonização”, promovido pela APICER - Associação Portuguesa das Indústrias de Cerâmica e Cristalaria no âmbito da 7ª edição do PPEC, aprovado pela ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.

Índice

1. Preâmbulo	6	4.2.9. Isolamento Térmico	68
1.1. Introdução	6	4.2.10. Produção de água quente	68
1.2. Políticas Europeias	6	4.2.11. Produção de Energia Elétrica	68
1.2.1. O Clima da UE e o Pacote Energético	6	4.2.12. Iluminação Solar	69
1.2.2. Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050)	6	4.2.13. Biomassa	69
1.2.3. Promoção da Utilização de Energia proveniente de Fontes Renováveis	10	4.2.14. Bombas de Calor	70
1.3. Políticas Nacionais	11	4.2.15. Influência Comportamental	70
1.3.1. Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)	11	5. Resultado das Medidas – Exemplos de Boas Práticas	74
1.3.2. Política Energética Nacional	12	5.1. Medidas de Racionalização Energética – Energia Térmica	74
1.3.3. Estratégia Nacional para o Hidrogénio (EN-H ₂)	14	5.1.1. Aplicação de Isolamento Térmico	74
1.3.4. Plano de Ação para o Biometano 2024-2040	15	5.1.2. Recuperação de Calor	77
1.3.5. Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)	18	5.1.3. Otimização das Curvas de Cozedura	81
1.4. Principais Diplomas em Vigor	19	5.1.4. Substituição / Retrofit de Fornos	84
1.4.1. Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE)	19	5.1.5. Afinação de Queimadores	87
1.4.2. Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)	19	5.2. Medidas de Racionalização Energética – Energia Elétrica	90
2. Indústria Cerâmica em Portugal – Os Subsetores	21	5.2.1. Ar Comprimido	90
2.1. Cerâmica de Construção – Estrutural	23	5.2.2. Substituição da Iluminação por Tecnologia Mais Eficiente	93
2.1.1. Tijolo, Abobadilha e Telha (acessórios)	23	5.2.3. Instalação de Variadores Eletrónicos de Velocidade	96
2.2. Cerâmica de Construção – Acabamentos	28	5.2.4. Substituição de Motores	100
2.2.1. Pavimento e Revestimento	28	5.3. Integração de Energias Renováveis e Outras	103
2.2.2. Louça Sanitária	32	5.3.1. Sistema de Gestão da Energia	103
2.3. Louça Utilitária e Decorativa	36	5.3.2. Solar Fotovoltaica	106
2.4. Cerâmica Técnica	41	5.3.3. Solar Térmica	109
3. Principais Consumidores de Energia na Cerâmica	48	6. Análise Atual do Setor Cerâmico	114
3.1. Equipamentos e Processos	48	6.1. Consumo Específico	114
3.1.1. Atomizadores	48	6.1.1. Cerâmica Utilitária e Decorativa	114
3.1.2. Secadores	49	6.1.2. Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural	114
3.1.3. Fornos	52	6.1.3. Cerâmica de Construção de Acabamento	115
4. Levantamento de Dados e Diagnósticos Energéticos	56	6.2. Intensidade Energética	115
4.1. Processo Metodológico	56	6.2.1. Cerâmica Utilitária e Decorativa	116
4.2. Medidas de Racionalização Energética	57	6.2.2. Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural	116
4.2.1. Gestão Energética	58	6.2.3. Cerâmica de Construção de Acabamento	116
4.2.2. Energia Reativa	61	6.3. Intensidade Carbónica	117
4.2.3. Motores Eléctricos	61	6.3.1. Cerâmica Utilitária e Decorativa	117
4.2.4. Iluminação	63	6.3.2. Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural	117
4.2.5. Ar Comprimido	64	6.3.3. Cerâmica de Construção de Acabamento	118
4.2.6. Caldeiras	65	7. Bibliografia	121
4.2.7. Fornos Cerâmicos	66	8. Glossário	125
4.2.8. Recuperação de calor de Equipamentos Térmicos	67		



1. Preâmbulo

1. Preâmbulo

1.1. Introdução

Portugal é um país com escassos recursos energéticos próprios, nomeadamente aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas da maioria das empresas de cerâmica e vidro como é o caso do gás natural. No entanto Portugal é rico em recursos energéticos renováveis, nomeadamente a energia hídrica, eólica e fotovoltaica.

Atualmente mais de 50% da energia elétrica que consumimos provém de energias renováveis e a energia de origem fóssil, como o gás natural, sofreu e continuará a sofrer nos próximos anos, aumentos consideráveis no seu preço, quer através de aumentos diretos quer através de taxas de carbono, influenciando fortemente a gestão das PME.

A indústria cerâmica é um setor de consumos intensivos de energia, isto é, consome recursos energéticos em grande quantidade, para processar os produtos que manufatura, representando estes mais de 30% dos custos industriais, daí a sua dependência do custo da energia. De salientar que 80% do consumo total de energia na indústria cerâmica e vidro provém do gás natural.

Assim torna-se imperativo reduzir os consumos e diversificar as fontes energéticas, nomeadamente através do uso de energias provenientes de fontes renováveis. A utilização racional de energia é uma forma de reduzir custos nos consumos energéticos, mantendo os mesmos níveis de produção. Do mesmo modo a produção de energia localmente, recorrendo a fontes renováveis poderá permitir a redução das faturas energéticas e a redução das perdas de energia em transporte. Este manual tem como objetivo apresentar um conjunto de orientações práticas para a redução dos consumos energéticos, no sentido de tornar as empresas mais eficientes e consequentemente mais competitivas.

O presente documento pretende ser um guia para técnicos e gestores da indústria cerâmica, interessados no desenvolvimento da utilização racional de energia e para a utilização de energias renováveis nas suas empresas. No sentido de apontar o melhor caminho em direção às melhores técnicas disponíveis para a utilização de energia, ambiente e sustentabilidade, o Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV) aliou a sua experiência prática de 35 anos em auditorias energéticas e ambientais, a uma análise de sensibilidade às principais evoluções do setor cerâmico, tendo recorrido a diagnósticos no sentido de avaliar, na prática, o impacto das medidas de eficiência energética e a produção de energias por fontes renováveis, entre outras medidas e técnicas que promovem a melhoria do desempenho ambiental e a sustentabilidade da indústria.

No capítulo 5 deste documento são apresentados exemplos práticos e quantificados em termos de investimento, economia de energia e do período de amortização das medidas de utilização racional de energia e do aproveitamento de energia de fontes renováveis.

1.2. Políticas Europeias

1.2.1. O clima da UE e o pacote energético

A União Europeia estabeleceu o objetivo de ser climaticamente neutra em 2050, ou seja, uma economia com zero emissões líquidas de gases com efeito de estufa. Este objetivo é um elemento central do Pacto Ecológico Europeu e está em consonância com o compromisso assumido pela UE no quadro do Acordo de Paris.

O Pacto Ecológico Europeu, também conhecido por European Green Deal, é assim, a estratégia da União Europeia para tornar a economia sustentável, com o objetivo principal de atingir a neutralidade climática até 2050.

Apresenta uma série de políticas e medidas adotadas

pela União Europeia com o objetivo de combater as alterações climáticas e promover a sustentabilidade. Esta iniciativa abrange diversos setores, incluindo energia, indústria, transporte e agricultura, visando uma redução significativa das emissões de gases de efeito estufa.

Sob esta iniciativa, foi já lançada a primeira lei do Clima Europeia, e a diretiva Fit to 55, que estabelece a meta de neutralidade climática até 2050 e uma meta intermédia de redução das emissões líquidas de gases com efeito de estufa em pelo menos 55% até 2030 em comparação com os níveis de 1990 (com esforços distintos entre empresas abrangidas pelo CELE – Comércio Europeu de Licenças de Emissão e empresa não-CELE). Uma das principais componentes deste pacote é o reforço do Sistema de Comércio de Emissões da UE (sigla inglesa ETS), (ver adiante mais detalhes) para mais setores da economia, com vista a promover a redução das emissões GEE em condições que ofereçam uma relação custo-eficiência e sejam economicamente eficientes, incentivando deste modo as empresas a adotarem tecnologias mais limpas. Adicionalmente, o pacote inclui metas ambiciosas para o aumento da eficiência energética e a promoção das energias renováveis.

Além disso, o pacote prevê uma transição justa para todos os Estados-membros, assegurando que os benefícios e os custos da transição para uma economia verde sejam equitativamente distribuídos. Para isso, a UE disponibiliza fundos e apoios financeiros para ajudar as regiões e os trabalhadores mais afetados pela mudança, promovendo a requalificação e a criação de novos empregos em setores verdes.

Em suma, o “Pacto Ecológico Europeu e o Pacote Energético” pretendem uma abordagem abrangente e integrada para enfrentar os desafios das alterações climáticas e da segurança energética. Ao promover a sustentabilidade, a inovação tecnológica e a justiça social, a UE procura liderar globalmente a transição para uma economia mais verde e resiliente.

1.2.2. Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050)

O Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 estabelece, de forma sustentada, a trajetória para atingir a neutralidade carbónica em 2050, define as principais linhas de orientação, e identifica as opções custo eficazes para atingir aquele fim em diferentes cenários de desenvolvimento socioeconómico. Atingir a neutralidade carbónica em Portugal implica a redução de emissões de gases com efeito de estufa entre 85% e 90% até 2050 e a compensação das restantes emissões através do uso do solo e florestas, a alcançar através de uma trajetória de redução de emissões entre 45% e 55% até 2030, e entre 65% e 75% até 2040, em relação a 2005. Atingir a neutralidade carbónica em 2050 implica, a par do reforço da capacidade de sequestro de carbono pelas florestas e por outros usos do solo, a total descarbonização do sistema electroprodutor e da mobilidade urbana, bem como alterações profundas na forma como utilizamos a energia e os recursos, apostando numa economia que se sustenta em recursos renováveis, utiliza os recursos de forma eficiente e assenta em modelos de economia circular, valorizando o território e promovendo a coesão territorial.

Papel do sistema energético na transição para a neutralidade carbónica

O papel do sistema energético é preponderante rumo à neutralidade carbónica. O sistema energético contempla de forma integrada a produção de energia, transporte e distribuição e o consumo de energia final nos diferentes setores (indústria, transportes, residencial e serviços e agricultura).

Com as tecnologias atuais e o conhecimento sobre a sua evolução futura é possível identificar trajetórias de neutralidade com opções custo-eficazes para atingir reduções de emissões da ordem dos 60% em 2030 e de 90% em 2050 (face a 2005).

No sistema energético os transportes e o setor electro-

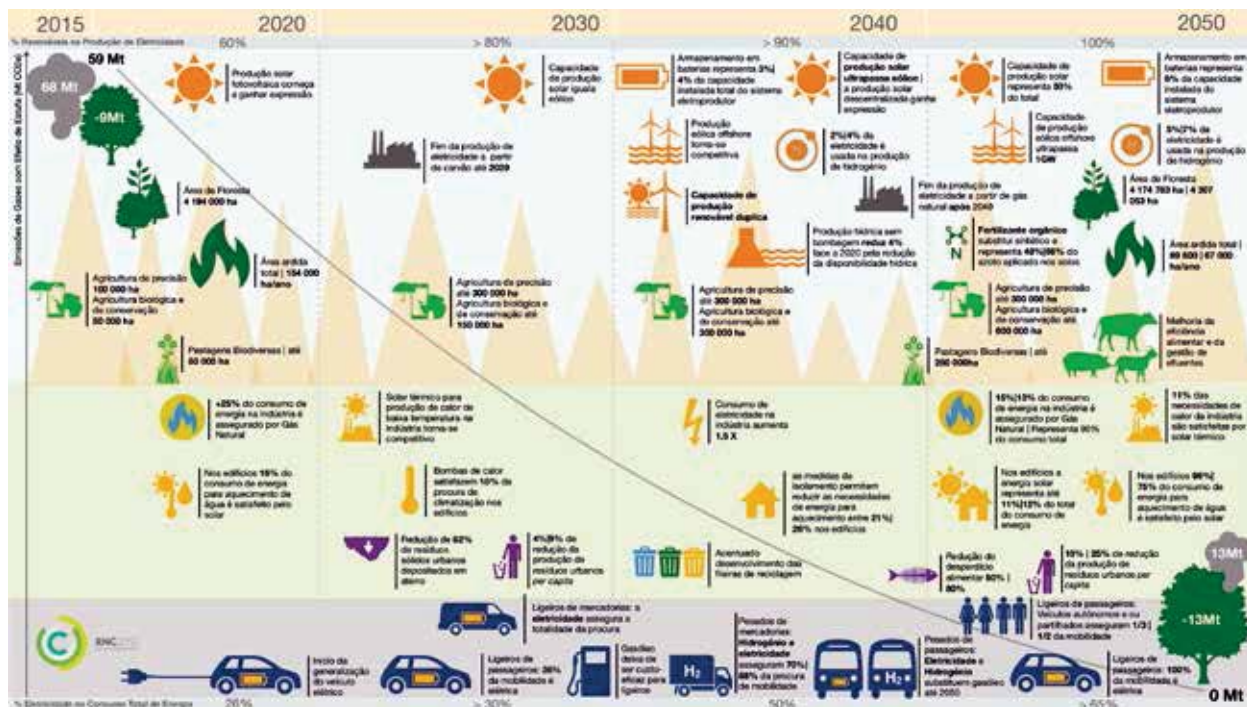


Figura 1 - Roteiro para a Neutralidade Carbônica - RNC2050

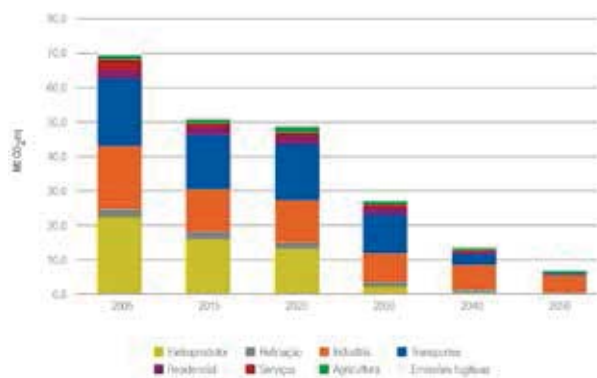


Figura 2 - Evolução das emissões do sistema energético, até 2050

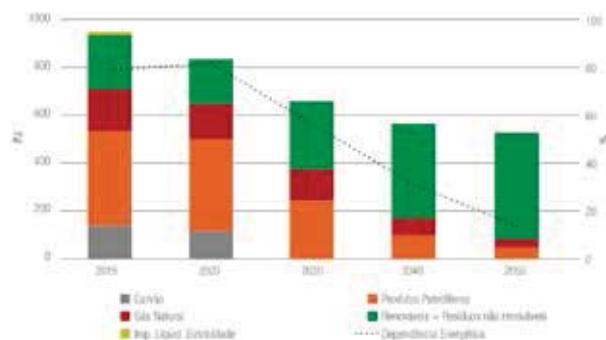


Figura 3 - Evolução do consumo de energia primária, até 2050

produtor são os que apresentam maior potencial para a redução das emissões de GEE na década 2020-2030, sendo que a descarbonização dos edifícios e da indústria será mais intensa, respetivamente, nas décadas de 2030-2040 e 2040-2050. A trajetória para a neutralidade

de carbónica conduzirá a uma utilização mais alargada dos recursos energéticos endógenos renováveis, dos quais mais de dois terços são sol e vento, representando em 2050 mais de 80% do consumo de energia primária. O sistema energético nacional passará de

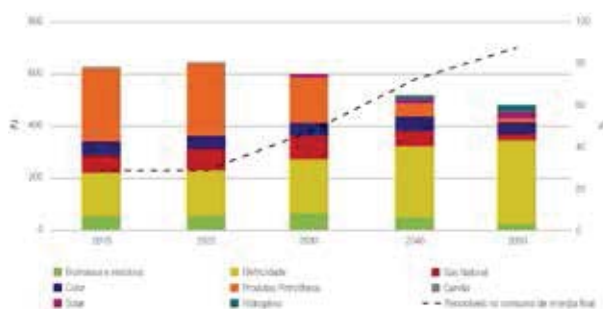


Figura 4 - Evolução do consumo de energia final, até 2050

uma base essencialmente fóssil para uma base essencialmente renovável, até 2050, com consequências positivas na fatura energética, na balança comercial e na redução da dependência energética. Em 2050, a dependência energética será inferior a 20% (face a 78% em 2015).

Atingir este nível de reduções será igualmente apoiado pela descarbonização do consumo de energia final, onde se verificará um aumento da integração de fontes de energia renováveis e uma crescente eletrificação dos consumos energéticos, visível logo a partir de 2030, sendo estes os principais vetores de descarbonização. Em 2050, entre 66% a 68% do consumo de energia final será satisfeito por eletricidade e haverá uma redução acentuada do consumo de produtos petrolíferos, explicada pela mudança tecnológica que se verificará, sobretudo no parque automóvel. Perspetiva-se o surgimento de novos vetores energéticos, como o hidrogénio, que vai ganhando expressão de forma gradual. Este será um vetor importante de descarbonização em setores com poucas opções tecnológicas alternativas, como no transporte pesado de passageiros e de mercadorias. Também outras renováveis, como o solar térmico e a biomassa terão um papel importante na geração de calor.

Em 2050 haverá mais de 85% de energia de fontes renováveis no consumo de energia final.

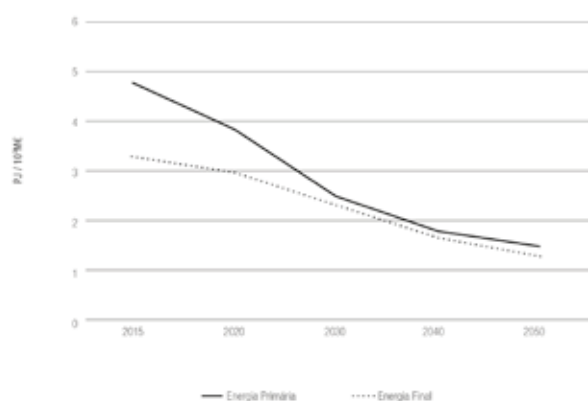


Figura 5 - Evolução da intensidade energética do consumo de energia primária e energia final, até 2050

O aumento de eficiência do sistema energético subjacente a esta transformação permitirá uma redução do consumo de energia primária de -44% a -47% face a 2015, e de energia final de -25% a -28% face a 2015.

Principais *drivers* de descarbonização do setor energético:

- Recursos endógenos renováveis;
- Eficiência energética;
- Eletrificação;
- Novos vetores energéticos, como por exemplo o hidrogénio.

O Roteiro estabelece ainda os principais *drivers* de descarbonização, concretamente, para os setores electroprodutor, dos transportes, da indústria e do residencial e serviços.

Este roteiro nacional, prevê para o sector da indústria cerâmica, que a descarbonização assente maioritariamente na eletrificação e na economia circular.

O Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 1 de julho.

Fontes: Diário da República | Gráficos e Imagens: RCN2050

1.2.3. Promoção da Utilização de Energia proveniente de Fontes Renováveis

A promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis é um elemento essencial no combate às alterações climáticas, bem como no contributo para o desenvolvimento sustentável.

As fontes de energia renovável (FER) são as fontes de energia provenientes de recursos naturais (água, sol, vento, biomassa sustentável e o calor da Terra) que se renovam de forma natural e contínua, de um modo sustentável, mesmo depois de serem usadas para gerar energia (eletricidade ou calor), ou seja não se esgotam após o uso. Estes recursos naturais permitem produzir energia hídrica, eólica, de biomassa, solar, oceânica (ondas e marés) e geotérmica.

A produção de energia a partir de FER diminui a necessidade de importação de combustíveis fósseis, como o gás natural e outros combustíveis derivados de petróleo, para esse fim, tornando o país com menor dependência energética do estrangeiro e reduzindo simultaneamente as emissões de gases com efeito de estufa (GEE), contribuindo deste modo para a descarbonização.

De acordo com o último Relatório do Estado do Ambiente, 61,1% da energia elétrica produzida em Portugal em 2021 teve origem em fontes de energias renováveis (FER) (para efeitos da Diretiva FER foi de 58,4%, sendo a quarta taxa mais alta da União Europeia a 27). De 2016 para 2021 o incremento das tecnologias fotovoltaica, biomassa e eólica representaram 9,2% na produção de eletricidade a partir de FER. Esta produção a partir de FER situou-se nos 29 910 GWh em 2021.

Já em 2023, e de acordo com os dados da REN – Rede Energéticas Nacionais, a percentagem de renováveis no mix elétrico nacional foi de 61% (em termos de consumo).

Principais marcos e objetivos de acordo com a Agên-

cia Portuguesa do Ambiente:

- Em 2016, a Comissão Europeia apresentou o Pacote Legislativo “Energia Limpa para todos” com o objetivo de promover a transição energética na década 2021-2030, e aprovou, no Regulamento (UE) 2018/1999, metas que visam alcançar, em 2030, 32% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto, 32,5% de redução do consumo de energia, 40% de redução das emissões de GEE relativamente aos níveis de 1990, e 15% de interligações elétricas.
- Nesta sequência, Portugal aprovou o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)[1], o principal instrumento nacional de política energética e climática para a década 2021-2030. O PNEC 2030 estabelece as seguintes metas nacionais para 2030: reduzir entre 45% e 55% as emissões de GEE, por referência às emissões registadas no ano de 2005; incorporar 47% de energia de fontes renováveis no consumo final bruto de energia; atingir uma redução de 35% do consumo de energia primária com vista a uma melhor eficiência energética; e atingir 15% de interligações de eletricidade.
- O Decreto-Lei n.º 84/2022, de 9 de dezembro, transpõe a Diretiva (UE) 2018/2001, relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis, estabelecendo novos objetivos mais ambiciosos, nomeadamente 49% de incorporação de renováveis no consumo final bruto de energia em 2030. Fixou, ainda, as seguintes metas indicativas para a utilização de energia renovável no consumo final bruto de energia:
 - Em 2024, igual ou superior a 34%;
 - Em 2026, igual ou superior a 40%;
 - Em 2028, igual ou superior a 44%.

Entretanto, em julho de 2021, a Comissão Europeia apresentou um conjunto de propostas legislativas, o Pacote “Fit-for-55”, destinadas a rever e atualizar a legislação da UE, e a desenvolver ações para assegurar a harmonização das políticas da UE com os objetivos do Pacto Ecológico Europeu (*European Green Deal*), procu-

rando aumentar a ambição em matéria de energia e clima, visando reduzir as emissões de GEE na UE em 55% até 2030 e, conseqüentemente, aumentar a ambição nas energias renováveis, entre outros vetores energéticos.

A promoção de FER, passa por uma série de estratégias, políticas e incentivos governamentais, bem como investimentos em infraestrutura necessária para a produção e distribuição de energia renovável, incluindo redes inteligentes (*smart grids*) que podem gerir a intermitência das fontes de energia renovável.

A investigação e o desenvolvimento, associadas a novas tecnologias e melhorias nas tecnologias existentes para aumentar a eficiência e reduzir os custos da energia renovável. Finalmente e não menos importante a formação e criação de competências nesta área.

Em suma, a promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis é uma abordagem multifacetada que requer a coordenação de políticas, tecnologia, educação, competências, parcerias e inovação. A adoção dessas estratégias pode acelerar a transição para um futuro energético mais adequado, resiliente e ambientalmente responsável, em suma mais sustentável.

1.3. Políticas Nacionais

1.3.1. Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)

Introdução

Este Plano visa estabelecer, por parte dos Estados-Membros, metas e objetivos relativos às emissões de gases com efeito de estufa, energias renováveis, eficiência energética e interligações elétricas. É um instrumento decisivo da política energética e climática nacional, na definição das linhas estratégicas para a década (2021-2030), rumo à neutralidade carbónica, e

alinhado com as visões e objetivos definidos no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050).

Compromissos estratégicos:

- Dar prioridade à eficiência energética num contexto de sustentabilidade e custo eficaz;
- Reforçar a diversificação de fontes de energia através de uma utilização crescente e sustentável de recursos endógenos;
- Promover o aumento da eletrificação da sociedade e da economia;
- Reforçar, modernizar e otimizar as infraestruturas de transportes, distribuição e armazenamento de energia;
- Desenvolver as interligações com vista à concretização de um mercado de energia mais seguro, competitivo e integrado;
- Reforçar a estabilidade e confiança do mercado e promover o investimento para a transição energética;
- Reconfigurar e digitalizar o mercado da energia para responder aos desafios da transição energética;
- Incentivar investigação e a inovação de tecnologias limpas para dar resposta aos desafios da transição energética;
- Promover processos, produtos e serviços circulares de baixo carbono;
- Promover melhores serviços energéticos e uma escolha informada dos consumidores.

Objetivos:

- Contribuir para a descarbonização da economia rumo à neutralidade carbónica em 2050;
- Reforçar a aposta nas energias renováveis nos vários sectores de atividade, com forte incidência na indústria, residencial, serviços e mobilidade;
- Reforçar a eficiência energética nacional;
- Reduzir a dependência energética do país face ao exterior e aumentar a segurança de abastecimento;
- Contribuir para o aumento da competitividade da economia;

- Reforçar o papel do consumidor e reduzir a pobreza energética.

Planos Nacionais de Energia e Clima
Portugal - Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)

O PNEC 2030, aprovado em 2020, constitui o principal instrumento de política energética e climática para a década 2021-2030, e surge no âmbito das obrigações estabelecidas pelo Regulamento da Governação da União da Energia e da Ação Climática.

Em concordância com o artigo 14.º do Regulamento da Governação da União da Energia e Ação Climática, Portugal realizou uma atualização do PNEC 2030 que foi submetido à Comissão Europeia em 30 de junho de 2023, criando, entre outros aspetos, novas metas nacionais de redução de GEE (emissões de gases com efeito de estufa) e novas metas de inclusão de energia a partir de fontes renováveis, incluindo novas ações, medidas e políticas a adotar para a sua execução.

A preparação deste documento advém de um processo comunicado e aberto ao público em geral, em que foi realizada uma consulta pública prévia no Portal “Participa”, a organização de um workshop com diferentes setores de interesse e várias Assembleias Participativas regionais.

1.3.2. Política Energética Nacional (Renovada ambição na política energética e climática)

O Ministério do Ambiente e Ação Climática publicou em junho de 2023 o documento com objetivos até 2045

Portugal antecipou em quatro anos a meta de incorporação de energias renováveis na produção de eletricidade. Assim, já a partir de 2026, 80% da energia produzida em território nacional será de origem renovável, uma meta que antes estava fixada para 2030.

Com isto, o país prepara-se para atingir a neutralidade climática em 2045.

Estas são algumas das principais conclusões incluídas na primeira versão da revisão do Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030), publicada pelo Ministério do Ambiente e da Ação Climática (MAAC).

Renovada ambição na política energética e climática

Esta primeira versão de trabalho estabelece:

- Novas metas de redução de emissões de gases com efeito de estufa, de acordo com o previsto na Lei de Bases do Clima (LBC);
- Novas metas de incorporação de energia a partir de fontes renováveis;
- Novas medidas a adotar para a sua concretização.

A revisão reflete o firme compromisso do Governo com a aceleração da transição climática e energética, com a segurança energética e com a industrialização do país, assegurando empregos de futuro e energia verde a preços competitivos.

Entre os objetivos nacionais inscritos no PNEC 2030, destaca-se a descarbonização da economia nacional em todos os setores de atividade. Estão previstas medidas para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa a nível nacional em 55%, face a 2005, para as seguintes áreas:

- Energia e indústria;
- Edifícios residenciais e de serviços;
- Mobilidade e transportes;
- Agricultura e florestas;
- Águas residuais e resíduos.

Neutralidade climática em 2045

O nível de ambição do PNEC 2030 está alinhado com o objetivo de longo prazo de se atingir a neutralidade climática, encontrando-se em estudo a antecipação desta meta para 2045, tal como anunciado na Lei de

Bases do Clima.

A aposta no reforço das energias renováveis será muito significativa, promovendo-se a eletrificação e a diversificação de fontes de energia, incluindo a produção e o consumo de gases renováveis, como o hidrogénio verde e o biometano.

Na presente década, e até 2030, pretendemos duplicar a capacidade instalada de produção de eletricidade a partir de fontes renováveis, acelerando a descarbonização e dando resposta às necessidades dos novos investimentos industriais previstos para o nosso país, criadores de emprego verde e de valor acrescentado nacional.

Hidrogénio, energia solar e eólica

A Estratégia Nacional do Hidrogénio será revista, mais do que duplicando a capacidade prevista de eletrolisadores até 2030 (de 2,5 GW para 5,5 GW), contribuindo assim para a segurança de abastecimentos no espaço europeu e permitindo:

- Descarbonizar a indústria nacional;
- Atrair novas indústrias que produzem derivados do hidrogénio verde;
- Exportar hidrogénio verde para a União Europeia.

Para dar resposta ao aumento muito expressivo e virtuoso de procura por eletricidade verde, reforçamos a aposta no solar fotovoltaico, incluindo a produção descentralizada (como as Comunidades de Energia Renovável).

A produção solar centralizada prevista nesta revisão do PNEC não ultrapassa 0,4% de ocupação do território nacional e é acompanhada de medidas de compensação aos territórios e de partilha de energia com as comunidades, bem como de uma maior preponderância da produção descentralizada.

Para concretizar os objetivos propostos, serão reforçadas as políticas públicas em curso, incluindo por via da cria-

ção de uma Estrutura de Missão para as Energias Renováveis, prevista no novo capítulo do PRR nacional, e ainda:

- A consequente melhoria de processos e ferramentas;
- O reforço dos meios das entidades licenciadoras;
- A definição de *Go to Areas*, ou seja, áreas preferenciais para a instalação de renováveis;
- A criação de uma via verde para o licenciamento de projetos com elevada maturidade;
- As melhorias no enquadramento aplicável ao Autoconsumo Coletivo e Comunidades de Energia Renovável, acompanhadas de novas ferramentas, novos incentivos e novos modelos de divulgação.

Quanto à produção eólica offshore, reafirmamos o compromisso de lançar, até 2030, leilões correspondentes a uma capacidade de 10 GW, reforçando assim a estabilidade do nosso sistema elétrico e atraindo para o nosso país a cadeia de valor das tecnologias offshore. O primeiro leilão terá lugar já este ano, permitindo instalar pelo menos 2 GW até 2030.

A capacidade instalada de eólica onshore será também reforçada, melhorando o enquadramento para o reequipamento dos atuais parques com tecnologia mais recente, com maior capacidade e maior produção.

Menos gás natural

O aumento da incorporação de geração renovável permitirá reduzir de forma muito expressiva a produção de eletricidade a partir de gás natural, caminhando assim para a sua eliminação a partir de 2040, compromisso assumido na Lei de Bases do Clima. Assim, fruto das políticas públicas entretanto adotadas e das melhorias em curso, antecipamos para 2026 a meta de 80% de incorporação de geração renovável no sistema elétrico, e pretendemos alcançar os 85% já em 2030, assegurando eletricidade verde, fiável e a custos competitivos para empresas e famílias.

Investimento de 75 mil milhões de euros

A estratégia de transição energética no nosso país representa 75 mil milhões de euros de investimento em projetos de produção de energia verde (eletricidade e gases renováveis). Este investimento terá um efeito multiplicador, tanto a montante – por via de novos projetos industriais de fornecimento dos equipamentos e serviços necessários à sua instalação – como a jusante – em resultado das novas indústrias verdes que se instalam no nosso país. Estes novos investimentos contribuem também para a coesão social e territorial, potenciando a criação de emprego de qualidade ao longo do território.

A transição energética em curso, assente na valorização dos recursos endógenos de que dispomos no nosso país, permite ainda reforçar a segurança energética, reduzindo a nossa dependência externa e limitando a exposição à volatilidade dos mercados de combustíveis fósseis.

A estabilidade do sistema elétrico, com uma crescente incorporação de geração renovável, será assegurada por via da combinação das diferentes tecnologias, complementada pelo desenvolvimento de uma Estratégia Nacional de Armazenamento, incluindo baterias e bombagem hídrica, tecnologias para as quais iremos lançar novos concursos.

Em paralelo, as infraestruturas de rede estão a ser alvo de um cuidado e adequado planeamento, que permite gerir este recurso estratégico de forma eficiente, em prol do crescimento sustentado do país. Os investimentos em novas infraestruturas serão acompanhados de mecanismos de gestão flexível e dinâmica da rede, envolvendo produtores e consumidores.

Do lado do consumo de energia, serão reforçadas as medidas de incentivo à descarbonização dos transportes, da indústria e dos edifícios, criando novos instrumentos ou melhorando os existentes. Será dada particular atenção às famílias mais vulneráveis e à classe

média, com políticas ajustadas às suas necessidades.

1.3.3. Estratégia Nacional para o Hidrogénio (EN-H₂)

Esta Estratégia visa contribuir para o objetivo de descarbonização nacional e da UE, introduzindo um elemento de incentivo e estabilidade para o setor de energia, promovendo a introdução gradual de hidrogénio como pilar sustentável e integrado numa estratégia mais abrangente de transição para uma economia descarbonizada, bem como uma oportunidade estratégica para o setor/país.

Visa promover e impulsionar quer os fornecimentos quer os consumos, nos vários setores da economia, criando as condições necessárias para uma verdadeira economia de hidrogénio em Portugal.

O objetivo é garantir, a longo prazo (2050), uma descarbonização de toda a rede de Gás Natural e das Centrais Elétricas e contribuir significativamente para a descarbonização dos setores de transporte e indústria.

Além das metas de incorporação de hidrogénio, a estratégia também estabelece outros objetivos que revelam a sua ambição até 2030, como capacidade instalada de produção de H₂, número de veículos H₂ (passageiros e mercadorias), criação de 50 a 100 postos de abastecimento de hidrogénio, 2 GW a 2,5 GW de capacidade instalada em eletrolisadores.

O Governo está a promover uma política industrial em torno de hidrogénio e gases renováveis, que se baseia na definição de um conjunto de políticas públicas que orientam, coordenam e mobilizam investimentos públicos e privados em projetos nas áreas de produção, armazenamento, transporte e consumo de gases renováveis em Portugal.

As medidas de ação propostas no âmbito desta estratégia visam:

- Elaboração da legislação, regulamentação e estrutura normativa que permita a promoção deste novo paradigma em Portugal; alteração legislativa sobre a injeção de Gases Renováveis;
- Incentivo à escala nacional, com base nas cadeias de valor prioritárias de H₂, considerando o hidrogénio como vetor de energia e como produto;
- Promover, desenvolver e monitorizar projetos, em diferentes setores e escalas, atendendo às cadeias de valor prioritárias nacionais, maturidade tecnológica, redução de custos e de fontes de energia renováveis;
- Simplificação de projetos inovadores;
- Rentabilizar o stock de ativos existentes no sistema energético e na indústria nacional;
- Fortalecer as competências nacionais e a R&I, promover a cooperação e apoiar a inovação associada ao hidrogénio;
- Análise do projeto industrial H₂ em Sines abrangendo toda a cadeia de valor;
- Laboratório Colaborativo H₂.

Fonte: DGEG

1.3.4. Plano de Ação para o Biometano 2024-2040

Com as novas metas climáticas europeias e nacionais, a produção e o consumo de biogás e de biometano provenientes de resíduos tornam-se cada vez mais relevantes, ao contribuírem para a descarbonização da economia nacional e para a diminuição da utilização de gás natural estabelecida no âmbito do Pacto Ecológico Europeu.

A produção e o consumo de gases renováveis assumem assim um papel importante na atração de novas indústrias verdes e, em particular, na descarbonização da indústria pesada e do setor dos transportes. Além de promover o desenvolvimento de setores estratégicos através da produção e do consumo de um gás renovável, a cadeia de valor do biometano gera ainda

um coproduto – o digerido – que pode ser utilizado na agricultura enquanto fertilizante ou corretivo orgânico, sendo uma mais-valia para o desenvolvimento regional e para a promoção de uma economia circular.

Assim, a utilização do biometano tem impactos positivos em termos socioeconómicos, contribuindo para uma maior coesão territorial, gerando emprego, potenciando o crescimento económico sustentado e contrariando a atual tendência crescente de desertificação dos territórios do interior e de menor aptidão agrícola; e ambientais, reduzindo as emissões de gases com efeito de estufa e promovendo a circularidade e a valorização dos resíduos.

Adicionalmente, a necessidade de substituir as importações de gás natural da Federação da Rússia veio reavivar as preocupações com a segurança energética europeia e revalorizar as tecnologias de produção de biogás e de biometano. De acordo com o recente plano da União Europeia (UE) para reduzir a dependência do gás e do petróleo russos (REPowerEU), o biometano pode substituir até 10% do gás natural fóssil consumido na UE até 2030.

A nível nacional, a indústria associada a estes gases está numa fase inicial, sendo fundamental uma estratégia integrada de promoção do seu desenvolvimento. Neste contexto, o Plano de Ação para o Biometano (PAB) assume a seguinte visão estratégica: “Promover o mercado do biometano como uma forma sustentável de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, descarbonizar a economia nacional, reduzir as importações de gás natural utilizado nos setores industriais e doméstico, incluindo o seu uso na mobilidade, aproveitando integralmente os recursos endógenos existentes em vários setores.”

Com base nesta visão, o PAB estabelece uma estratégia integrada que visa desenvolver o mercado do biometano em Portugal de forma sustentada. Esta estratégia prevê duas fases com horizontes temporais distintos e um eixo complementar que é transversal

ao aproveitamento do gás a nível nacional:

Fase 1: Criação de um mercado para o biometano em Portugal (Horizonte 2024-2026)

- Prioridade 1: Acelerar o desenvolvimento da produção de biometano
- Prioridade 2: Criar um quadro regulatório adequado

Fase 2: Reforço e consolidação do mercado do biometano em Portugal (Horizonte 2026-2040)

- Prioridade 3: Escalar a produção de biometano em Portugal
- Prioridade 4: Desenvolver e criar cadeias de valor a nível regional
- Prioridade 5: Reforçar e promover a investigação e inovação

Eixo transversal: Garantir a sustentabilidade social e ambiental (Horizonte 2024-2040)

- Prioridade 6: Assegurar a sustentabilidade da fileira do biometano
- Prioridade 7: Estimular e reforçar sinergias entre os atores da cadeia de valor

Assim, o presente plano de ação apresenta 20 linhas de ação, que têm como objetivo preparar e capacitar Portugal para o aproveitamento do biometano. Numa primeira fase (2024-2026), o PAB propõe medidas para iniciar a produção e o fornecimento do gás renovável, e desenvolver o mercado através da produção de biogás já existente, principalmente a partir de RSU, além do investimento em novas unidades de biogás, da criação de um quadro de incentivos para o biometano, da clarificação dos procedimentos de licenciamento e da gestão da integração do gás renovável na rede de gás natural. A maior parte destas ações pode ser implementada até ao final de 2024, assumindo um caráter prioritário.

Numa segunda fase (2026-2040), são apresentadas linhas de ação a médio-prazo, centradas na consolidação do mercado e no aumento da escala de produção

de biometano.

Estas medidas incluem o aproveitamento do potencial no setor pecuário (estrumes e chorumes), a avaliação de tecnologias inovadoras para a produção de biometano e a consequente criação de novas cadeias de valor, assim como o aumento do financiamento em I&D&I nas áreas de investigação associadas ao aproveitamento deste gás alternativo e renovável. Por fim, o eixo transversal foca-se na sustentabilidade das ações necessárias ao crescimento do mercado e na participação da sociedade no desenvolvimento do setor.

Para além das 20 linhas de ação, o relatório apresenta ainda os seguintes contributos principais:

- A criação do mercado para o biometano em Portugal deve focar-se em cinco setores estratégicos para o seu desenvolvimento – RSU, águas residuais, agricultura, pecuária e agroindústria – focando-se na reconversão da produção de biogás já existente para biometano e no investimento em novas unidades de biometano em regiões de interesse – em particular, através do aproveitamento de resíduos com elevado potencial.
- Estima-se que o potencial de implementação do biometano a partir da Digestão Anaeróbia (DA) das matérias-primas residuais destes cinco setores estratégicos atinja cerca de 2,7 TWh em 2030, permitindo a substituição de até 9,1% do consumo de gás natural previsto para o mesmo ano. Estima-se que em 2040 a DA permitirá produzir 3,1 TWh, sendo possível, através do uso de novas tecnologias como a gaseificação e o power-to-methane, escalar a produção para 5,6 TWh e atingir valores de substituição do gás natural até 18,6%, considerando o consumo previsto na RPGN em 2030.
- Para concretizar este potencial é essencial prosseguir o quadro de apoio ao investimento ou à operação, que pode ser via apoios ao CAPEX ou OPEX.

Fase 1 (2024-2026)	Fase 2 (2026-2040)	Eixo transversal (2024-2040)
Prioridade 1: Acelerar o desenvolvimento da produção de biometano	Prioridade 3: Escalar a produção de biometano em Portugal	Prioridade 6: Assegurar a sustentabilidade da fileira do biometano
L1. Prosseguir um quadro de apoios à produção de biometano	L9. Incentivar as entidades gestoras do setor das águas residuais a utilizar e maximizar a digestão anaeróbia de lamas	L18. Garantir uma utilização sustentável do potencial de biometano em Portugal
L2. Efetivar a recolha de biorresíduos e capacitar os SGRU a maximizar a valorização orgânica por digestão anaeróbia	L10. Promover a valorização orgânica de efluentes pecuários e agroindustriais no processo de produção de biometano	Prioridade 7: Estimular e reforçar sinergias entre os atores da cadeia de valor
L3. Fomentar a reconversão de unidades de biogás já existentes para biometano	L11. Diversificar a base tecnológica de produção de biometano além da digestão anaeróbia	L19. Aumentar a consciencialização e capacitar a indústria nacional para o aproveitamento do potencial do biometano nos principais setores de interesse
L4. Estabelecer metas de incorporação de biometano na RPGN	Prioridade 4: Desenvolver e criar cadeias de valor a nível regional	L20. Integrar a sociedade civil no desenvolvimento do setor e promover um envolvimento participativo de todos os atores na cadeia de valor
L5. Explorar oportunidades para o biometano no setor dos transportes	L12. Promover a co-digestão de matérias-primas complementares, sem comprometer benefícios ambientais	
L6. Avaliar necessidades de novas ligações à infraestrutura atual para a injeção de biometano	L13. Estimular a criação de comunidades de biometano ou pipelines virtuais para a produção de biometano e sua injeção na rede de gás	
Prioridade 2: Criar um quadro regulatório adequado	L14. Criar soluções de recolha centralizadas a nível regional para garantir acesso estável a matérias-primas de qualidade	
L7. Promover a injeção de biometano na RPGN	L15. Promover o digerido enquanto matéria fertilizante e estudar cadeias de valor alternativas	
L8. Simplificar e agilizar os processos de licenciamento	Prioridade 5: Reforçar e promover a investigação e a inovação	
	L16. Promover a inovação em tecnologias alternativas de produção de biometano em diferentes setores de atividade	
	L17. Promover a realização de estudos prospetivos e de viabilidade em regiões ou indústrias com elevado potencial para a produção de biometano	

Figura 6 - Fonte: Plano de Ação para o Biometano 2024-2040

1.3.5. Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)

O Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), (sigla inglesa EU ETS), surgiu como resposta da União Europeia à crescente preocupação com as alterações climáticas e à necessidade de cumprir as metas de redução de emissões de GEE estabelecidas no Protocolo de Quioto. Este sistema inovador foi criado para ser uma ferramenta económica eficaz na redução das emissões de gases de efeito estufa, de maneira flexível e eficiente.

O CELE foi oficialmente estabelecido pela Diretiva 2003/87/CE, adotada em outubro de 2003 e entrando em vigor em 1 de janeiro de 2005. Esta diretiva criou o primeiro e maior mercado de carbono do mundo, abrangendo inicialmente grandes instalações industriais e o setor de energia, responsáveis por uma parte significativa das emissões de CO₂ na Europa. O sistema foi desenhado para operar em fases, permitindo ajustes e expansões ao longo do tempo, estando atualmente a decorrer a 4ª fase, com um âmbito e empresas abrangidas distintas.

De acordo com os dados do Conselho europeu, cerca de 10 mil empresas estão abrangidas pelo CELE na União Europeia, sendo que desde que o regime foi implementado em 2005, ocorreu uma redução das emissões de cerca de 40% das emissões globais (ver Figura 7).

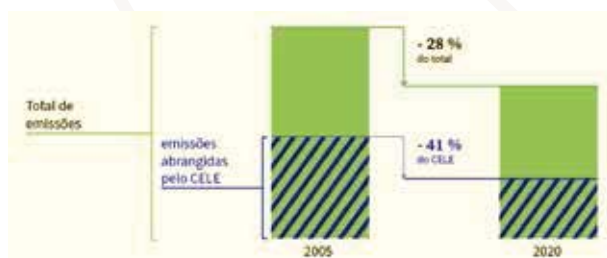


Figura 7 - Diminuição das emissões da UE desde a introdução do CELE.
(Fonte: Conselho da União Europeia)

O CELE prevê a atribuição gratuita de parte das licenças de emissão nas regras transitórias deste regime, nomeadamente para evitar a «fuga de carbono» - a transferência da produção para países onde as restrições em matéria de emissões são menos rigorosas.

A atribuição de licenças de emissão a título gratuito começou por abarcar 95% das licenças, em 2005, e tem vindo a ser reduzida face aos compromissos e alterações de metas climáticas. À exceção do aquecimento urbano, prevê-se que a atribuição de licenças gratuitas será eliminada até 2030. A produção de eletricidade, não tem licenças gratuitas atribuídas, desde o terceiro período CELE (2013-2020).

Os parâmetros de referência (benchmarks) para a atribuição gratuita de licenças de emissão são baseados nos resultados das instalações mais eficientes na União Europeia, para cada sector. Pretende-se desta forma incentivar a utilização de tecnologia e processos de produção mais eficientes e menos emissores de gases com efeito de estufa.

A determinação do montante de licenças de emissão a atribuir a título gratuito às instalações tem por base a lista de instalações abrangidas pelo regime CELE, comumente designada de Lista NIMs (National Implementation Measures), que inclui dados históricos das instalações, submetidos pelos operadores, sobre a atividade de produção, as transferências de calor e gases, consumos energéticos, consumos de materiais com carbono, a produção de eletricidade e as emissões ao nível de subinstalação.

As licenças a atribuir gratuitamente são fixadas antes do período de comércio de emissões, a fim de permitir o bom funcionamento do mercado.

Anualmente as licenças de emissão atribuídas são ajustadas, em função do nível de atividade das instalações.

As instalações abrangidas pelo CELE têm de possuir

um Título de Emissão de Gases com Efeito de Estufa (TEGEE), que inclui a descrição das atividades, as fontes de emissão, os fluxos-fonte e a metodologia de monitorização e comunicação de informação sobre emissões, em função da categoria onde a instalação se encontra abrangida. O TEGEE faz parte integrante do Título Único Ambiental.

1.4. Principais Diplomas em Vigor

1.4.1. Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE)

Este Sistema aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia com consumos energéticos iguais ou superiores a 500 tep/ano, resultando da revisão do RGCE- Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia, uma das medidas constantes do PNAEE – Plano Nacional de Ação em Eficiência Energética.

Neste quadro, o presente decreto-lei define quais as instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), estendendo a sua aplicação a um conjunto mais abrangente de empresas e instalações com vista ao aumento da sua eficiência energética tendo em atenção a necessidade de salvaguardar a respetiva base competitiva no quadro da economia global.

O SGCIE prevê que as instalações CIE realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. Prevê, ainda, a elaboração e execução de Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn) que contemplem objetivos mínimos de eficiência energética. Os PREn, quando aprovados, constituem Acordos de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE) celebrados com a DGEG, associando ao seu cumprimento a obtenção de incentivos pelos Operadores dessas instalações”.

1.4.2. Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)

O Decreto-Lei n.º 12/2020, de 6 de abril, estabelece o regime jurídico aplicável ao comércio de licenças e emissão de gases com efeito de estufa, bem como as regras para o quarto período CELE de 2021 a 2030, transpondo a Diretiva (UE) 2018/410, que altera a Diretiva 2003/87/CE.

A Diretiva (UE) 2023/959 do Parlamento Europeu e do Conselho de 10 de maio de 2023 que altera a Diretiva 2003/87/CE, relativa à criação de um sistema de comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estufa na União, e a Decisão (UE) 2015/1814, relativa à criação e ao funcionamento de uma reserva de estabilização do mercado para o sistema de comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estufa da União Europeia.

As regras de atribuição de licenças de emissão a título gratuito foram revistas para o quarto período CELE, encontrando-se consagradas no Regulamento Delegado (UE) 2019/331, da Comissão, de 19 de dezembro de 2018, com as alterações introduzidas pelo Regulamento Delegado (UE) 2024/873, de 30 de janeiro de 2024.

Regulamento de Execução (UE) 2019/1842 da Comissão, de 31 de outubro de 2019, estabelece normas de aplicação da Diretiva 2003/87/CE do Parlamento Europeu e do Conselho no que respeita a novas disposições relativas aos ajustamentos na atribuição de licenças de emissão a título gratuito devido a alterações do nível de atividade.



2. Indústria Cerâmica em Portugal – Os Subsetores

2. Indústria Cerâmica em Portugal – Os Subsetores

Neste capítulo será efetuada uma descrição geral das várias etapas do processo produtivo dos diferentes subsetores da indústria cerâmica.

A indústria cerâmica engloba a produção de diferentes produtos que têm diferentes processos produtivos.

Consoante a função dos produtos fabricados, o setor da indústria cerâmica é tradicionalmente dividido em subsetores, designadamente Cerâmica de Construção (Estrutural - Telha, Tijolo e Abobadilha e Acabamento - Pavimento, Revestimento e Louça Sanitária), Cerâmica Utilitária e Decorativa (Terracota, Faiança, Grés e Porcelana) e Cerâmica Técnica (Refratário, Eletrotécnico, Novos Materiais), como se ilustra na Figura 8:



Figura 8 - Classificação da Indústria Cerâmica

2.1. Cerâmica de Construção

– Estrutural

A Cerâmica de Construção – Estrutural engloba a produção de telhas, tijolos e abobadilhas (todos os elementos cerâmicos utilizados na construção de estruturas de edifícios). São estes:



Figura 9 - Tijolo, Telha e Abobadilha

2.1.1. Tijolo, Abobadilha e Telha (acessórios)

Os tijolos e as abobadilhas têm fins bastante distintos em termos de aplicação, mas os seus processos produtivos são muito semelhantes. A sequência do processo é a seguinte:

Da exploração de matérias-primas ao armazenamento

A disponibilidade (qualidade, quantidade e proximidade) das matérias-primas é um dos fatores estratégicos de localização e de desenvolvimento das indústrias de cerâmica de construção - estrutural, grande parte dos produtores nacionais assegura com recursos próprios as necessidades de aprovisionamento, embora já recorram às empresas especializadas de matérias-primas e também à importação.

O processo é iniciado na exploração de barreiros e extração de argilas (matérias-primas de base). Após serem escavadas mecanicamente de acordo com um plano de lavra, são transportadas para armazéns intermédios ao ar livre (moreias) contíguos às unidades



Figura 10 - Vista Geral de um barreiro

industriais ou diretamente à preparação de pasta do processo produtivo.

A estratificação tem como objetivo a constituição de lotes primários e a homogeneização das matérias-primas (para compensar eventuais oscilações das características das matérias-primas no barreiro). Nesta fase podem ser introduzidas outras matérias-primas, normalmente inertes, para balanceamento da plasticidade. O seu armazenamento ao ar livre tem como objetivos o envelhecimento e a criação de um stock que garanta o abastecimento durante os períodos de inacessibilidade dos barreiros.

Quando adquiridas a fornecedores especializados, as matérias-primas argilosas são rececionadas a granel, sendo armazenadas alternativamente ao ar livre, em bruto, ou em tulas cobertas, se previamente processadas.

Pré-preparação da pasta

Existem dois tipos diferentes de pré-preparação das matérias-primas, via plástica e via seca, que serão descritos de seguida. Ambas têm como objetivo obter uma composição com características o mais homogê-

neas possível (em termos de mistura, granulometria e de humidade).

As características dos recursos geológicos nacionais disponíveis para o fabrico de produtos de cerâmica de construção - estrutural, e em particular a sua plasticidade, são determinantes das opções tecnológicas para este segmento industrial. Tipicamente, são utilizados métodos de conformação por via plástica. As opções dependem fundamentalmente de considerações técnicas e tecnológicas, mas também em termos de investimento e custos de operação.

Nesta etapa são introduzidos eventuais aditivos na composição.

Via plástica

Os diferentes lotes de matérias-primas são introduzidos na linha de pré-preparação, com humidade entre 14 e 20%, com recurso a pás mecânicas. A alimentação da linha é efetuada por doseadores (do tipo linear ou outros) que asseguram a composição da pasta a partir dos lotes. Algumas argilas necessitam de uma operação de desagregação (destorreadores), e eventualmente de equipamento de eliminação de pedras (saca-pedras). A mistura é então sujeita a operações de moagem (moinhos de galgas e/ou laminadores) e mistura/homogeneização (misturadores/amassadores tipo hélice ou navalhas). Nesta fase são eliminados todos os contaminantes metálicos por desferrização (ímanes permanentes ou eletroímãs) e efetuado um primeiro ajuste do conteúdo de água.

A **armazenagem** em silos ou tulhas intermédias permite o repouso e homogeneização de composição e humidade. As unidades mais recentes dispõem de dragas que permitem uma gestão automática e otimizada desta operação.

Via seca

Os diferentes lotes de matérias-primas são introduzi-

dos na linha de pré-preparação, com humidade entre 6 e 14%, com recurso a pás mecânicas. Caso seja necessário, as matérias-primas são submetidas a uma operação de secagem prévia de forma a assegurar um teor em humidade adequado. A alimentação da linha é efetuada por doseadores (do tipo linear, sem-fim ou outros). A operação de moagem a seco (moinhos do tipo pendular, anéis ou martelos) pode ser efetuada sobre a composição ou sobre cada matéria-prima individualmente. Após esta operação, as matérias-primas são ensiladas para repouso e homogeneização das características tecnológicas. Nesta fase são eliminados os contaminantes metálicos por desferrização (ímanes permanentes ou eletroímãs).

Preparação da Pasta

A operação de preparação tem como objetivo assegurar as características tecnológicas adequadas à conformação dos produtos (mistura, granulometria e humidade). Também neste caso se deve distinguir a via plástica e seca. Em qualquer dos casos, a alimentação da linha de preparação a partir do armazém intermédio pode ser efetuado em linha (automaticamente através da draga ou descarga dos silos em tapete) ou manualmente, em doseadores com recurso a uma pá carregadora.

Via plástica

As operações de preparação incluem, tipicamente, a moagem final (em laminadores) e a mistura (em mistu-



Figura 11 - Preparação de Pasta (Cerâmica Sotelha)

radores/amassadores). Nesta fase é efetuado o acerto final da humidade da pasta.

Via seca

Nesta variante, ao material seco (em pó ou granulado) é adicionada água, sendo o material misturado e amassado, assegurando a preparação da pasta para conformação plástica.

Conformação de produtos (Moldagem)

A conformação dos produtos de cerâmica de construção é tipicamente plástica, independentemente do tipo de preparação, o barro é amassado com adição de água. Marginalmente são utilizados processos de preparação e conformação por via líquida para a produção de acessórios de telhado.

Tijolos e Abobadilhas

A conformação dos produtos é efetuada com recurso a uma fiação/extrusora. A moldagem é efetuada sob vácuo, e opcionalmente com vapor, ao que se segue a operação de corte dos produtos.



Figura 12 - Fiação e corte dos tijolos (Cerâmica de Quintãs)

Telhas

A pasta preparada é pré-moldada numa fiação/extru-



Figura 13 - Prensa para produção de telhas (Cerâmica Sotelha)

sora sob vácuo e as “lastras” são cortadas, sendo as telhas obtidas por prensagem plástica em prensas hidráulicas.

Os acessórios de telhado (cantos, cumes, cruzetas, babadouros, beirados, passadeiras, ventiladores, ...) são feitos por outros processos, principalmente por via líquida, enchimento de barbotina em moldes (processo semelhante aos produtos de louça decorativa e utilitária).

Secagem

O processamento térmico a temperaturas até 120°C permite reduzir a humidade do material (até 1 a 3%).

A operação de secagem dos produtos de cerâmica estrutural é tipicamente efetuada em secadores contínuos ou semi-contínuos (tipo túnel de carga direta, de vagonetas ou rápido tipo *Anjou*). Opcionalmente, podem ser utilizados secadores intermitentes (câmaras estáticas), normalmente para a secagem de acessórios ou peças especiais.

Como fontes de calor para a operação, tipicamente a recuperação do forno (ar de arrefecimento dos produtos) é complementada com um gerador de calor auxiliar (gás propano, gás natural, fuel ou caldeira).

As operações de carga e descarga de produtos são normalmente efetuadas por sistemas completamente



Figura 14 - Secador de telhas (Cerâmica Sotelha)

automatizados, que incluem o agrupamento, transferência e empacotamento dos produtos.

Engobagem (Vidragem) e Decoração

Nas telhas secas poderão ser aplicados variados engobes (vidrados) numa linha específica para o efeito para se obter efeitos decorativos.

A decoração digital está a dar os primeiros passos neste setor, podendo a aplicação ser realizada sem contacto com as peças, através de jato de tinta, podendo decorar peças lisas como estruturadas com excelente definição.

Cozedura

Após secagem, os produtos são submetidos à operação de processamento térmico a temperaturas entre 850 e 1050°C, podendo em situações específicas alguns produtos terem temperaturas superiores. Algumas unidades industriais estão equipadas com um pré-forno, que permite efetuar uma secagem final (remoção da água residual) e aquecimento dos produtos para preparação da cozedura.

A cozedura é tipicamente efetuada em fornos contínuos tipo túnel. Alternativamente, e em particular para a cozedura de acessórios de telhado, são utilizados fornos intermitentes.

Os combustíveis mais utilizados são o Gás Natural e o *thick fuel oil*. Os combustíveis sólidos (coque de petróleo, casca, serrim, entre outros) são utilizados em situações específicas e o gás propano apenas é utilizado combinado com outras fontes.

As operações de carga e descarga de produtos são normalmente efetuadas por sistemas completamente automatizados, que incluem o agrupamento, transferência e empacotamento dos produtos.



Figura 15 - Forno contínuo de vagonas das telhas (Cerâmica Sotelha)



Figura 16 - Forno contínuo de vagonas dos tijolos (Cerâmica de Quintãs)

Escolha e Embalagem

O material é descarregado e transferido para a linha de escolha e embalagem, que tipicamente inclui as

operações de paletização, cintagem e/ou embalagem. Todas estas operações, incluindo a movimentação de produtos, são normalmente efetuadas com recurso a sistemas completamente automatizados. No entanto, a opção pela escolha integral peça a peça normalmente exige a intervenção manual ou outros processos alternativos de escolha.

A aplicação de aditivos de impermeabilização (nomeadamente hidrofugante ou silicone) em telhas cerâmicas é normalmente efetuada numa operação intermé-

dia antes da embalagem.

Armazenamento de Produto Final

Após embalagem, os produtos são transportados, recorrendo a empilhadores, para o parque de produto final onde são armazenados para posterior expedição.

Na Figura 17 é apresentado um diagrama esquemático com um exemplo do processo produtivo de tijolo, telha e abobadilha.

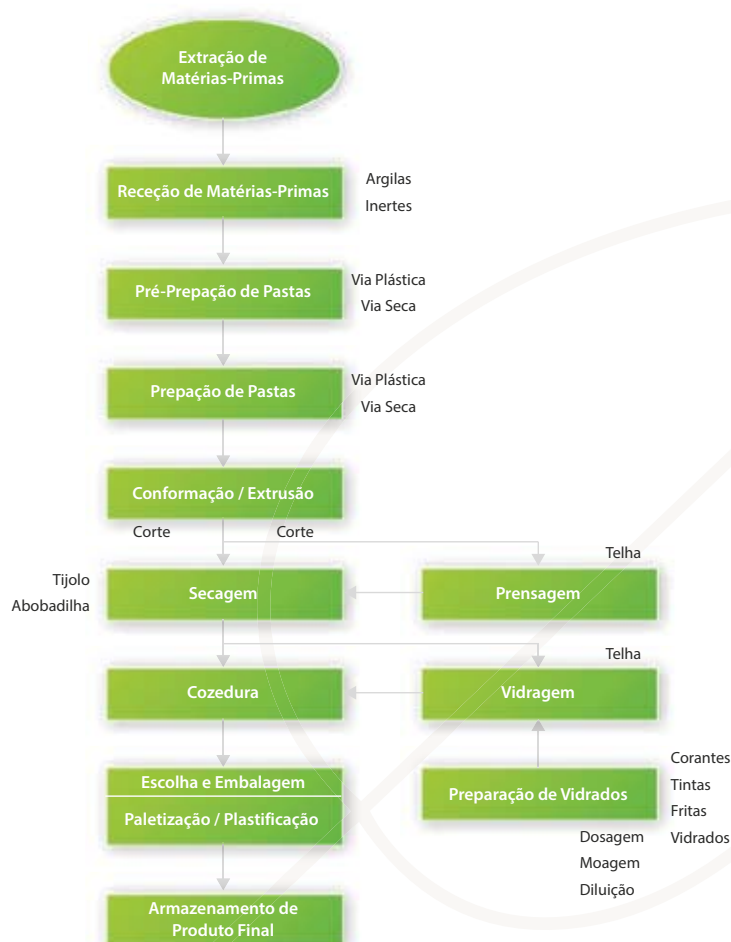


Figura 17 - Exemplo de diagrama esquemático do processo de produção de tijolo, telha e abobadilha

2.2. Cerâmica de Construção

– Acabamentos

A Cerâmica de Construção – Acabamentos engloba a produção de pavimentos e revestimentos e louça sanitária. São estes:



Figura 18 - Louça Sanitária, Pavimento e Revestimento

As tecnologias para a produção de pavimentos e revestimentos são na generalidade análogas, distinguindo-se os produtos pelas características técnicas que condicionam o seu desempenho em serviço. Esta distinção resulta, em última análise, das matérias-primas utilizadas (pastas e vidrados) e dos parâmetros tecnológicos de processo.

No entanto existem algumas variantes na produção de revestimentos, verificando-se já há alguns anos uma tendência pela variante de monocozedura rápida (monoporosa), em detrimento da bicozedura rápida e tradicional.

Nos pavimentos, devem ainda ser distinguidos os produtos vidrados e não vidrados, incluindo nestes últimos o *porcelanatto* (pavimento porcelânico polido).

A disponibilidade de matérias-primas preparadas para pastas (pó atomizado) e vidros, produzidos por fornecedores especializados, tem sido um fator determinante na tendência para a desintegração vertical das atividades de preparação de matérias-primas. Esta opção depende, para além das considerações de natureza técnica e tecnológica, de considerações de natureza económica e estratégica.

A produção de pavimentos rústicos por via plástica (extrudidos) é reduzida virada para nichos de mercado, sendo o processo análogo à produção de produtos de cerâmica estrutural (*vide* Descrição do processo tecnológico - Cerâmica Construção - Estrutural).

2.2.1. Pavimento e Revestimento

O subsector dos Pavimentos e Revestimentos cerâmicos engloba empresas que fabricam azulejos, ladrilhos, mosaicos e placas cerâmicas.

As etapas produtivas são genericamente apresentadas e descritas a seguir. Algumas empresas adquirem o pó atomizado e/ou vidrados, não tendo as operações de preparação da pasta, atomização e preparação de vidrados. A sequência do processo é a seguinte:

Receção e Preparação de Pasta (Matérias-Primas)

As principais matérias-primas para a produção de pavimentos são argilas, feldspatos, areia (inertes) e talco e para a produção de revestimentos tipicamente são utilizadas argilas/caulinos, areia (inertes), calcite/dolomite e/ou feldspatos e talco.

O seu armazenamento é feito em tulhas cobertas, donde são retiradas por intermédio de uma pá carregadora que as transporta para o ponto de carga nos silos pesantes, onde é efetuada a dosagem automática. O processamento é separado, sofrendo os materiais duros moagem em húmido nos moinhos de bolas (pode existir moagem em contínuo) e os materiais argilosos são dispersos em turbo-diluidores. Segue-se a mistura e homogeneização da pasta em suspensão, sendo depois peneirada e transferida para um tanque de repouso onde fica sujeita a uma agitação lenta e donde é bombeada para o atomizador.

A pasta é atomizada para obtenção do pó para prensagem (esta operação tem como princípio retirar o ex-

cesso de água e dar origem a um pó com 3 a 5% de humidade). A pasta é alimentada ao atomizador, através de bombas hidráulicas de alta pressão. No atomizador, uma corrente de ar quente (400-550°C) seca quase instantaneamente a pasta líquida (barbotina), que é introduzida através de injetores. O pó atomizado é recolhido no fundo do atomizador e o pó mais fino é arrastado pelo ar de exaustão sendo recuperado por um sistema de separação por ciclones.

O ar de secagem é geralmente produzido por geradores de ar quente a gás natural, com queima direta, podendo também ser utilizado o ar quente recuperado de fornos.

O pó atomizado é armazenado em silos, onde permanece em repouso para homogeneização da humidade, que posteriormente alimentarão as linhas de produção.

Nos casos de opção por pasta preparada, o pó atomizado é rececionado e transferido, em circuito pneumático, de camiões cisterna para silos de armazenagem.

Conformação (Prensagem)

O pó atomizado é descarregado, transportado (normalmente em transportadores de banda contínua), peneirado e distribuído pelas tremonhas de alimentação às prensas. Os produtos são obtidos por prensagem do granulado em prensas hidráulicas unidireccio-



Figura 19 - Prensa hidráulica (Aleluia)

nais automáticas de alta pressão. Pretende-se que a peça adquira a forma e propriedades mecânicas exigidas. A extração das peças é automática.

Secagem

Os produtos prensados são introduzidos em secadores rápidos (verticais ou horizontais), sendo sujeitos a um processamento térmico a temperaturas entre 120 a 150°C para eliminação da humidade residual. Como fonte de calor normalmente equipam estes secadores com geradores de calor a gás propano ou gás natural ou com algum aproveitamento de calor.



Figura 20 - Secador (Primus Vitória)

Vidragem

Os produtos secos são introduzidos nas linhas de vidragem, tipicamente movimentados em transportadores por correias (trapezoidais). Os engobes, vidrados, granilhas e serigrafias são aplicados em linha recorrendo a diversas tecnologias (disco, campânula e *spray* para vidros, e diversos tipos de máquinas serigráficas – i.e. planas, rotativas, tambor), dependendo do tipo de efeito estético que se pretende do produto final.

No final da linha as peças são carregadas em vagonetas (de rolos) que são armazenadas em parque, constituindo um pulmão do forno, ou seguem auto-

maticamente para os fornos. As operações de carga e descarga de produtos e gestão das vagonetas são normalmente efetuadas por sistemas completamente automatizados. A movimentação das vagonetas no parque de material vidrado cru é realizada por sistemas mecânicos ou por sistemas logísticos automatizados do tipo LGV (laser guided vehicle) ou AGV (automated guided vehicle).

Os vidrados e tintas podem ser previamente preparados (em papa ou pó) ou processados internamente. Neste último caso a sua preparação envolve operações de doseamento, moagem, peneiração e desferrição. Os vidrados em suspensão necessitam de agitação contínua.



Figura 21 - Linha de Vidragem (Aleluia)

A decoração (e aplicações de vidrados) por impressão digital originou já há alguns anos uma revolução na indústria cerâmica de pavimento e revestimento através do aparecimento das máquinas de impressão digital idênticas às impressoras de uso comum, só que neste caso, inseridas numa linha de produção. A impressão é realizada sem que haja contacto com as peças cerâmicas, através de jato de tinta, o que possibilita pintar tanto sobre peças lisas, bem como sobre peças estruturadas, isto é, tanto no baixo como alto relevo com excelente definição.

Cozedura

Especialmente no caso de produtos de revestimento, a aplicação de vidrados pode ser feita sobre produtos crus (monoporosa) ou produtos chacoatados (bicozedura), sendo, neste caso, sujeitos a uma cozedura inicial (chacotagem) a temperaturas entre 850°C e 1050°C.

A cozedura das peças cerâmicas realiza-se em fornos, de acordo com uma curva de cozedura (com temperaturas pré-estabelecidas) e que inclui uma fase de aquecimento, o patamar de cozedura e um arrefecimento. O ciclo de cozedura depende do tipo de material a cozer e do formato, podendo oscilar entre os 30 e os 60 minutos.

Os fornos mais comuns são do tipo contínuo de rolos, estando os fornos do tipo túnel em desuso. Caso esteja instalado um pré-forno, as peças são pré-aquecidas, geralmente, com ar recuperado da zona de arrefecimento do forno. A cozedura é a etapa do processo produtivo que consome mais energia, podendo atingir temperaturas de 1000°C a 1200°C.

Corte/Retificação

Nas linhas retificação efetuam-se operações de ajuste, corte e secagem.

Escolha e Embalagem

Após cozedura em forno de rolos o material é descarregado automaticamente. A descarga pode ser direta ou para vagonetas de rolos, constituindo um pulmão de material vidrado para escolha. Para transporte e descarga do produto cozido recorre-se também aos sistemas logísticos automatizados LGV ou AGV, que gerem o parque e otimizam o espaço disponível. Os produtos são colocados na linha de escolha para controlo de qualidade. Atualmente, a maioria das unidades dispõe já de sistemas automáticos para avaliação de dimensões e planaridade (por sensores optoeletrónicos). A análise da qualidade da superfície é asse-

gurada pela inspeção visual dos produtos. A evolução tecnológica recente tem permitido introduzir sistemas de apoio à escolha visual.

Os produtos são encaminhados para as linhas de embalagem, de acordo com a sua classificação, onde é embalado em caixas que por sua vez são acondicionadas em paletes. As paletes são então cintadas e plastificadas.

Armazenamento de Produto Final

As paletes com o produto final são armazenadas em

parques exteriores e/ou interiores, em alguns casos utilizando soluções de armazenamento em altura (estantes) e geridos automaticamente. De notar que podem ainda ser efetuadas diversas operações sobre os produtos ou peças especiais, nomeadamente a aplicação de decorações sobre os vidrados (e.g. serigrafias) sendo os produtos sujeitos a um novo processamento térmico para cozedura dos elementos decorativos (3.º Fogo), ou sujeitos a operações de corte, retificação de arestas e/ou polimento de superfície. Na Figura 22 é apresentado um diagrama esquemático com um exemplo do processo produtivo de pavimento e revestimento.

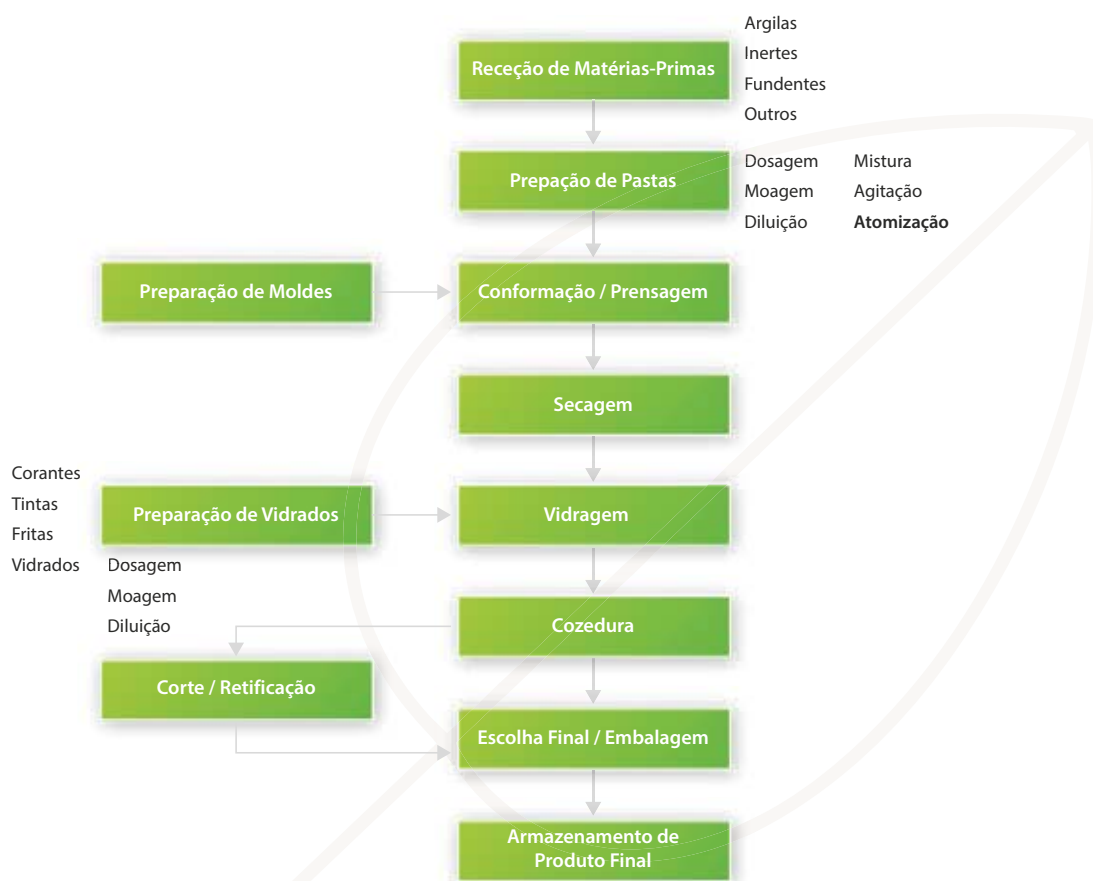


Figura 22 - Exemplo de diagrama esquemático do processo de produção de pavimento e revestimento

2.2.2. Louça Sanitária

O subsetor da louça sanitária engloba as empresas que produzem artigos para uso sanitário de porcelana, grés ou faiança, tais como, lavatórios, bidés e bases de chuveiro.

O ciclo de produção de louça sanitária, quer em porcelana (*vitreous china*) quer em grés (*fire clay*), é no essencial idêntico. As especificidades técnicas e tecnológicas destes produtos, nomeadamente as que decorrem da sua forma e dimensões, são aspetos que condicionam as opções tecnológicas para cada operação, que variam principalmente ao nível da automatização. A sequência do processo é a seguinte:

Receção e Preparação de Matérias-Primas

As principais matérias-primas para a produção de louça sanitária são argilas, caulinos, fundentes (feldspatos, sienito nefelínico), inertes (areia) e outros aditivos (talco, entre outros).

As matérias-primas são transportadas em camião a granel, inspecionadas, classificadas e armazenadas em tulpas cobertas e, posteriormente, transportadas por pás carregadoras para as tremonhas com células de carga, onde é efetuado o doseamento ou, no caso de produtos micronizados, em sacos ou rececionados e transferidos, em circuito pneumático, de camiões cisterna para silos.

A disponibilidade de pastas e vidros preparados, produzidos por fornecedores especializados, ainda não tem, neste subsector, uma expressão significativa. Esta opção depende, para além das considerações de natureza técnica e tecnológica, de considerações económicas e estratégicas.

Composição e Preparação da Pasta

As matérias-primas a granel são transportadas por pás carregadoras para o ponto de carga e alimentação

nas tremonhas com células pesantes, onde é efetuada a dosagem. As micronizadas são descarregadas e transportadas (normalmente em transportadores de banda contínua ou tipo sem-fim) para as tremonhas de alimentação.

A preparação da pasta é realizada separadamente, sendo os materiais duros (inertes) sujeitos a moagem em húmido nos moinhos de bolas e os materiais argilosos (plásticos) dispersos nos turbo-diluidores, passando, depois, para tanques doseadores elevados. A seguir, efetua-se a mistura e homogeneização da pasta em suspensão (barbotina), sendo depois peneirada, desmagnetizada (desferrizado) e transferida para tanques de repouso, com agitação lenta.

A barbotina dos tanques de agitação está pronta para ser utilizada na conformação por enchimento após afinação das características reológicas (densidade, viscosidade e tixotropia). O processo fica completo com a trasfega de barbotina para os tanques de uso diário e acerto final.

Conformação

A operação de conformação inclui a moldagem e acabamento dos produtos.

As peças são obtidas por enchimento de moldes porosos para absorção da água e que pode ser realizado de forma convencional (à lambugem), à pressão atmosférica ou a baixas pressões, em moldes de gesso ou, através de tecnologias mais recentes, aplicando médias ou altas pressões para acelerar o processo de absorção e recorrendo a moldes especiais em materiais sintéticos, com maior resistência e durabilidade, como resinas. De seguida, procede-se à operação de desmoldagem e acabamento. No caso de enchimento convencional, e após a formação da peça, o excesso de barbotina é vertido e reintroduzido no processo.

A operação de acabamento das peças inclui as tarefas de inspeção das peças, eliminação de rebarbas (com

raspadores), corte/perfuração e retoque/acabamento fino de superfície. As peças não-conformes são armazenadas como “material cru” e, posteriormente reintroduzidas nos tanques de turbo-diluição.

Os níveis de automatização das operações de conformação e acabamento são muito variáveis, existindo desde soluções manuais a sistemas completamente automatizados e integrados, incluindo as operações de desmoldagem e movimentação de peças.



Figura 23 - Conformação (Sanindusa)

Antes de serem enviadas para os secadores, as peças são mantidas na olaria em condições de temperatura e humidade controladas. Para o efeito, podem existir unidades de climatização, geralmente alimentadas a gás natural, com ou sem permutador, com eventual recuperação de calor de outras fases do processo e com recirculação de ar de admissão.

Este período, na secção da olaria, que pode durar alguns dias, permite uma primeira secagem das peças, conferindo-lhe a resistência mecânica necessária para o manuseamento na fase de acabamento.

Secagem

A operação de **secagem** é normalmente efetuada numa primeira fase ao ar ambiente na secção de conformação (couro) e numa segunda fase (branco) em se-

cadores rápidos tipo túnel, contínuos ou intermitentes.

Nesta etapa, podem ser usados secadores tipo túnel ou câmaras estáticas, com carga ou descarga manual, aproveitando, frequentemente, ar quente recuperado da zona de arrefecimento dos fornos e utilizando queimadores auxiliares a gás natural ou propano. No ciclo de secagem, que pode variar entre 7 a 16 horas, é importante o controlo da temperatura e humidade do processo. A movimentação interna das peças em verde e seco é, habitualmente, efetuada com recurso a carros e/ou transportadores aéreos com prateleiras, que alimentam a zona de vidragem.

Preparação de Moldes

É usual nas empresas, uma secção de preparação de moldes para abastecer a linha de conformação. Alternativamente podem ser adquiridos a fornecedores especializados. Dependendo da opção tecnológica, os materiais de base utilizados para o fabrico de moldes são o gesso (diversos tipos) e resinas, entre outros.

Vidragem

As peças, após serem retiradas dos secadores, seguem para as cabines de vidragem, onde também se realizam operações de inspeção/controlo de qualidade, limpeza e acabamento. A vidragem das peças, através de pulverização à pistola, pode ser efetuada manualmente ou por robôs. A operação envolve ainda a desvidragem das zonas de apoio das peças. Os produtos vidrados são colocados em transportadores aéreos e/ou carros de prateleiras (vagonas), para, posteriormente, serem encaminhados para a zona de carga do forno de vidrado. Em alguns casos as peças vidradas são sujeitas a uma secagem final.

Os vidrados e tintas podem ser adquiridos previamente preparados (em papa ou pó) ou processados internamente. Neste último caso a sua preparação envolve operações de doseamento de matérias-primas, moagem a húmido (moinhos de bolas), peneiração e

desferrização. Os vidrados em suspensão necessitam de agitação contínua.



Figura 24 - Robôs de Vidragem (Sanitana)

Cozedura

O processamento térmico é tipicamente efetuado em fornos túnel de vagonas, de rolos, ou intermitentes de vagonas, que utilizam tipicamente gás propano ou gás natural. A requeima das peças, quer em peças que precisem de ser retocadas, quer para efeitos de decoração, é realizada em fornos intermitentes.

A cozedura é a fase do processo com maior consumo de energia, em que a temperatura pode oscilar entre os 1100 e os 1300°C. A carga e descarga dos produtos nos fornos é uma operação manual.



Figura 25 - Forno contínuo de vagonas (Sanindusa)

As peças cozidas são encaminhadas para o armazém de produto final. O armazenamento intermédio é tipicamente efetuado em paletes ao nível do solo ou em estantes, em armazéns com níveis de automatização variáveis.

Decoração e 3.º Fogo

As peças a decorar são previamente escolhidas e depois decoradas, com posterior cozedura da decoração (ou 3.º fogo). As tecnologias de decoração podem ser pintura manual *onglaze*, aplicação de decalques, entre outros. A movimentação dos produtos é, tipicamente, efetuada em carros com prateleiras e/ou em paletes.

Escolha e Embalagem

Os produtos vidrados (e decorados), normalmente movimentados em paletes, são escolhidos segundo os parâmetros de classificação comercial, sendo as peças com defeitos de vidro recuperáveis enviadas para retoque.

Nesta fase são efetuadas as operações de escolha (inspeção visual), roçagem e acabamento final. A embalagem das peças (tipicamente em cartão) é já vulgarmente utilizada, sendo as caixas colocadas em paletes que posteriormente são plastificadas com manga retrátil. Os processos mais convencionais acondicionam, diretamente, os produtos em paletes.

As soluções tecnológicas, disponíveis para as operações de paletização e plastificação, apresentam níveis de automatização muito variáveis, existindo desde soluções manuais a sistemas completamente automatizados e integrados.

Retoque

A reparação de defeitos pode ser efetuada a quente (por requeima, i.e., nova cozedura em fornos intermitentes com ciclo de cozedura adequado) ou a frio, usando resinas ou silicones. Quando necessário, algu-



Figura 26 - Forno Intermitente (Sanitana)

mas peças são retificadas, de modo a ficarem com a superfície de assentamento plana ou para correção de dimensões (passagem dos calibres de controlo).

Armazenamento de Produto Final

As paletes com o produto final são armazenadas em parques exteriores e/ou interiores, em alguns casos utilizando soluções de armazenamento em altura (estantes) e geridos automaticamente. Na Figura 27 é apresentado um diagrama esquemático com um exemplo do processo produtivo de louça sanitária.

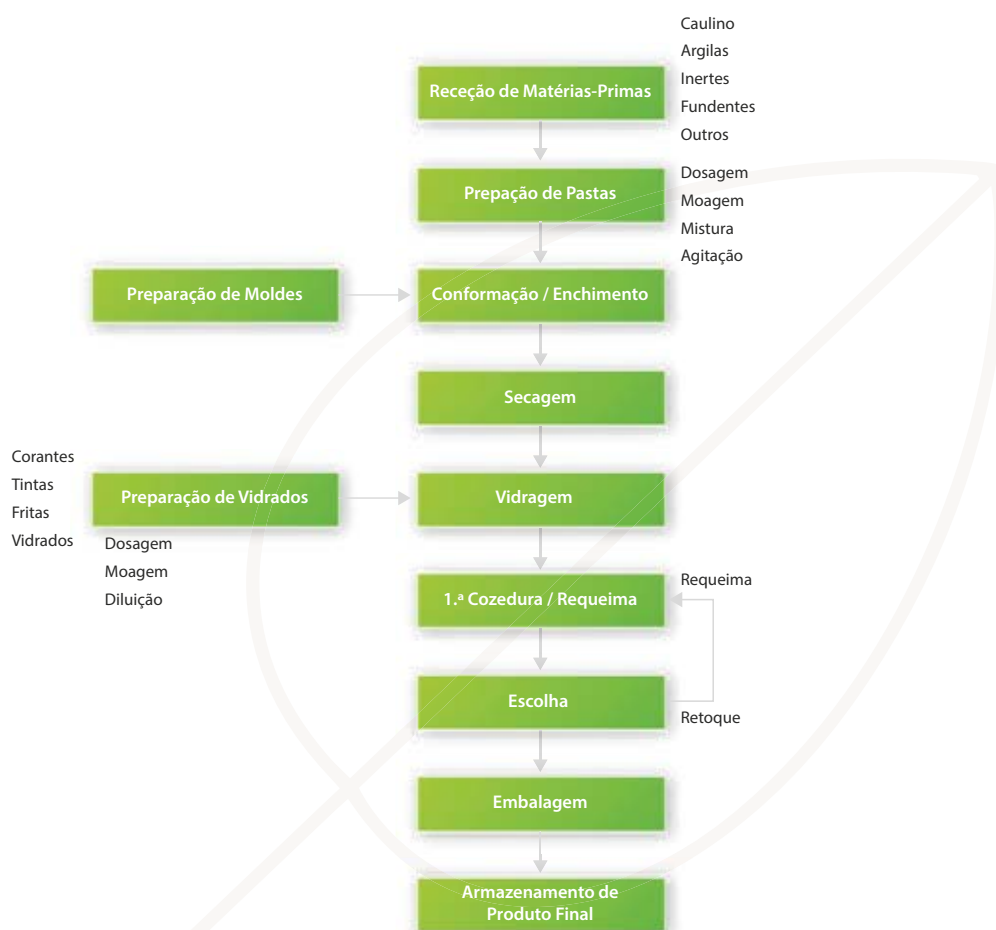


Figura 27 - Diagrama esquemático com um exemplo do processo produtivo da louça sanitária

2.3. Louça Utilitária e Decorativa

A cerâmica de louça utilitária e decorativa engloba a produção de louça em terracota, faiança, grés e porcelana. São estes:

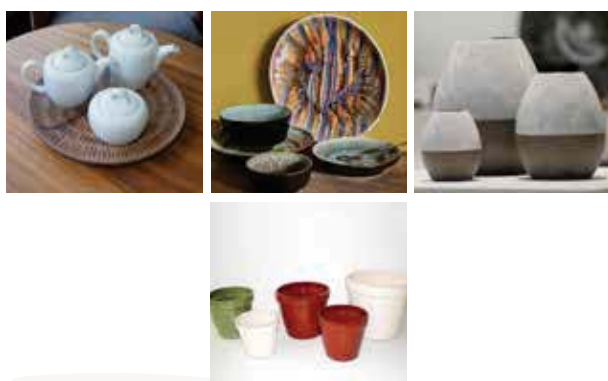


Figura 28 - Porcelana, Faiança, Grés e Terracota

Existe uma relativa diversidade de opções tecnológicas para produção de louça utilitária e decorativa, englobando neste subsetor a fabricação de louça de terracota, faiança, grés e porcelana, tendo em conta as especificidades técnicas e tecnológicas, níveis de automatização e flexibilidade produtiva, variedade de produtos, entre outros fatores.

Além das soluções adotadas para cada um dos subsectores, em função das exigências técnicas e tecnológicas específicas, tipicamente a louça de terracota e grés é produzida por monocozedura, enquanto a louça de faiança e porcelana adota o processo de bicozedura.

Receção e Preparação de Matérias-Primas

A disponibilidade de pastas preparadas (via líquida, plástica ou seca) e vidros, produzidos por fornecedores especializados, tem sido um fator determinante na tendência para desinvestimento nos processos de preparação de matérias-primas (pasta e vidrados). Esta opção depende, para além das considerações de

natureza técnica e tecnológica, de considerações económicas e estratégicas.

As principais matérias-primas para a produção de louça utilitária/decorativa são argilas, caulinos, fundentes (feldspatos, calcite, dolomite), inertes (areia) e outros aditivos. Tipicamente os produtos de faiança utilizam calcite ou dolomite, enquanto que os produtos de grés, e porcelana utilizam feldspatos.

Tal como verificado noutros subsectores, as matérias-primas são transportadas em camiões a granel, rececionadas, classificadas e armazenadas em tulas cobertas ou, no caso de produtos micronizados, armazenados em sacos ou transferidos, em circuito pneumático, de camiões-cisterna para silos. Posteriormente, são carregadas para tremonhas com células de carga, onde é efetuada o doseamento.



Figura 29 - Receção de Matérias-Primas (Costa Verde)

Composição e Preparação de Pasta

As matérias-primas a granel são transportadas por pá carregadora para o ponto de carga e alimentação nas tremonhas com células pesantes, onde é efetuada a dosagem. As micronizadas são descarregadas e transportadas (normalmente em transportadores de banda contínua ou tipo sem-fim) para as tremonhas de alimentação.

O processamento é separado, sofrendo os materiais duros moagem em húmido nos moinhos de bolas e os materiais argilosos são dispersos em turbo-diluidores. Segue-se a mistura e homogeneização da pasta em suspensão (barbotina), sendo depois peneirada, desmagnetizada e transferida para tanques de repouso onde fica sujeita a uma agitação lenta.

Após o processamento inicial, os processos de preparação divergem em função das tecnologias de conformação a utilizar: seca, plástica ou húmida.

Via Seca

A barbotina é atomizada para obtenção do pó para prensagem (esta operação tem como princípio retirar o excesso de água e dar origem a um pó com 3 a 5% de humidade).

A barbotina é injetada no atomizador, transformando-a em pequenas gotas, que são vaporizadas instantaneamente quando entram em contacto com uma corrente de ar quente (geralmente, provenientes de geradores de ar quente a gás natural).

O pó atomizado é ensilado, onde permanece em repouso para homogeneização da humidade.

Nos casos de opção por pasta preparada, o pó atomizado é rececionado e transferido, em circuito pneumático, de camiões-cisterna para silos de armazenagem. Alternativamente, o pó pode ser rececionado e armazenado temporariamente em *big bags*.

Via Plástica

A barbotina passa por uma operação de filtro-prensagem (eliminação de água), obtendo assim lastras de material ("lapas" ou "rodela") com humidade entre 18 e 22%. A seguir, são conduzidas, através de telas transportadoras, às fieiras de vácuo (processo de extrusão), onde, frequentemente, saem sob a forma de cilindros, que depois serão cortados com as características ade-

quadas à etapa seguinte de conformação plástica.

A pasta plástica também pode ser adquirida externamente, geralmente, na forma de rolos e são envolvidos em plástico para evitar que percam humidade durante o período de armazenamento.



Figura 30 - Atomizador (Costa Verde)

Via líquida

A barbotina dos tanques de agitação está pronta para ser utilizada na conformação por enchimento após afinação das características reológicas (densidade, viscosidade e tixotropia).

Para produtos de porcelana é recomendado a prévia filtro-prensagem da barbotina, com posterior diluição e acerto reológico. Esta etapa destina-se a eliminar os sais solúveis.

Nos casos de opção por pasta preparada, a barbotina é rececionada diretamente de camiões-cisterna e bombada para tanques de homogeneização e repouso, ou alternativamente em tinhões.

Conformação

A operação de conformação inclui a moldagem e acabamento dos produtos. Existe uma diversidade de tecnologias de conformação, que utilizam os diferentes tipos de pasta preparada.

A operação de acabamento das peças, variável em função do tipo de tecnologia utilizada e dos produtos, pode incluir tarefas de eliminação de rebarbas (com raspadores) e corte, colagem de asas (normalmente obtidas por enchimento) ou outros elementos, e retoque / acabamento fino de superfície com esponjas.

Os níveis de automatização das operações de conformação e de acabamento, são muito variáveis, existindo desde soluções manuais a sistemas completamente automatizados e integrados.

Na alimentação das operações de conformação são utilizados meios de movimentação distintos consoante o tipo de pasta utilizada e tipicamente (i) movimentação de pasta plástica da preparação para as *rollers* e outros equipamentos em paletes. (ii) empilhadores para transporte de *big bags* com pó atomizado da atomização para a zona das prensas ou transporte em cir-

cuito fechado (iii) transfeça de barbotina dos tanques de barbotina para o enchimento manual, automático e sob pressão (iv) transporte de componentes (p.e. asas) em carros com tabuleiros.

É usual nas empresas, uma secção de preparação de moldes para abastecer a linha de conformação, ou alternativamente produzidos por fornecedores especializados ou fornecedores da tecnologia. Dependendo da opção tecnológica, os materiais de base utilizados para o fabrico de moldes são o gesso (diversos tipos), resinas, metais, entre outros.

Via plástica

O processo típico de conformação por via plástica é a contra-moldagem. A pasta no estado plástico flui entre dois moldes quando sujeita a pressão, dando forma aos produtos. O excesso de pasta (aparas e rebarbas) é reciclado.

As tecnologias mais utilizadas dependem da tipologia de peças, sendo tipicamente *rollers* ou jaulos para peças de revolução e prensas (normalmente hidráulicas) para outras peças simétricas ou de geometria complexa.

As peças são então desmoldadas, secas (até ao estado de "couro") e acabadas.



Figura 31 - Máquinas de Conformação (Costa Verde)

Via líquida

As peças são obtidas por enchimento, sendo a água absorvida por formas porosas. As tecnologias diferem sobretudo nas pressões utilizadas: enquanto o enchimento convencional (à lambugem) é feito à pressão atmosférica ou em baixas pressões em moldes de gesso, as tecnologias mais recentes utilizam médias ou altas pressões para acelerar o processo de absorção recorrendo a moldes especiais em materiais sintéticos.

Segue-se a operação de desmoldagem, a secagem dos moldes e das peças ("couro"), e acabamento.

No caso de enchimento convencional, e após a formação da peça, o excesso da barbotina é vertido e reciclado.

Via seca

O pó atomizado alimenta linha de conformação por prensagem em prensas isostáticas, utilizando moldes sintéticos (polímeros). Segue-se a operação de desmoldagem e acabamento. Este tipo de tecnologia normalmente apresenta um elevado nível de automação.

Secagem

A operação de secagem coincide normalmente com o pulmão de produtos em seco. A logística interna das peças em verde e seco é tipicamente efetuada com recurso a carros com prateleiras e/ou transportadores aéreos com cestos e prateleiras, que alimentam a zona de carga do *biscuit* (chacota) ou vidragem, consoante se trate de processos de bicozedura ou monocozedura, respetivamente.

Couro

Após conformação por enchimento ou via plástica, as peças são sujeitas a um processo inicial de secagem ao ar ambiente ou em secadores próprios (muitas vezes

acoplados às máquinas de conformação). Esta operação tem como finalidade assegurar a consistência e resistência adequadas ao acabamento.

Branco

As peças acabadas são então sujeitas à secagem final em estufas estáticas ou contínuas, por forma a reduzir a humidade do material até 1 a 3%. Os transportadores aéreos tipicamente dispõem de um túnel para secagem da louça. A maioria das peças sofre um processo de secagem natural durante o tempo de residência no transportador aéreo ou em carros.

1.ª Cozedura (chacotagem ou cozedura de "Biscuit")

No final da secagem, e nos processos de bicozedura (tipicamente utilizado no fabrico de louça de faiança e porcelana), as peças sofrem um processamento térmico inicial em fornos túnel de vagonas, de rolos, ou intermitentes de vagonas. As temperaturas, variáveis consoante o tipo de produto, podem ir desde 850 a 1050°C.

As peças chacotadas armazenadas tipicamente em paletes ao nível do solo ou em estantes. Antes de serem vidradas, as peças são inspecionadas e limpas.

O transporte entre a zona de descarga do forno de chacota e o armazém de chacota e entre este e a zona de vidragem é normalmente efetuado por porta-paletes ou alternativamente em carros de prateleiras.

Vidragem e pintura underglaze

A pintura *underglaze*, tipicamente efetuada por processos manuais ou semi-automáticos (caso da filagem), a decoração é aplicada sobre a chacota, imediatamente antes da vidragem.

A operação de vidragem das peças pode ser realizada por mergulho ou por *spray*, sendo este último proces-



Figura 32 - Vidragem manual (Costa Verde)



Figura 33 - Vidragem automática por mergulho (Costa Verde)

so mais comumente utilizado em monocozedura. O processo envolve vidragem e limpeza de fretes (desvidragem).

As tecnologias disponíveis apresentam diferentes níveis de automatização muito variáveis, existindo des-

de soluções manuais a sistemas completamente automatizados e integrados.

Os produtos vidrados são armazenados temporariamente, sendo alimentados diretamente a um transportador aéreo e/ou carros de prateleiras, e descarregados na zona de carga do forno de vidrado.

Preparação de vidrados e tintas

Os vidrados e tintas podem ser previamente preparados (em papa ou pó) ou processados internamente. Neste último caso a sua preparação envolve operações de doseamento, moagem a húmido (moinhos de bolas), peneiração e desferrização. Os vidrados em suspensão necessitam de agitação contínua.

Cozedura do Vidrado

O processamento térmico final é tipicamente efetuada em fornos túnel de vagonas, de rolos ou intermitentes de vagonas. As temperaturas, variáveis consoante o tipo de produto, podem ir desde 1020-1050°C no caso da faiança a 1300-1380°C no caso da porcelana fina. Os fornos utilizam tipicamente gás propano ou gás natural, sendo o processo de cozedura para a porcelana conduzido em atmosfera redutora.

As peças cozidas são então armazenadas temporariamente (armazém de branco no caso de peças para de-



Figura 34 - Forno contínuo de vagonas vidrado (Costa Verde)

coração) ou encaminhadas para o armazém de produto final. O armazenamento intermédio é tipicamente efetuado em paletes ao nível do solo ou em estantes, em armazéns com níveis de automatização variáveis.

Decoração e 3.º Fogo

As peças a decorar são previamente escolhidas e depois decoradas, com posterior cozedura da decoração (ou 3.º fogo). As tecnologias de decoração podem ser pintura *onglaze* (e.g. filagem), aplicação de decalques, tampografia, entre outros, com níveis de automatização muito variáveis, existindo desde soluções manuais a sistemas completamente automatizados.

A decoração (e aplicações de vidrados) por impressão digital começou a integrar e a revolucionar a indústria cerâmica de louça decorativa e utilitária através do aparecimento das máquinas de impressão digital idênticas às impressoras de uso comum, só que neste caso, inseridas numa linha de produção. A impressão é realizada sem, que haja contacto com as peças cerâmicas, através de jato de tinta, o que possibilita pintar tanto sobre peças lisas, bem como sobre peças estruturadas, isto é, tanto no baixo como alto relevo com excelente definição.

A movimentação dos produtos é tipicamente efetuada em carros com prateleiras e/ou em paletes.

Escolha e Embalagem

Os produtos finais (vidrados e decorados), normalmente movimentados em paletes, são escolhidos segundo os parâmetros de classificação comercial, sendo as peças com defeitos de vidro recuperáveis enviadas para retoque.

Nesta fase são efetuadas as operações de escolha (inspeção visual), roçagem (e.g. de fretes), embalagem (tipicamente em cartão) e paletização. As paletes são normalmente cintadas e plastificadas.

As soluções tecnológicas disponíveis apresentam níveis de automatização muito variáveis, existindo desde soluções manuais a sistemas completamente automatizados e integrados.

Armazenamento de Produto Final

As paletes com o produto final são armazenadas em parques exteriores e/ou interiores, em alguns casos utilizando soluções de armazenamento em altura (estantes) e geridos automaticamente.

Na Figura 36 é apresentado um diagrama esquemático com um exemplo do processo produtivo de louça utilitária e decorativa.

2.4. Cerâmica Técnica

A cerâmica técnica engloba a produção de uma grande variedade de produtos que podem ir desde pequenos condensadores cerâmicos, aos tradicionais refratários até aos isoladores de alta tensão de grandes dimensões. São estes:



Figura 35 - Refratários e Isoladores

Os processos produtivos da cerâmica técnica podem ser muito diferentes e consequentemente os “layouts” podem ser bastante diversos neste subsector.

No final deste capítulo apresenta-se um fluxograma típico associado ao fabrico de isoladores cerâmicos de média e alta tensão (fabrico de isoladores cerâmicos de porcelana para fins eletrotécnicos).

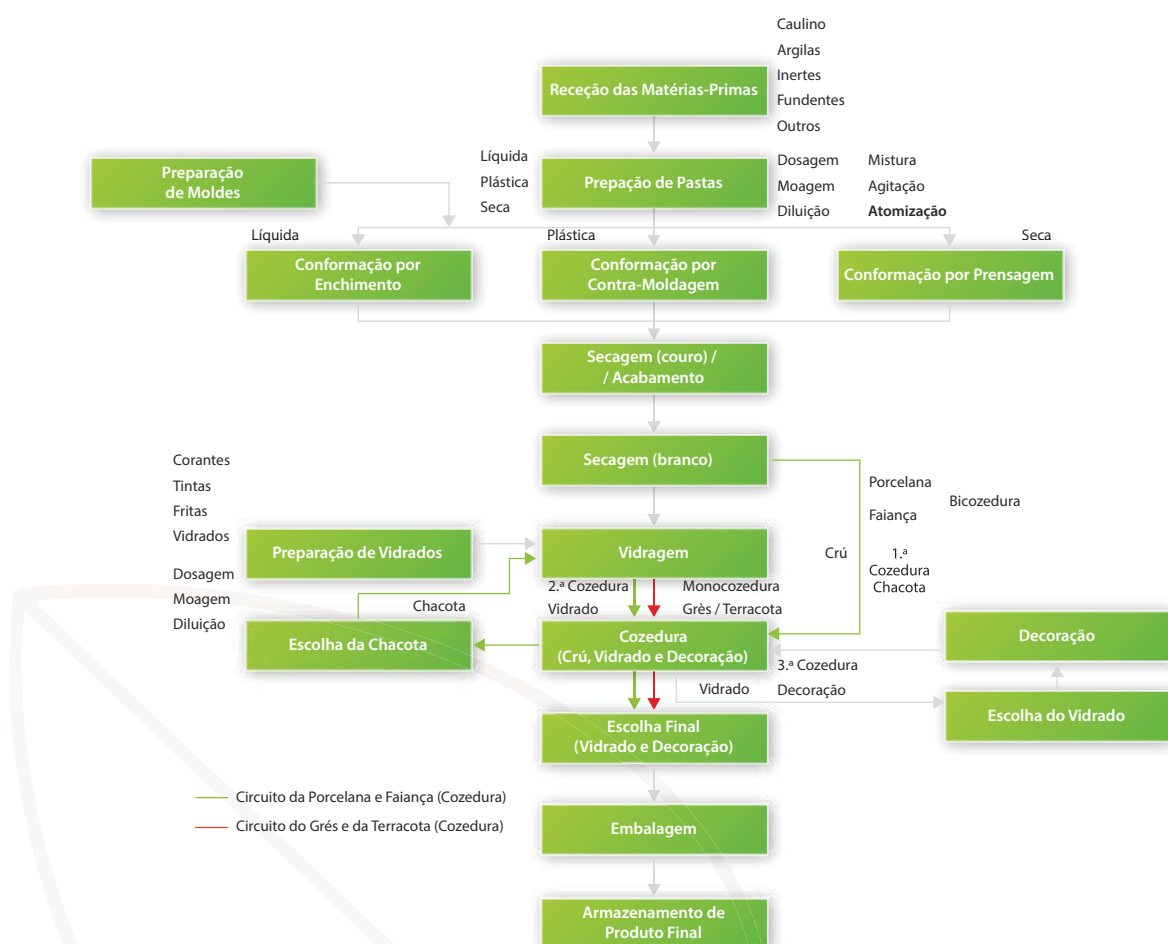


Figura 36 - Exemplo de diagrama esquemático do processo de produção de louça utilitária e decorativa

Preparação de Pasta (incluindo a filtragem)

As pastas são adquiridas em função da tipologia de isoladores a produzir para que possam ser cumpridas as características de resistência que são exigidas.

Existem também as pastas preparadas internamente que são misturas das pastas novas com os aproveitamentos dos subprodutos reciclados (recuperados ao longo de grande parte do circuito de produção) designadas por “atacagem”.

Na Preparação de Pasta são efetuados os procedimentos e operações de preparação da atacagem em diluidores e turbodiluidores, controlo e receção e armazenagem das pastas novas, a preparação e a execução das misturas de pasta (nova e atacagem) nos tanques misturadores que abastecem os filtros prensa e todo o processo de obtenção das pastas para a amassadura (extrusão). Na filtragem é removida a maior parte da água resultando as “lapas” (“patelas” de pasta com o formato dos “pratos” do filtro) com a consistência desejada.

Extrusão (amassadura)

Na amassadura por extrusão são produzidos os rolos ("charutos") de diversas dimensões a partir das "lapas" que são para utilizar posteriormente no fabrico dos diferentes tipos de isoladores. Estes rolos têm de estar em condições de perfeita homogeneidade, que mantenham as características uniformes e idênticas (quer durante a extração de um dado rolo quer para todos os rolos) e seja em termos de densidade, dureza e humidade.

Pré-secagem

Os rolos retirados das extrusoras são cortados à medida adequada, de modo à peça poder ser trabalhada num torno, segue-se a pré-secagem elétrica, realizada por condução de corrente nos próprios rolos, para ser reduzida a humidade. Esta pré-secagem deve permitir reduzir a humidade de 20-21% para cerca de 17-18% devendo esta operação ser efetuada em ambiente relativamente húmido e de forma razoavelmente lenta para que a remoção de humidade se dê de forma uniforme em todo o rolo (quer ao longo do seu comprimento quer da sua profundidade).

Conformação (torneamento)

As peças são moldadas manualmente, semiautomaticamente e em sistemas robotizados por meio de tornos, conferindo-lhes a forma final característica dos isoladores cerâmicos.

Secagem

Após a conformação segue-se a operação de secagem, normalmente em secadores de câmaras estáticas, em ciclo completo de acordo com programas pré-definidos para a remoção da humidade que possuem (de cerca de 15% para cerca de 1%).

Vidragem

Os isoladores são movimentados normalmente por

meio de ponte rolante ao longo da linha (depende da dimensão), são inspecionados e limpos de impurezas (esponjados se necessário) antes de serem mergulhados na tina de vidragem, sendo-lhes posteriormente aplicados os acabamentos finais (granitado das extremidades, ...). Os banhos dos vidrados são preparados (depende da atividade da linha) e são mantidos permanentemente em circulação.

Cozedura

As peças são cozidas em fornos intermitentes de grandes dimensões com controlo da atmosfera de cozedura. A temperatura de cozedura atinge normalmente cerca dos 1200°C.

Escolha, embalagem e armazenagem

Os isoladores cozidos são inspecionados na escolha, submetidos às operações finais de retificação, envolvendo o corte das "patelas" (que funcionam como bases de suporte ao longo de parte do circuito de fabrico), de aplicação de ferragens (se for o caso) e a testes e ensaios para a verificação das características dos produtos (conforme as especificações dos mesmos).

Normalmente uma grande parte dos isoladores leva as ferragens montadas, segue-se a respetiva embalagem que depende do tipo de isoladores, pode adotar diferentes soluções, sendo que em regra envolve a respetiva colocação em caixas de madeira, para seguirem devidamente acondicionados.

A produção de refratários (tijolos) por via plástica (extrudidos ou prensados) e por via seca (prensagem) são processos análogos à produção de produtos de cerâmica estrutural (*vide* Descrição do processo tecnológico - Cerâmica Construção – Estrutural e Acabamentos).

Na Figura 37 é apresentado um diagrama esquemático com um exemplo do processo produtivo da Cerâmica Técnica – Processo de Produção de isoladores elétricos de média e alta tensão.

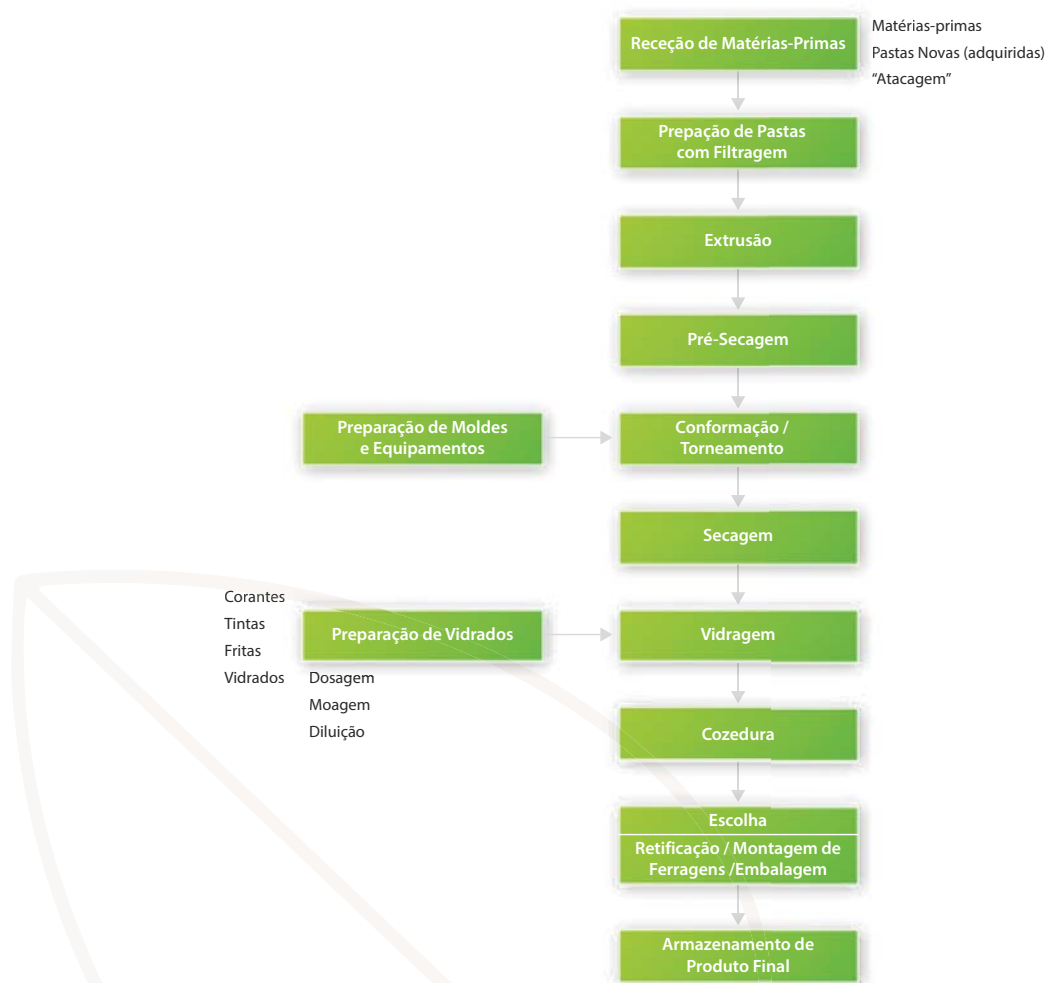


Figura 37 - Exemplo de diagrama esquemático do processo de produção de isoladores elétricos de média e alta tensão





3. Principais consumidores de energia na Cerâmica

3. Principais Consumidores de Energia na Cerâmica

A indústria cerâmica representa atualmente um dos grandes consumidores energéticos em Portugal, pelo que este setor se domina como consumidor intensivo de energia. A quase totalidade dos seus consumos devem-se a energia térmica e elétrica. A primeira, que corresponde à maior parte do consumo, é utilizada em processos que se destacam pela sua maior necessidade energética, tais como a atomização, a secagem e a cozedura. Já a energia elétrica, representando uma parte mais pequena do consumo, é utilizada maioritariamente em motores e equipamentos do processo, iluminação, sistemas de produção de ar comprimido, ventilação e despoeiramento.

No presente capítulo, e de modo a se poder otimizar a sua utilização, será fundamental numa fase inicial descrever os principais consumidores de energia, que neste caso serão os térmicos.

3.1. Equipamentos e Processos

3.1.1. Atomizadores

A atomização consiste num processo de secagem da pasta líquida (barbotina) para produção de pó, que é frequentemente utilizado na indústria cerâmica de pavimento, revestimento e louça.

No interior de uma câmara aquecida, que neste caso será o atomizador, dar-se-á lugar à produção de partículas secas a partir da pulverização da barbotina. Sendo que a barbotina é uma suspensão aquosa de partículas sólidas, ao entrar no sistema de evaporação de água, é atravessada por uma corrente de ar quente, secando-a de forma quase instantânea. O pó atomizado, agora sob a forma sólida, fica depositado no fundo do atomizador, onde posteriormente será recolhido para as seguintes fases de conformação. Já as partí-

culas de menor dimensão que possam estar suspensas no ar de secagem do atomizador são recuperadas num sistema de separação por ciclones, contribuindo assim para uma melhor eficiência do processo. O ar de secagem utilizado pode ser proveniente de geradores de ar quente com queima direta ou ser fruto da recuperação do ar de arrefecimento de fornos industriais.

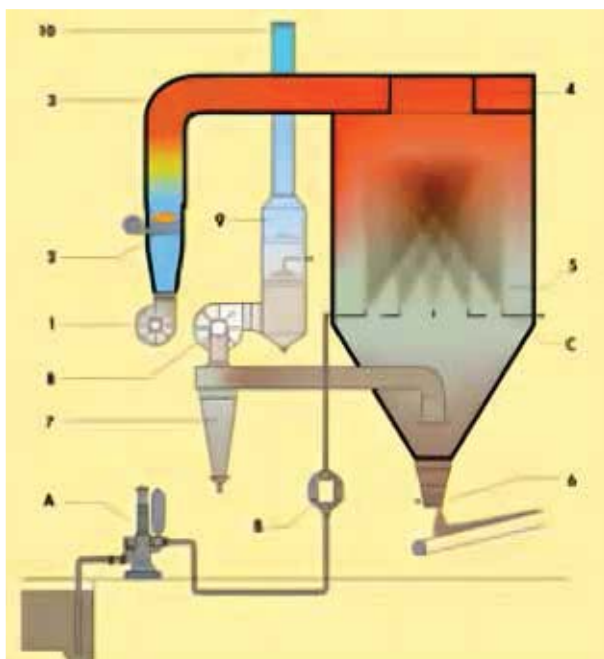
A Figura 38 apresenta o aspeto geral de um atomizador utilizado na produção de pó para fabricação de pavimento no sub-setor cerâmica estrutural de acabamento.



Figura 38 - Atomizador (fonte: SACMI)

A Figura 39 representa, de forma esquemática, o funcionamento do atomizador, considerando que a produção do ar de secagem provém de um queimador. Aqui está retratado todo o ciclo de operações, desde a

chegada da barbotina, a evaporação inerente ao processo e o pó resultante, destinado à prensagem na secção de conformação.



Legenda:

1. Bomba de alimentação
2. Controle da bomba de alimentação da barbotina
3. Filtro
4. Anel porta injetores
5. Torre de secagem da pasta líquida
6. Válvula de descarga de pó seco
7. Ciclones separadores (reciclagem de finos)
8. Queimador
9. Pressurizador
10. Gerador de ar e gases quentes
11. Condução dos gases quentes para a secagem
12. Distribuidor anelar de ar quente
13. Dispositivo de controle da humidade
14. Ventilador centrífugo da exaustão de humidades
15. Chaminé (Exaustão de humidades)

Figura 39 - Esquema de funcionamento de um atomizador (fonte: SACMI)

3.1.2. Secadores

Terminado o processo de conformação, a água contida na pasta deixa de ter utilidade, pelo que se torna necessário eliminá-la para que o posterior processo de cozedura decorra da forma mais eficiente.

Como tal, a secagem deve ser feita de forma gradual e evaporando a maior quantidade possível de humidade. Nesse sentido, as peças cerâmicas geralmente circulam em contracorrente com o ar de secagem no interior do secador. À entrada dos produtos, o ar na câmara de secagem encontra-se mais saturado e a temperatura mais baixa, visto que as necessidades térmicas não são tão elevadas. Já no final do secador, a temperatura é mais elevada e promove a melhor

transferência de calor e evaporação da água, mitigando possíveis defeitos nas peças.

Na indústria cerâmica, podemos deparar-nos com uma vasta variedade de secadores, cada um com diferentes tecnologias ou configurações, dependendo do tipo de produto a secar.

Além disso, a sua eficiência energética é bastante diversa, podendo começar nas 1280 kcal/kg de produto seco até às 3500 kcal/kg. Os principais fatores decisivos para esta variedade são a massa do produto, a sua velocidade, temperatura de secagem e quantidade de água a retirar.

De seguida, serão apresentadas as variantes mais comuns de secadores na indústria cerâmica:

Secadores rápidos

Vulgarmente utilizados para a secagem de tijolos, telhas ou abobadilha, os secadores rápidos contínuos caracterizam-se não só pela existência de uma grande velocidade de evaporação superficial, mas também pela possibilidade de formação de grandes gradientes de humidade e de contração no produto. A duração dos ciclos de secagem rápida depende do tipo de produto a secar.

Se o produto assim o necessite, podem ser implementadas medidas de melhoria do processo de secagem, tais como:

- Aumento da superfície de evaporação, conseguido através da introdução de calor em pontos intermédios do secador;
- Criação de uma ou mais passagens do produto por câmaras com condições distintas de secagem.



Figura 40 - Secador rápido "Anjou" (fonte: MARCHELUZZO)

Secadores horizontais de rolos

Frequentemente utilizados para a secagem de diversos formatos no pavimento e revestimento, os secadores horizontais de rolos têm a particularidade de serem modulares, o que permite o seu dimensiona-

mento consoante a capacidade produtiva desejada.

Podem ter um ou mais planos de avanço com a particularidade da sua disposição ficar em "linha" com um forno cerâmico. O sistema de recirculação de ar costuma ser regulável mediante fechos colocados nos bocais de entrada das tubagens externas e por uma série de defletores reguláveis, dispostos ao longo dos canais internos do secador. Na sua composição, é frequente encontrar-se um ventilador centrífugo de recirculação, um queimador modular automático, uma válvula reguladora de tomada de ar ambiente e as válvulas de regulação nas tubagens de recirculação.



Figura 41 - Secador horizontal de rolos (fonte: SACMI)

Secadores rápidos verticais de prateleiras

Sendo dos tipos mais usados na secagem de azulejos, os secadores rápidos verticais de prateleiras conseguem maximizar a secagem de grandes quantidades de peças ao realizarem o processo de forma vertical. A sua utilização é mais vantajosa para este tipo de peças pois o seu formato permite um aumento da sua capacidade de carga. O sistema de introdução do material realiza-se num único nível mediante a rotação simultânea dos rolos do plano de carga e descarga, resultando numa melhor envolvência do ar no interior e numa maior uniformidade de temperatura. Apesar da

geometria atípica, estes secadores também estão preparados para receber ar quente recuperado de outras fases do processo.

A secagem pode ser decomposta em três etapas, ambas de ajuste independente:

1ª Etapa: O produto a secar é imediatamente levado à temperatura de secagem através de um fluxo de ar quente proveniente do gerador térmico;

2ª Etapa: A fase de secagem com ar quente continua agora proveniente do 2.º gerador térmico, podendo ser recirculado ou não, dependendo da temperatura existente no secador e da temperatura de secagem requerida pelo produto;

3ª Etapa: O ar de secagem flui com características de temperatura controladas, conseguidas mediante a mistura de ar quente e frio na zona inferior do secador.

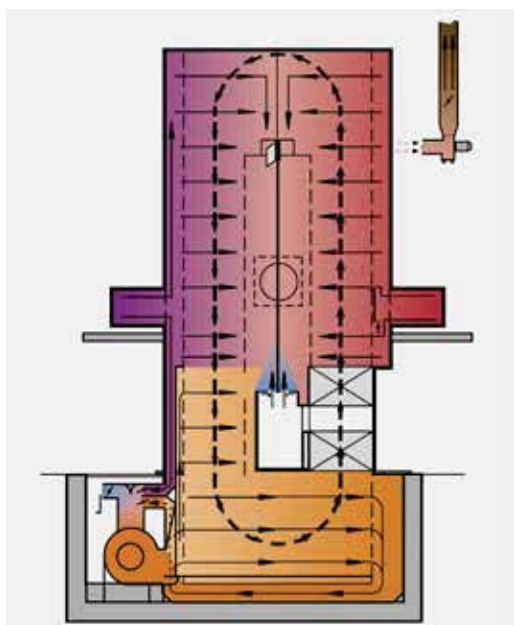


Figura 42 - Esquema de circulação de ar dentro de um secador rápido vertical (fonte: SACMI)

Secadores de túnel

Também constituídos por vários módulos, os secadores de túnel apresentam uma composição modular disposta num túnel, através do qual o material a secar, colocado em vagonas com prateleiras, percorre o secador de um extremo ao outro. No seu interior, o material fica sujeito a uma variação de temperatura e humidade, onde o ar quente circula em contracorrente e sob a agitação de ventiladores colocados em cada um dos módulos.

É frequente verificar-se uma recirculação do ar quente, permitindo uma utilização mais eficiente da quantidade de ar aquecida para a secagem. No entanto, os consumos deste tipo de secadores podem variar muito, dependendo do tipo de material a secar.

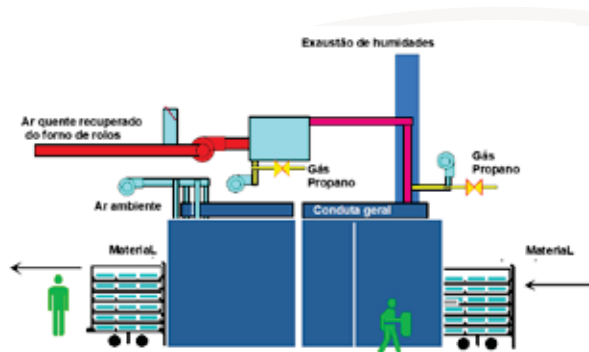


Figura 43 - Diagrama de um secador de túnel

Secadores Estáticos de Câmaras

Muito utilizados no setor de louça utilitária, decorativa e sanitária, os secadores estáticos de câmaras são uma das formas de secagem mais flexível que existe. Dada a independência de condições no interior de cada câmara, é possível utilizar diferentes condições para diferentes produtos, o que representa uma importante vantagem em relação a outros tipos de secadores.

Consistem num conjunto de câmaras de secagem independentes na sua regulação, onde não é o material

a secar que se desloca ao longo do secador, mas é sim o ar quente a ser insuflado sobre o material com a ajuda de ventiladores fixos. A sua distribuição é depois feita a partir de entradas no teto das câmaras por coletores de distribuição. Em situações particulares, podem ser instalados ventiladores móveis, com a função de se poderem deslocar ao longo da câmara para homogeneizar as condições de secagem.



Figura 44 - Exemplo de um secador estático com várias câmaras (fonte: SOTELHA)

ris. Caracterizam-se por permitirem uma grande versatilidade de produtos e pelas altas densidades de carga que se conseguem obter nas vagonas. De acordo com o sistema de queima usado, os fornos de túnel podem ser de queima direta ou indireta. Além disso, estão adaptados a temperaturas e produções elevadas, algo que os torna muito desejáveis na cozedura de louça sanitária e porcelana, e vidrado de azulejos e louça.



Figura 45 - Exemplo de forno contínuo de túnel (fonte: SACMI)

3.1.3. Fornos

O processo de cozedura toma lugar nos fornos, onde o material pode surgir do final do processo de secagem ou de cozeduras prévias, tais como cozeduras de vidro ou de decoração. É nesta fase que o material sofre as diversas transformações físicas e químicas que lhe conferem as propriedades exigidas tais como a baixa absorção de água, elevada resistência mecânica e alta durabilidade, entre outras. Consoante a tipologia de produtos a cozer, ou as especificidades pretendidas para a cozedura, existem também vários tipos de fornos, de funcionamento contínuo ou intermitente.

Fornos Contínuos de Túnel

São fornos de funcionamento em contínuo onde os produtos são transportados em vagonas, que depois irão percorrer toda a extensão do forno através de car-

Fornos Contínuos de Rolos

São fornos semelhantes ao de túnel, com a particularidade da movimentação do material ser feita através do transporte sobre um tapete de rolos de material refratário. Tal como os anteriores, também estes estão adaptados a temperaturas produções elevadas, sendo que a principal característica que os distingue reside no formato das peças a cozer.

Fornos Intermitentes

Os fornos intermitentes que, tal como o nome indica, apresentam um regime de funcionamento do tipo on-off, ou seja, procedem à cozedura de uma determinada quantidade de material num determinado período. A juntar a isso, demonstram grande flexibilidade no que diz respeito ao tipo de produto a cozer e às temperaturas e ciclos de cozedura que podem efetuar.



Figura 46 - Exemplo de um forno de rolos (fonte: INDUZIR)



Figura 47 - Exemplo de um forno intermitente (fonte: INDUZIR)

menos atrativo que o dos fornos contínuos, dado que este calor não se encontra disponível de uma forma contínua e, muitas vezes, os períodos em que efetivamente se encontra disponível poderem não coincidir com os das necessidades. Contudo, e tal como também acontece nos fornos contínuos, o calor perdido pode ser usado como ar de combustão pré-aquecido.

Normalmente, o seu aquecimento dá-se por queima direta de gás natural, propano ou, em casos muito específicos, biomassa. O seu interior costuma ser revestido por tijolo refratário ou fibra cerâmica. O reaproveitamento do calor dissipado por estes fornos para os processos de secagem ou aquecimento ambiente é

4. Levantamento de Dados e Diagnósticos Energéticos

4. Levantamento de Dados e Diagnósticos Energéticos

Procedeu-se à realização de diagnósticos energéticos a empresas ligadas ao setor cerâmico, com consumos inferiores a 500 tep/ano. Este valor representa o limite definido pela DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia, a partir do qual as empresas passam a estar abrangidas pelo SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia. Para estas, é obrigatória a realização de um Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn), onde é exigido que se comprometem a reduzir os seus indicadores energéticos, nomeadamente entre 4% a 6% o Consumo Específico (CE) e a Intensidade Energética (IE), mantendo constante a Intensidade Carbónica (IC). Como as instalações abaixo dos 500 tep/ano não têm essa imposição, a realização destes diagnósticos teve especial importância na medida em que permitiu a obtenção de um estudo e análise da sua situação energética, que de outro modo, à partida, não seria obtido. No entanto, estas empresas podem, em regime voluntário, aplicar o SGCIE e celebrar Acordos de Racionalização do Consumo de Energia com a DGEG.

Após tratamento da informação disponibilizada, os diagnósticos resultaram em relatórios individuais, entregues a cada uma das empresas, onde não só está presente o tratamento dos indicadores energéticos no ano de referência, como também a evolução dos seus consumos face aos seus índices de produção, o levantamento dos principais consumidores de energia e uma análise de potenciais medidas de racionalização de energia, que implementadas revelariam poupanças interessantes. De salientar que as referidas medidas apresentadas consideram uma manutenção da capacidade produtiva da instalação.

4.1. Processo Metodológico

Com o intuito de simplificar a realização dos trabalhos

e de clareza na leitura dos relatórios, a recolha e tratamento dos dados seguiu as diretrizes utilizadas no âmbito das auditorias energéticas do SGCIE, em que todos os dados solicitados tiveram como referência o ano de 2021. Assim, foram efetuadas as seguintes etapas:

Etapla 1: Consiste na elaboração de uma *checklist* que servisse como guia na obtenção da informação necessária ao relatório. Aqui, o objetivo é definir, a priori, quais serão os principais elementos sobre os quais devemos focar a nossa atenção, de modo a tornar o trabalho mais simples e unidirecional.

Etapla 2: Recolha da informação listada no documento acima referido, dos quais se destacam:

a. Elementos Descritivos: A cada empresa, foi efetuado um levantamento da sua identificação e respetiva atividade, bem como do seu processo produtivo.

b. Elementos Produtivos: Requisição da produção mensal da empresa, em toneladas, ao longo do ano de referência.

c. Elementos Financeiros: Obtenção do resultado final da atividade produtiva, que se entende como o valor acrescentado bruto (VAB), no decurso de 2021, e resulta da diferença entre o somatório dos proveitos e o somatório dos custos.

d. Elementos Energéticos: Faturas energéticas do ano de 2021, de modo a traçar o seu perfil de consumos. Foram também realizados levantamentos no local, tais como a listagem completa da iluminação e dos motores elétricos.

e. Elementos Adicionais: De forma adicional, e consoante os equipamentos existentes em cada empresa, foi avaliada a necessidade de análises termográficas e verificações de fugas no circuito de ar comprimido. Além disso, todas as empresas

foram abordadas no sentido de disponibilizarem quaisquer estudos e/ou orçamentos relacionados com a implementação de medidas de eficiência energética.

f. Medições: Medição dos consumos elétricos totais das empresas com recurso a um analisador de redes trifásico. Foi realizado, em cada empresa, durante uma semana, com o registo das características da rede elétrica distribuída pelo Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) com períodos de integração de 15 minutos.

Etapa 3: Cálculos de três indicadores energéticos:

a. Consumo Específico (CE): Representa o quociente entre o consumo total anual de energia (C) e a capacidade produtiva anual da empresa (P).

$$CE = \frac{C}{P} [kgep/t]$$

b. Intensidade Energética (IE): Representa o quociente entre o consumo total anual de energia (C) e o valor acrescentado bruto no ano correspondente (VAB).

$$IE = \frac{C}{VAB} [kgep/€]$$

c. Intensidade Carbónica (IC): Representa o quociente entre a quantidade anual de gases com efeito de estufa (GEE) e o consumo total anual de energia (C).

$$IC = \frac{GEE}{C} [kgCO_2e/tep]$$

Etapa 4: Identificação de possíveis oportunidades de melhoria no que diz respeito à eficiência energética. Esta foi uma das fases mais importantes, pois envolveu uma análise detalhada de toda a informação recolhida. Apenas através de visitas in loco e do tratamento dos elementos da etapa 2 é que se conseguiria traçar o panorama geral dos fluxos de energia e matéria no seio da empresa, permitindo uma relação entre

os dois, de modo a minimizar as perdas totais. Não só foi dada especial atenção à redução dos consumos térmicos e elétricos, que são as principais fontes de consumo na indústria cerâmica, como também à integração de energias renováveis. As empresas tiveram as suas economias e poupanças estimadas, por medida, sendo que as últimas, além de contabilizadas em unidades energéticas, também surgem em unidades financeiras. Por último, foram calculados os períodos de retorno estimados para os diversos investimentos.

Etapa 5: A etapa final consiste no envio dos relatórios de diagnóstico às respetivas empresas. Numa fase inicial, foi enviado um *draft* para que a empresa pudessem analisar e sugerir demonstrar o seu parecer face a alguma alteração/correção que gostasse de ver feita. Após validação foi enviada, a cada empresa, a versão final do documento.

Em termos de composição, os relatórios seguem a mesma base dos relatórios de auditoria energética no âmbito do SGCIE, onde se apresentam capítulos descritivos da empresa, do seu processo produtivo, da evolução dos seus consumos e dos principais consumidores de energia, bem como medições e levantamentos efetuados. A última parte inclui a lista de potenciais medidas, devidamente detalhadas, com análise das poupanças geradas e dos retornos dos investimentos, bem como do impacto que a implementação dessas mesmas medidas teria nos seus indicadores energéticos, calculados na etapa 3.

4.2. Medidas de Racionalização Energética

Neste subcapítulo, serão abordados os principais pontos de interesse em termos de medidas de eficiência energética e utilização racional de energia, agrupadas por equipamentos ou processos de forma a tornar mais fácil a leitura e posterior identificação. Aquando da execução dos diagnósticos, foram estas as sugestões apresentadas às empresas.

4.2.1. Gestão Energética

A gestão energética deve começar pela recolha de elementos relativos aos consumos e produções dos diversos setores produtivos, correspondentes a intervalos de tempo o mais reduzido possível. O controlo destes dados potenciará importantes economias de energia, a deteção de eventuais anomalias no sistema produtivo e a previsão de consumos, que será tanto mais fiável quanto mais curtos forem os intervalos de tempo de análise.

É frequente encontrarem-se instalações com determinados equipamentos ou setores responsáveis por uma grande parte do consumo global de energia, sem que tenham contadores instalados, impossibilitando a determinação dos respetivos consumos específicos bem como a deteção de situações de consumos anómalos.

Contratação e faturação energética

Na indústria cerâmica, as formas de energia mais consumidas são a energia térmica e a elétrica, pelo que deve ser feita uma análise para determinar quais as fontes de energia mais adequadas ao processo produtivo, não só do ponto de vista técnico, mas também dos pontos de vista económico e ambiental. Depois, é preciso estudar a modalidade de contratação, analisando a possibilidade de pertencer a tarifas reguladas ou às do mercado liberalizado. É fundamental estar capacitado de um conhecimento suficientemente amplo das características técnicas, económicas, comerciais e legais adjacentes ao mercado energético, sendo recomendável a existência de um gestor de energia na empresa, caso contrário haverá necessidade de recorrer a um especialista externo.

No final destas decisões, ainda há trabalho pela frente. Deve realizar-se, de forma periódica, uma análise da faturação respeitante à energia consumida, comprovando se é a mais adequada em função das diferentes modalidades de preços.

Medida 1 – Contratação de Gás Natural

Ajustar de forma adequada a tarifa ao consumo diário de gás.

Para as empresas com consumos inferiores a 2 000 000 m³(n), o termo fixo da fatura está diretamente relacionado com o caudal máximo de gás e o tipo de contador instalado. Deste modo recomenda-se que a escolha do escalão de pressão seja a mais ajustada possível às condições reais de laboração.

No caso de consumos superiores a 2 000 000 m³(n)/ano, a potência máxima diária contratada é ajustada por um valor entre os 80% e 105% do consumo de gás diário.

Medida 2 – Alteração dos consumos de Energia Elétrica

Analisar a possibilidade de alterar os consumos das horas de ponta e cheia, que são os que apresentam custos unitários mais elevados, para horas de vazio e super vazio, se for o caso, pelo motivo inverso.

Caso não seja possível deve-se analisar a possibilidade de alterar o comercializador para um que tenha tarifários que sejam mais vantajosos para o perfil de consumos da empresa.

Medida 3 – Contratação de Energia Elétrica

Analisar se a tarifa elétrica contratada é a mais adequada ao perfil de consumo, selecionando o maior nível de tensão de entrega possível, já que, neste caso, os termos de potência e de energia são menores que em Baixa Tensão (BT).

Pode ser interessante optar por tarifas com custos unitários de energia e potência mais adequados, sendo necessário fazer uma simulação com base nos consumos registados num período de 12 meses, de forma a se verificar qual a opção mais económica financeiramente.

Medida 4 – Ajuste do Fator de Potência

Corrigir o fator de potência e ajustá-lo para o valor mais elevado possível, mantendo-o sempre acima de 0,93. Ou seja, manter a Tangente $\phi < 0,4$, de acordo com a seguinte equação:

$$\frac{\text{kVarh}}{\text{kWh}_{\text{H.Ponta}} + \text{kWh}_{\text{H.Cheias}}} < 0,4$$

Cálculo de indicadores energéticos e económicos

É fundamental definir e calcular indicadores energéticos e económicos de forma periódica, podendo não só conhecer com pormenor o estado de cada processo, como comparar processos semelhantes em empresas análogas, e, mais importante, comparar com diferentes períodos temporais, no sentido de estudar a evolução do mesmo. No universo dos indicadores, ainda podemos classificá-los como:

• Indicadores absolutos

- Potência total instalada por processo;
- Número de horas de funcionamento.

• Indicadores relativos

- Potência elétrica instalada por unidade de produção.
- Consumo de energia por unidade de produção.
- Intensidade Energética.

Implementação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE)

Um Sistema de Gestão de Energia permite ter uma visão global e centralizada do estado de funcionamento de toda a instalação, possibilitando a atuação sobre diversos pontos em tempo real ou num tempo programado. Através da monitorização constante dos valores de produção e dos consumos de energia, conseguem-se definir valores de referência em relação aos quais é possível detetar eventuais desvios e estabelecer, posteriormente, metas de redução dos consumos energéticos.



Figura 48 - Diferentes tipos de Sistemas de Gestão de Energia

A implementação deste sistema permite poupanças ao nível da eficiência energética que conduzem a períodos de retorno do investimento relativamente rápidos, com economias que podem atingir valores até 2% do consumo total da energia monitorizada. No entanto, importa reforçar que não é apenas o sistema que trará poupanças, mas sim a consulta regular do mesmo por parte de um técnico ou gestor de energia da empresa.

Como principais vantagens na implementação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) podemos ter:

- Monitorização e controlo total da instalação e dos principais equipamentos;
- Otimização dos custos associados à instalação e aos equipamentos;
- Rigor no controlo dos indicadores e na contabilidade energética;
- Interligação com a Gestão da Manutenção.

Implementação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) segundo a ISO 50001

A certificação de um Sistema de Gestão de Energia em conformidade com a norma ISO 50001 apoia as empresas na implementação de uma política energética robusta e na gestão eficiente dos aspetos energéticos decorrentes da sua atividade. Este processo resulta numa poupança efetiva e quantificável dos custos energéticos.

A ISO 50001 disponibiliza as ferramentas necessárias para identificar os setores com maior consumo de energia, os quais representam uma “fuga energética e económica”. Uma vez identificados, é implementado um plano de medidas destinado a minimizar os consumos energéticos de forma integrada, maximizando simultaneamente a eficiência energética. Este procedimento contribui para uma utilização eficiente e mais sustentável da energia, auferindo a máxima confiança no sistema de gestão.



Figura 49 - Vantagens da implementação de um Sistema de Gestão de Energia de acordo com a ISO 50001

4.2.2. Energia Reativa

A potência reativa (Q) representa um tipo de energia que não é desejada na rede elétrica, pelo que a sua presença deve ser limitada. A sua existência gera perdas energéticas na forma de calor por efeito de Joule e obriga ao sobredimensionamento desnecessário da rede elétrica. Com base nisto, os comercializadores de energia elétrica (de acordo com a legislação vigente), penalizam o excessivo consumo de energia reativa, dando lugar na faturação elétrica a uma taxa adicional.

O fator de potência ($\cos \varphi$) é o parâmetro que permite determinar a fração de energia ativa na instalação elétrica e, consequentemente, a energia reativa. Representa o quociente entre a potência ativa (P) e a aparente (S), sendo φ o ângulo de defasamento da intensidade relativamente à voltagem da corrente alternada utilizada. Quanto maior for o fator de potência, maior é a fração de potência ativa da instalação. Atualmente, se o fator de potência for inferior a 0,93 a fatura elétrica sofre um agravamento do preço.

Medida 1 –Compensação de energia reativa

Instalação de baterias de condensadores para mitigar o efeito negativo da energia reativa na rede elétrica e corrigir/aumentar o fator de potência.

Este tipo de compensação local apresenta as seguintes vantagens:

- Diminuição das variações de tensão;
- Diminuição das perdas por efeito de Joule;
- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Utilização racional da energia consumida;
- Eliminação da energia reativa na fatura de energia.

No entanto, a colocação de baterias de condensadores deve ser sempre acompanhada de um estudo de viabilidade económica, mesmo que em situações com fatores de potência inferiores a 0,93 originem períodos de retorno do investimento muito baixos.

4.2.3. Motores Elétricos

Os motores elétricos são os responsáveis pelo movimento do processo produtivo, presentes em inúmeras situações, e são os maiores consumidores de energia elétrica na indústria cerâmica. Por isso, a sua operação e conservação representa um campo importante de oportunidades para a poupança de energia, traduzindo-se numa redução dos custos de produção e num aumento de competitividade.

Atualmente, o custo de operação de um motor elétrico situa-se entre 70% a 95% dos custos totais, o custo de aquisição geralmente é inferior a 3% e o custo de manutenção situam-se entre 2% a 30%, dependendo do número de intervenções não planeadas.

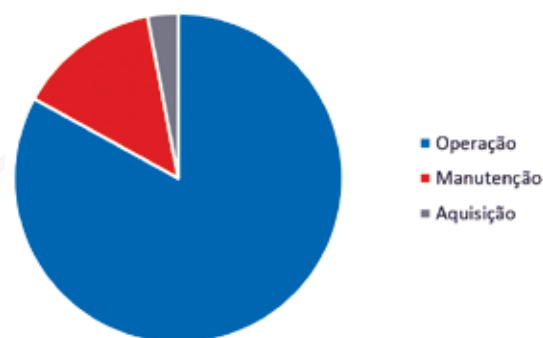


Figura 50 - Representação típica dos custos associados aos motores elétricos

O rendimento de um motor elétrico é a medida da sua capacidade para converter a potência elétrica fornecida em potência mecânica útil:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Potência útil}}{\text{Potência fornecida}} \times 100$$

No processo de conversão de energia elétrica em mecânica, nem toda a energia fornecida pelo motor é convertida em energia mecânica, pois existiram sempre perdas. Mais concretamente, perdas por efeito de Joule ou por histerese. Logo, o rendimento nunca será igual a 100%. A somar a isto, se as condições de opera-

ção do motor estiverem incorretas ou se este apresentar alguma imperfeição, a magnitude das perdas pode superar em muito os valores esperados. Em termos gerais, um motor converte cerca de 85% da sua energia elétrica em energia mecânica, perdendo 15% no processo de conversão pelos motivos acima expostos.

Apesar de não produzir trabalho, a energia perdida no processo também é paga, pelo que a sua mitigação é de extrema importância.

Devem-se introduzir critérios de eficiência no momento da aquisição ou substituição de motores. Utilizar motores com mais eficiência, que atualmente podem apresentar rendimentos na ordem dos 97%, reduz as perdas e os custos de operação. Ainda que requeiram um maior investimento, motores de classes de eficiência altas permitem retornos de investimento mais rápidos, reduzindo de forma global os custos de operação. Além disso, apresentam como vantagens adicionais:

- Menores perdas e consumos;
- Rendimento e fiabilidade superiores;
- Amortizações mais curtas;
- Suportam melhor as variações de tensão e as harmónicas.
- Fator de potência sensivelmente maior.
- Operação mais silenciosa.



Figura 51 - Exemplo de motores de elevada eficiência (fonte: WEG)

Segundo a eficiência energética dos motores elétricos, estes classificam-se como:

- IE1: Motores de eficiência normal;
- IE2: Motores de eficiência alta;
- IE3: Motores de eficiência *premium*;
- IE4: Motores de eficiência *super premium*;
- IE5: Motores de eficiência *super premium*.

De seguida, são apresentadas algumas medidas para conseguir uma redução dos custos inerentes aos motores:

Medida 1 – Planeamento de Arranque

Verificar o modo de arranque dos motores e se é realizado de forma sequencial e planificada.

Medida 2 – Tipologia de Arranque

Utilizar arrancadores do tipo estrela-triângulo ou de arranque suave como alternativa aos arrancadores convencionais, em situações onde a carga não necessita de um elevado binário de arranque, sendo mais económicos e eficazes em termos energéticos.

Medida 3 – Variadores Eletrónicos de Velocidade (VEV)

Verificar a existência, ou não, da presença de variadores eletrónicos de velocidade nos motores de indução. Tal como o nome indica, estes equipamentos irão induzir variações de velocidade, originando poupanças energéticas como consequência de um consumo mais adequado à carga exigida, uma diminuição dos picos de potência nos arranques e potenciarão uma redução do *stress* nas partes mecânicas. No entanto, provocam uma diminuição do tempo de vida útil dos motores.



Figura 52 - Fieira a vácuo sem variador eletrônico de velocidade

4.2.4. Iluminação

Medida 1 – Medidas Comportamentais

Promover mudanças de comportamentos no sentido de sensibilizar ao uso consciente da iluminação. Desligar as luzes sempre que não seja necessário ou manter as luminárias e claraboias devidamente limpas de modo a reduzir a necessidade de utilizar iluminação adicional são apenas exemplos de medidas que podem ser difundidas.

Medida 2 – *Retrofit*

Substituição das lâmpadas por outras equivalentes de tecnologia LED, por ser a mais eficiente atualmente, e remoção do balastro e arrancadores (no caso de lâmpadas fluorescentes ou de iodetos metálicos), mantendo a armadura. As lâmpadas LED, em termos gerais, são as que têm a menor perda sob a forma de calor, a menor potência consumida e o maior tempo de vida útil. Em comparação com sistemas de iluminação fluorescentes com balastros convencionais, é possível obter poupanças de consumo energético entre 25% (balastro eletrônico) e 55% (substituição da lâmpada por outra de tecnologia LED). São exemplos típicos a substituição de lâmpadas tubulares fluorescentes de

0.6 m (18 W), 1.2 m (36 W) e 1.5 m (58 W), onde as LED apresentam potências na ordem dos 9 W, 18 W e 22 W, respetivamente. Além disso, a potência associada ao balastro também deixa de existir, aumentando ainda mais o potencial de poupança. Ou então a alteração de campânulas de iodetos metálicos de 250 W e 400 W por campânulas LED de 150 W e 200 W, preservando a estrutura metálica inicial. O *retrofit* costuma ser recomendado quando a iluminação opera mais de 1500 h/ano.

Medida 3 – Substituição Integral

Substituição total de todos os componentes da luminária por componentes novos de tecnologia LED. Também aqui serão possíveis poupanças elevadas, pois lâmpadas LED apresentam uma potência cerca de 50% inferior às equivalentes de outras tecnologias. Já o retorno do investimento poderá ser um pouco mais longo, dada a maior intervenção, mas tal como a medida anterior, costuma ser recomendada quando a iluminação opera mais de 1500 h/ano.

Medida 4 – Ajuste da luminosidade

Verificar os níveis de iluminação nas diferentes zonas de trabalho, reduzindo pontos de luz em zonas pouco frequentadas, como corredores ou casas de banho. Em algumas situações, caso esta medida não possa ser aplicada, pode equacionar-se a substituição do sistema por outro mais adequado.

Medida 5 – Equipamentos acessórios

No sentido de mitigar o efeito do erro humano, neste caso o esquecimento, deve-se analisar a possibilidade de instalar equipamentos acessórios à iluminação, tais como:

- Sensores de presença: Zonas pouco frequentadas (casas de banho, vestiários);
- Interruptores temporizados: Zonas de utilização presencial (armazéns e refeitórios);
- Controladores horários ou células crepusculares

com regulares de fluxo: Zonas exteriores de utilização obrigatória (parque de estacionamento, iluminação periférica);

- *Dimmers*: Os *dimmers* são dispositivos que regulam a intensidade luminosa de uma lâmpada, podendo assim adaptar-se a luminosidade de uma sala em função das necessidades.

Medida 6 – Desagregação da Iluminação

Segmentar os circuitos de iluminação para que sejam apenas acionadas as luminárias que se necessitem, evitando gastos e desperdícios energéticos.

Medida 7 – Outras oportunidades de melhoria

Sempre que seja possível, utilizar cores claras nos interiores das divisões (tetos e paredes), pois estas refletem melhor a luz e diminuem a necessidade de iluminação adicional.

4.2.5. Ar Comprimido

Dado que o ar comprimido representa a segunda forma de energia mais utilizada na indústria transformadora, infelizmente tem o inconveniente de ser a mais cara de produzir e a que, em regra, recebe menos cuidado.



Figura 53 - Compressores para produção de ar comprimido (fonte: Atlas Copco)

Medida 1 – Reconfiguração do circuito

Estudar se o atual sistema de produção de ar comprimido é o mais adequado às necessidades, ou se está ajustado ao layout e equipamentos existentes. Por vezes, a alteração da localização do compressor, e respetivos acessórios, pode significar uma melhoria na disponibilidade de ar comprimido.

Medida 2 – Redução da pressão nominal

Verificar se a atual pressão nominal de ar comprimido está adequada ao regime de consumos e/ou necessidades. Quanto menor for a pressão de serviço, menor serão os consumos energéticos do compressor. Podem ser estudadas numa fase inicial reduções de 0.5 bar a 1 bar no sentido de apurar a manutenção do ar comprimido no circuito. Por cada 1 bar de redução, o consumo do compressor decresce 7%.

Medida 3 – Temperatura de entrada do ar de admissão

Assegurar de que o ar admitido no compressor vem do exterior ou é proveniente da fonte mais fria possível. Por cada 3°C de redução da temperatura do ar admitido no compressor, este vê o seu consumo elétrico reduzir-se em 1%.

Medida 4 – Verificação de fugas

A verificação periódica das fugas de ar comprimido no sistema deverá ser feita, preferencialmente, com as instalações paradas e sem que haja consumo de ar comprimido. No entanto, também podem ser feitas durante o funcionamento normal da fábrica, com recurso a equipamentos de medição que deteta as fugas com base em sensores acústicos. Geralmente, as perdas podem ser da ordem dos 30% a 40% do ar produzido.

Medida 5 - Recuperação do ar quente

Estudar a possibilidade de recuperação do calor residual do compressor, oriundo dos seus processos de refrigeração. Este pode ser canalizado para um permutador para aquecimento de água, ar ou apenas para aquecimento de naves industriais. A recuperação desta energia pode chegar a representar uma poupança anual de até 20% do consumo elétrico do equipamento.

Medida 6 - Utilização racional

Utilizar de forma racional o ar comprimido, aquando da utilização das pistolas ou outros equipamentos.

Medida 7 - Limpeza e Manutenção

Assegurar que os equipamentos constituintes do sistema de produção de ar comprimido estão devidamente limpos e com a manutenção em dia. Apesar do compressor ser o componente principal, também devem ser tidos em consideração os reservatórios, os secadores e os filtros.

4.2.6. Caldeiras

Medida 1 - Dimensionamento

Apurar se o tamanho da caldeira está ajustado às necessidades da empresa, considerando a substituição por um modelo mais pequeno se a atual estiver sobredimensionada ou instalar uma suplementar de menor dimensão para as ocasiões de menor exigência térmica.

Medida 2 - Desagregação

Consoante a tipologia do processo, ponderar uma desagregação de modo que cada caldeira se ocupe unicamente por um tipo de processo. Por exemplo, dispor de duas caldeiras diferentes, sendo que uma permaneça no processo produtivo e a outra exclusi-



Figura 54 - Caldeira de produção de vapor (fonte: Icaterm)

vamente para climatização. Assim, pode-se desligar a caldeira de climatização nos períodos em que não se justifique, reduzindo os custos energéticos.

Medida 3 - Manutenção

Evitar perdas desnecessárias de energia térmica, realizando manutenções periódicas no sentido de retificar o correto isolamento da caldeira e de todas as tubagens de distribuição, válvulas e acoplamentos.

Medida 4 - Rendimento

Estudar a escolha mais correta do combustível a usar e, caso necessário, a possibilidade de substituir o tipo de combustível usado em função das características do processo e dos equipamentos disponíveis. Em termos gerais, o combustível mais eficiente continua a ser o gás natural, com níveis de rendimento superiores ao de outras equivalentes com outros combustíveis, reduzindo as emissões de CO₂ e de contaminantes como o SO₂.

4.2.7. Fornos Cerâmicos

Medida 1 – Contadores

Instalar contadores de gás, ou elétricos se for o caso, no sentido de permitir a visualização e possível registo dos consumos reais dos fornos.



Figura 55 - Forno intermitente (fonte: INDUZIR)

Medida 2 – Retrofit / Substituição

Averiguar a viabilidade de uma intervenção (*retrofit*) aos fornos, alterando-os significativamente através da implementação de novos sistemas de alta eficiência de combustão e regulação, bem como uma revisão ao seu isolamento. Se, porventura, for desejada uma intervenção mais profunda, pode-se proceder a uma substituição por um modelo mais eficiente.

Medida 3 – Tipologia dos queimadores

Nem todos os queimadores são iguais, pelo que é preciso perceber quais as necessidades atuais para melhor escolher os modelos pretendidos. Existem queimadores longos que melhoram a uniformidade do cozimento ao longo da seção do forno de boca larga e em produções com tempos de ciclo muito curtos. Outros favorecem o cozimento localizado das peças late-

rais da carga, perto da parede, e ainda com diferentes comprimentos e formatos para otimizar a distribuição de calor e intensificar ou diluir o efeito de parede. A juntar a isto, é importante também efetuar uma afinação dos queimadores no local, de forma a garantir o máximo de eficiência no processo.

Medida 4 – Densidade de carga

Avaliar a possibilidade de aumentar o número de peças por vagona em cada ciclo de cozedura, contribuindo para o aumento do consumo específico da cozedura e uma redução do consumo energético. No entanto, é importante salientar que uma sobrelotação da vagona pode levar a problemas com a qualidade das peças.

Medida 5 – Tipologia da mobília refratária

O consumo específico do forno está diretamente relacionado com a carga, pelo que uma melhor ocupação do volume interior do forno contribuirá para uma melhoria do seu desempenho energético. Assim, pode-se proceder à substituição da mobília refratária do forno por forma a otimizar a densidade de carga e melhorar o seu consumo específico.

Medida 6 – Otimização da utilização

Evitar que os fornos estejam a funcionar mais tempo do que o necessário, razão por que é preciso conhecer os tempos de aquecimento e cozedura, reduzir os períodos de pré aquecimento e os tempos nos quais permanecem sem carga. Outra situação diz respeito aos tempos de espera entre as cargas do forno. Quando estas sejam superiores a meia hora, aconselha-se o desligar do equipamento, pois se este estiver bem isolado irá conservar-se o calor ao ponto de, quando for necessária a sua utilização, conseguir-se-á novamente a temperatura desejada com menor esforço de energia.

Medida 7 – Otimização das curvas de cozedura

Realizada por técnicos qualificados, é possível estudar

a possibilidade de redução das curvas de cozedura com recurso a técnicas de simulação. Após uma caracterização tecnológica e análises térmicas da pasta, conseguem-se obter reduções significativas nos ciclos de cozedura. A vantagem desta técnica é que é praticamente feita em laboratório, sendo apenas a validação tecnológica final realizada na empresa.

4.2.8. Recuperação de Calor de Equipamentos Térmicos

Medida 1 – Ar de Combustão

O pré-aquecimento do ar de combustão aumenta a temperatura da câmara de combustão e diminui o excesso de ar. Este processo pode fazer-se aproveitando o calor dos gases de combustão, instalando permutadores ar-ar na conduta de exaustão dos gases de fornos, secadores ou caldeiras.



Figura 56 - Sistema de condutas de recuperação de ar quente de um forno para secadores

Medida 2 – Ar de Secagem

O aproveitamento do calor dos gases de exaustão dos fornos permite a redução ou eliminação da necessidade do queimador para aquecimento do ar de secagem em estufas. De salientar que apenas deve ser canali-

zado do forno o ar de arrefecimento, já que, durante o ciclo de aquecimento, ocorrem libertações gasosas que contaminam o ambiente na estufa, degradando as peças.

Medida 3 – Água Quente ou Vapor em Caldeira de Recuperação

Analisar a possibilidade de produzir água quente ou vapor mediante a utilização de caldeiras de recuperação aquecidas a partir do calor dos gases de combustão de alta e média temperatura de fornos ou de caldeiras.

Medida 4 – Água Quente por Permuta de Calor

A água das caldeiras pode ser pré-aquecida através da instalação de permutadores, que permitem aquecer a água recuperando o calor dos gases de combustão. Para isto deve garantir-se que se trata de uma caldeira de condensação, pois disso dependerá a temperatura mínima admissível dos gases de combustão para garantir que não ocorra corrosão nas condutas de exaustão da caldeira. De um modo geral, por cada 1°C de aumento da temperatura da água de alimentação, obtém-se uma diminuição de 4°C da temperatura dos gases de combustão, desde que se mantenham os caudais de massa de ambas as correntes — água e ar — constantes.

Medida 5 – Água Quente em Condensadores de Vapor Residual

Analisar a possibilidade de instalar condensadores de vapor residual para aquecimento de água.

Medida 6 - Manutenção

Analisar a formação de fuligens ou incrustações que atuem como isolantes, reduzindo a eficiência do equipamento produtor de energia térmica. Para as evitar, deve-se estudar a possibilidade de instalar sopradores para as limpezas das superfícies de permuta, en-

quanto se acompanha com a introdução de aditivos ao combustível para reduzir os problemas de sujidade e corrosão nos equipamentos de recuperação.

4.2.9. Isolamento térmico

Medida 1 – Tubagens de Fluido Quente/Frio

Perceber se existe isolamento térmico em tubagens onde circule fluido quente/frio, e se sim, se o isolamento atual está adequado à gama de temperaturas do fluido que por aí circula. Quanto mais isolante for a camada, menores serão as transferências de energia entre o fluido e o meio envolvente, traduzindo-se numa menor necessidade de consumo adicional do equipamento térmico para fazer face às perdas do circuito.



Figura 57 - Aplicação de isolamento térmico em condutas (fonte: va-Q-tec)

4.2.10. Produção de Água Quente

Medida 1 – Painéis Solares Térmicos

Além das medidas de produção de água quente apresentadas no subcapítulo da recuperação de calor, também se pode avaliar a possibilidade da instalação de painéis solares térmicos em ambientes industriais, promovendo a captação de energia solar térmica para o aquecimento da água. Assim, suprime-se parte das necessidades de combustíveis fósseis, normalmente utilizados para este efeito.



Figura 58 - Painéis solares térmicos (fonte: ExtraEnergia)

4.2.11. Produção de Energia Elétrica

Medida 1 – Painéis Solares Fotovoltaicos

Muito comum atualmente, a integração de painéis solares fotovoltaicos, que geralmente se dá na cobertura das naves industriais, tem demonstrando bastante sucesso, na medida em que promove a geração de energia elétrica através da energia solar, complementando as necessidades de eletricidade existentes. Assim, ao aproveitar um espaço que outrora não tinha muita utilidade, a empresa consegue reduzir parte da energia elétrica proveniente da rede, diminuindo os custos energéticos. Além disso, os períodos de retorno são bastante competitivos, com investimentos por norma na casa dos 0,75 €/kWp até a 1 €/kWp.



Figura 59 – Painéis solares fotovoltaicos (fonte: Undel)

4.2.12. Iluminação Solar

Medida 1 – Tubos Solares

Analisar a possibilidade de instalação de iluminação solar como contributo à redução do uso do sistema de iluminação existente, gerando uma poupança no consumo de energia elétrica. O potencial de economia atingido através da implementação de um sistema deste género costuma ser bastante atrativo.



Figura 60 - Esquema de funcionamento de um tubo solar (fonte: CHATRON)

Medida 2 – Cobertura Translúcida

Analisar a viabilidade de substituir parte da cobertura das instalações por uma translúcida, ou similar, com o propósito de a tornar mais translúcida. Assim, a energia solar entrará mais facilmente no interior das divisões, reduzindo a necessidade de utilizar iluminação adicional. No entanto, deve ser sempre acompanhada por um estudo prévio, já que esta substituição poderá acarretar desvantagens adicionais. Por exemplo, se for

feita a substituição numa zona em que existe exposição direta com o solar durante longos períodos do dia, além do desconforto dos colaboradores pelo excesso de luminosidade, pode dar-se origem a um aumento considerável de temperatura. Este, por sua vez, pode obrigar a um acréscimo adicional de consumo de energia para manutenção do conforto térmico.



Figura 61 - Cobertura Translúcida (fonte: ACRILSUL)

4.2.13. Biomassa

Em matéria de geração de energia, a biomassa é considerada como uma energia renovável. Atualmente, certos tipos de biomassa podem ser utilizados como substitutos diretos de alguns combustíveis fósseis. Do ponto de vista industrial, a biomassa é usada principalmente em sistemas de queimadores de fornos e caldeiras. O preço relativamente baixo e a menor emissão de gases de efeito de estufa do que os combustíveis fósseis que substitui são alguns pontos de interesse ao analisar esta forma de energia. No entanto, nem tudo são vantagens, já que possui um poder calorífico menor do que outros combustíveis (é necessário consumir-se mais biomassa para efetuar a mesma libertação de energia) e tem condições de temperatura e humidade específicas, que dificultam o armazenamento.

Medida 1 – Descarbonização

Analisar a possibilidade da substituição de combustíveis fósseis por biomassa, tendo em consideração as características do processo, dos equipamentos disponíveis e a diferença do poder calorífico de ambas formas de energia.

- Uso do calor residual gerado no processo, que pode ser reutilizado nas diferentes aplicações;
- Melhoria de processo de transferência térmica: a bomba de calor pode fornecer controlo de temperatura preciso e estável, melhorando a qualidade e eficiência do processo.

4.2.14. Bomba de Calor

Uma bomba de calor é um equipamento que, tal como uma caldeira, promove o aquecimento de um determinado fluido. No entanto, além de aquecimento, a bomba apresenta a capacidade de também promover o arrefecimento do fluido, pois transfere calor de uma fonte de temperatura mais baixa para um dissipador de temperatura mais alta. Em termos gerais, as bombas de calor permitem:

- Redução das emissões de CO₂: Como consomem energia elétrica, ao invés de gás natural ou propano, no caso de uma caldeira convencional, apresentam emissões equivalentes de gases com efeito de estufa mais baixas. E, quando a sua alimentação é feita a partir de fontes renováveis, como um sistema fotovoltaico, então as reduções são muito significativas;



Figura 62 - Bomba de Calor Industrial (fonte: GEA)

Medida 1 – Descarbonização

Analisar a viabilidade de substituir a caldeira de combustível fóssil por uma bomba de calor, que apesar do investimento poder ser algo elevado, quando aliado a um sistema fotovoltaico, o retorno do investimento decresce bastante.

4.2.15. Influência Comportamental

Apesar das medidas anteriores poderem demonstrar uma poupança quantificável aquando da sua análise de viabilidade, existem também outras formas de melhoria em termos da eficiência energética numa empresa. A consciencialização para a temática é crucial para alcançar as mudanças de comportamento pretendidas.

Medida 1 – Formação/Sensibilização

Capacitar e/ou sensibilizar os colaboradores da empresa no sentido de estes tomarem consciência e adquirirem conhecimento de medidas comportamentais que tenham impacto direto na redução de consumos. Tanto podem ser sob a forma de formação como simplesmente ações de sensibilização em comportamentos práticos eficientes, tais como a preferência, sempre que possível, do uso da luz natural e do uso de equipamentos mais eficientes e com melhor etiqueta energética, ter o cuidado de não deixar equipamentos em *stand-by* ou a preocupação na limpeza e manutenção regulares dos mesmos.

Medida 2 – Gestor de Energia

Criação de um Gestor de Energia, dentro da empresa, que atue como figura principal na recolha e tratamento de informação relacionada com eficiência energética. Esta função pode ser criada através da realização de formação específica, de modo que a pessoa encarregue consiga abranger todas as áreas da empresa para desenvolver alternativas ou soluções mais vantajosas. Como exemplos, existe a formação do Gestão de Energia na Indústria (ADENE) ou formações mais específicas, como apenas em Sistemas de Gestão de Energia (SGE) ou na norma ISO 50001.





5. Resultado das Medidas

- Exemplos de Boas Práticas

5. Resultado das Medidas – Exemplos de Boas Práticas

No presente capítulo, serão apresentadas algumas das medidas identificadas no âmbito dos diagnósticos energéticos efetuados ao setor cerâmico. Contudo, visto que nem todos os tópicos tiveram oportunidade de serem abordados nestas empresas, as restantes medidas serão exemplos presentes em auditorias energéticas no âmbito do SGCIE.

As medidas serão exibidas em três partes: Primeiramente, serão apresentadas medidas de eficiência energética apenas relativas à energia térmica. De seguida, apenas medidas de energia elétrica. E por último, serão apresentadas algumas medidas de integração de energias renováveis e outras, como a implementação de sistemas de gestão de energia.

5.1. Medidas de Racionalização Energética – Energia Térmica

5.1.1. Aplicação de Isolamento Térmico

Tal como o nome indica, este tipo de medida consiste na aplicação ou reparação da camada de isolamento de condutas e tubagens de transporte de fluido quente. Dependendo das especificidades do processo produtivo e dos equipamentos presentes, podem ser aplicados, por exemplo, em:

- Tubagens de água quente para as bancas de enchimento;
- Condutas de recuperação do ar quente proveniente da exaustão de compressores, secadores ou arrefecimento de fornos cerâmicos.



Figura 63 - Termografia de tubagens de água quente para o enchimento, sem isolamento

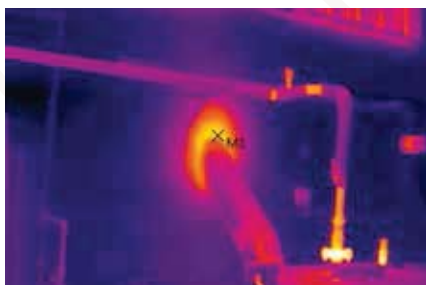


Figura 64 - Termografia de tubagens de água quente para o enchimento, com isolamento

Exemplo 1 – Aplicação de isolamento em condutas de ar quente

Verificou-se a existência de parte das condutas de transporte de ar quente para secagem, recuperado de um forno, não estava isolada convenientemente. Deste modo, há desperdícios de energia que podem ser evitados através da instalação de isolamento eficiente.

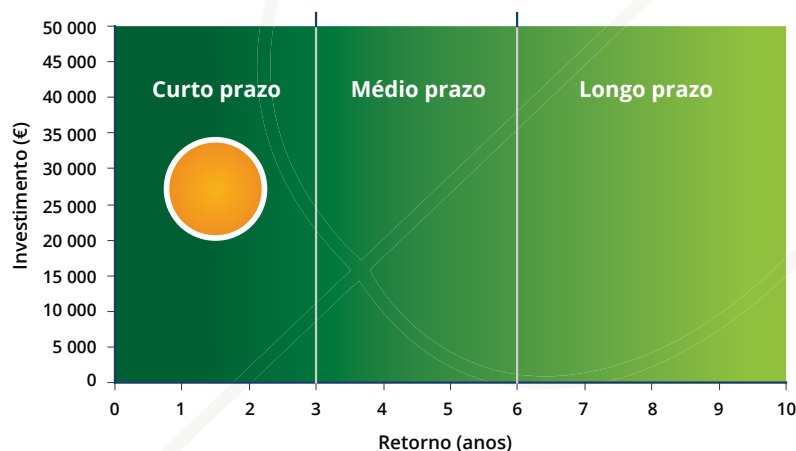
	Consumo Estimado [m ³ (n)/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	93 896	26 573	228,2

Investimento: 27 679 €

	Poupança energética [m ³ (n)/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	65 130	18 432	158,3

Retorno: 1 ano e 6 meses

Estimam-se economias de 69% face à situação inicial. Apesar do investimento ser um pouco alto, a medida é extremamente atrativo na medida em que promove poupanças consideráveis com períodos de retorno baixos.



Exemplo 2 – Substituição de isolamento em fornos

Apesar de já existir isolamento no teto de um forno de vidro, este apresentava vários defeitos, o que condicionava a retenção de calor para a atmosfera, e, conseqüentemente, aumentava o consumo de gás natural.

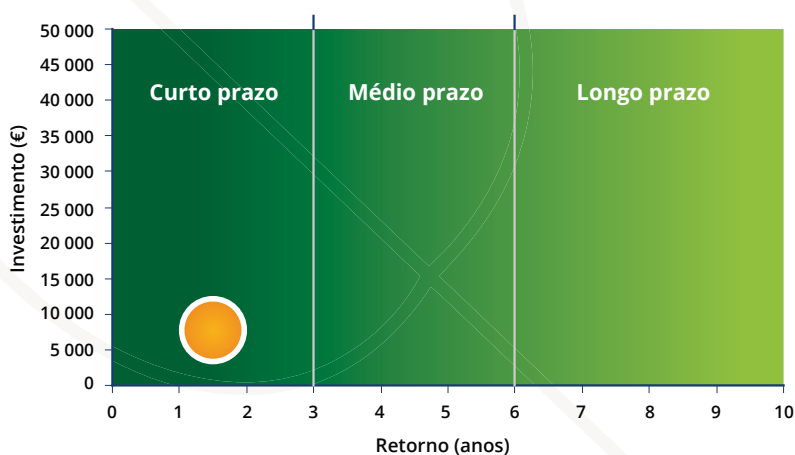
	Consumo Estimado [m ³ (n)/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	42 642	12 068	103,6

Investimento: 7 704 €

	Poupança energética [m ³ (n)/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	18 432	5 216	44,8

Retorno: 1 ano e 6 meses

Estimam-se economias de 43% face à situação inicial. Verifica-se que, com investimentos relativamente baixos, conseguem-se obter poupanças importantes com períodos de retorno rápidos.



5.1.2. Recuperação de Calor

Ainda em matérias de combate ao desperdício energético térmico, a recuperação de calor toma um papel importante visto que se trata do aproveitamento de energia que, de outra forma, seria dissipada. Assim,

e regra geral, são medidas relativamente simples de implementar e com um nível de atratividade extremamente elevado, quer em termos de poupanças quer em retornos do investimento.



Figura 65 - Forno contínuo de rolos com recuperação de ar quente (fonte: INDUZIR)

Exemplo 1 – Recuperação de calor da exaustão de compressores

Nesta empresa, foi estudada a viabilidade de aproveitamento do calor existente no ar de exaustão dos compressores para aquecimento de um secador de moldes, atualmente aquecido através de um queimador de gás natural. Após medições prévias, determinou-se que a temperatura da exaustão era superior à temperatura requerida para o processo de secagem, validando a possibilidade de aproveitamento.

Situação atual

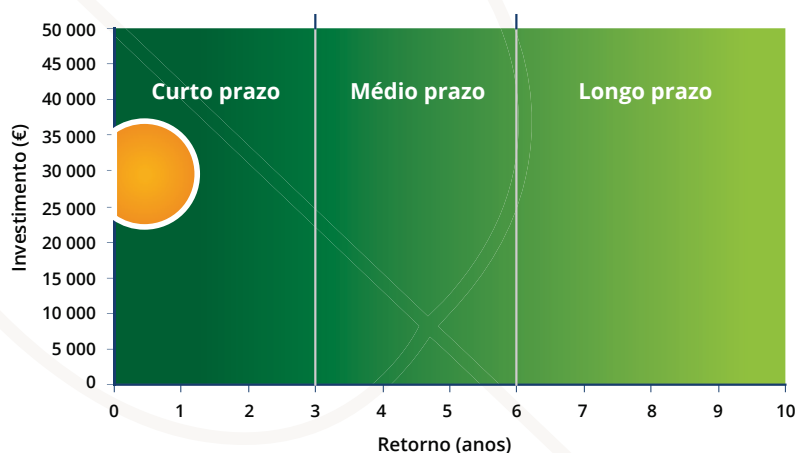
Todo o ar de exaustão é libertado para a atmosfera

Investimento: 30 000 €

	Poupança energética [m ³ (n)/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	95 000	64 306	231.0

Retorno: 6 meses

Como seria esperado, dado que toda a energia era libertada para a atmosfera, as economias são da ordem dos 100%. Além disso, o período de retorno é muito reduzido e as poupanças obtidas são muito elevadas.



Exemplo 2 – Recuperação de calor do arrefecimento de um forno cerâmico

Na empresa em questão, verificou-se que existia uma quantidade de energia considerável proveniente do ar de arrefecimento de um forno de túnel que era dissipada para o exterior, no âmbito do balanço mássico e energético realizado durante a auditoria. Foi estudada a viabilidade de aproveitamento do calor existente no ar de arrefecimento para pré-aquecimento do ar primário de combustão.

Situação atual

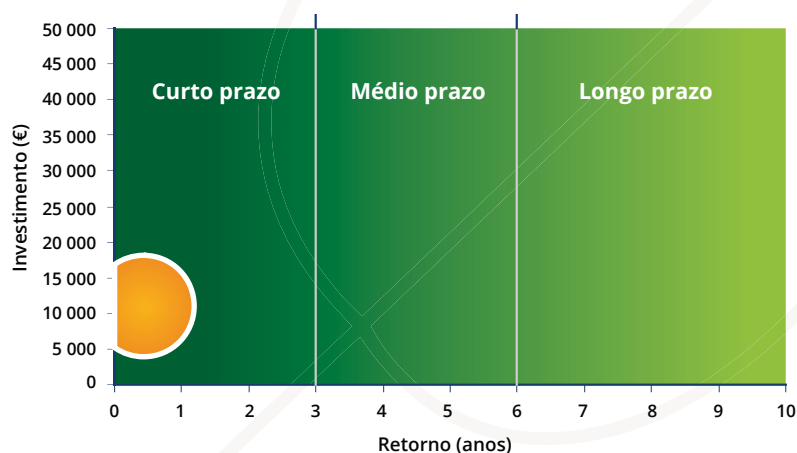
Todo o ar de arrefecimento é libertado para a atmosfera

Investimento: 10 760 €

	Poupança energética [m ³ (n)/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	84 269	30 741	204.8

Retorno: 3 meses

Do mesmo modo, dado que toda a energia era libertada para a atmosfera, as economias são da ordem dos 100%, o período de retorno é muito reduzido e as poupanças obtidas são muito elevadas.



Exemplo 3 – Recuperação de calor para aquecimento de água

Mais uma vez, foi estudada a hipótese de aproveitar o calor presente no arrefecimento dos compressores, feito com um circuito de água, mas desta vez para aquecimento de água para o processo produtivo. Anteriormente, o aquecimento da água utilizada no processo era feito com recurso a uma caldeira de gás natural.

Situação atual

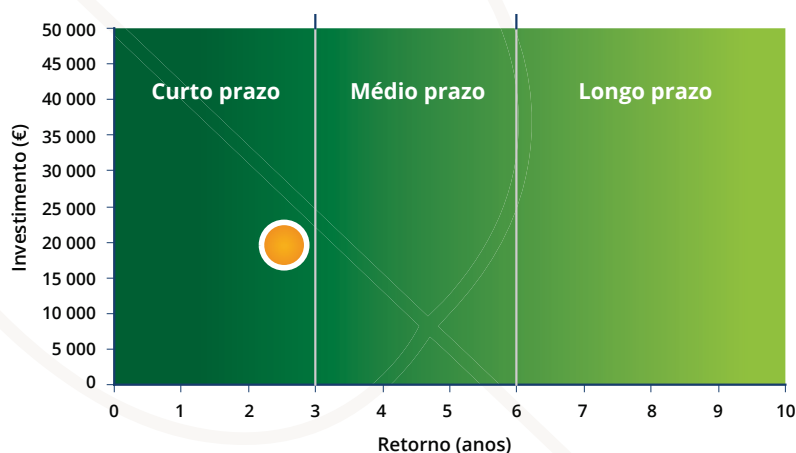
Todo o calor da água de arrefecimento é dissipado

Investimento: 20 000 €

	Poupança energética [m ³ (n)/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	12 000	8 123	29.0

Retorno: 2 anos e 6 meses

Sendo que a recuperação de calor em situações em que um dos fluidos envolvidos é água requer a instalação de mais equipamentos face à recuperação do tipo ar-ar, existe um acréscimo nos valores de investimento. No entanto, dado que toda a energia era dissipada, as economias são da ordem dos 100%, o período de retorno ainda é feito num curto prazo e as poupanças obtidas são elevadas.



5.1.3. Otimização das Curvas de Cozedura

A otimização dos ciclos térmicos com recurso à simulação consiste na elaboração de ensaios laboratoriais e, numa fase final, em ensaios na empresa a implementar, com o intuito de reduzir os tempos de cozedura nos fornos cerâmicos. Ainda é um processo relativamente recente, porém os resultados comprovados até ao momento prosperam uma maior disseminação num futuro próximo.

As curvas de cozedura são elementos que, geralmente, apenas foram alvo de otimização de modo experi-

mental, e com o propósito de produzir peças com a qualidade pretendida pela empresa. No entanto, estas podem já estar desatualizadas face às características da pasta atual, podendo haver consumos excessivos de energia que, na prática, não originam nenhuma melhoria na pasta cozida.

Trata-se de uma medida que, aparentemente, pode ser aplicada de forma transversal à indústria cerâmica, sempre que a mesma não tenha já sido alvo de uma intervenção deste género.

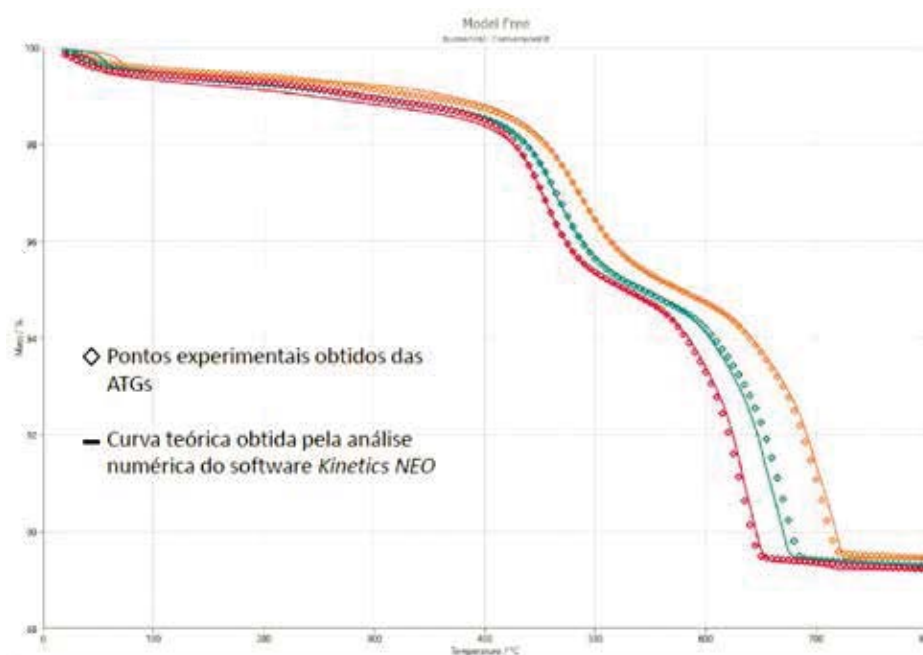


Figura 66 - Análises laboratoriais para otimização das curvas

Exemplo 1 – Otimização das curvas de cozedura

Apesar de atualmente a empresa não ter problemas em termos de qualidade das peças produzidas, decidiu estudar a possibilidade de redução das curvas de cozedura com recurso a técnicas de simulação. O estudo iria incidir nas curvas dos 3 fornos existentes, sendo 2 de 4 m³ e 1 de 8 m³, com consumos de gás propano.

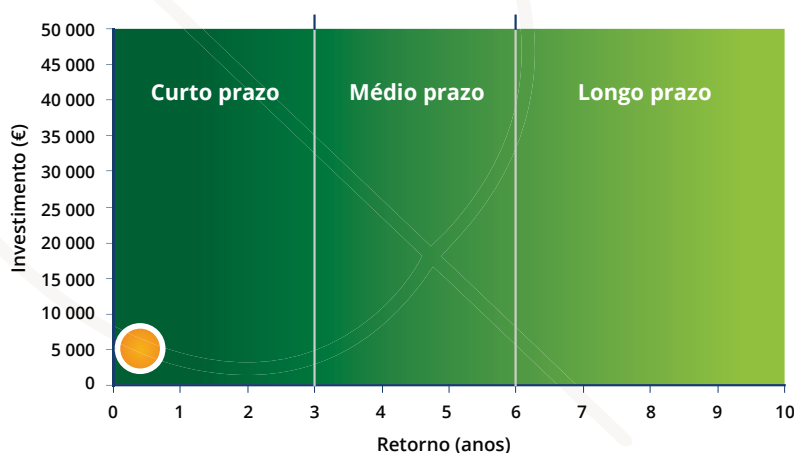
	Consumo Estimado [t/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	146.4	192 901	436,3

Investimento: 5 250 €

	Poupança energética [t/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	10.9	14 362	32,4

Retorno: 5 meses

Nesta situação, estimam-se economias na ordem dos 7,5% face ao consumo inicial dos fornos. É importante salientar que os valores de poupança podem variar muito, dependendo das características gerais das curvas existentes e do tipo de pasta utilizada na cozedura, que pode permitir, ou não, a realização desta análise.



Exemplo 2 – Otimização das curvas de cozedura

Após conhecimento da nova técnica de caracterização tecnológica e análise térmica da pasta, a empresa decidiu estudar a possibilidade de redução das curvas de cozedura com recurso a este método. O estudo iria incidir nas curvas dos 5 fornos existentes, sendo 2 de 4 m³ e 3 de 8 m³, com consumos de gás natural.

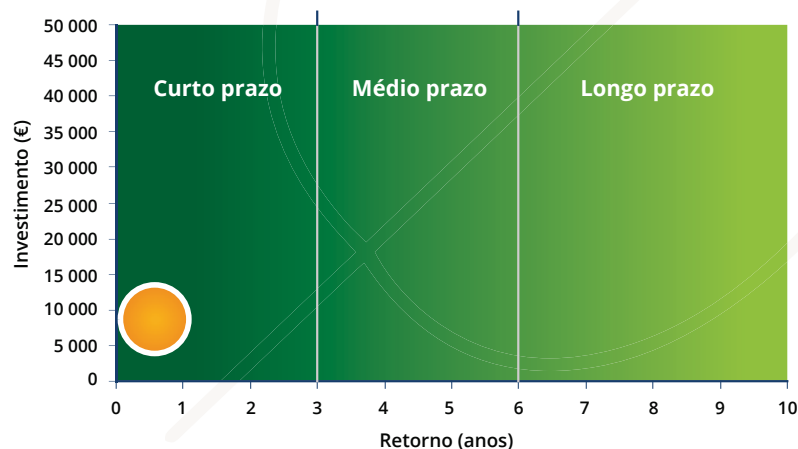
	Consumo Estimado [m ³ (n)/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	314 007	135 400	762,7

Investimento: 5 250 €

	Poupança energética [m ³ (n)/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	33 494	14 443	81,3

Retorno: 7 meses

Nesta situação, estimam-se economias na ordem dos 11% face ao consumo inicial dos fornos. É importante salientar que os valores de poupança podem variar muito, dependendo das características gerais das curvas existentes e do tipo de pasta utilizada na cozedura, que pode permitir, ou não, a realização desta análise.



5.1.4. Substituição / Retrofit de Fornos

Sendo os fornos cerâmicos um dos grandes consumidores de energia, se não mesmo o maior em diversas empresas, faz todo o sentido atuar com prioridade nestes equipamentos no sentido de lhes aplicar medidas de redução dos consumos.

A juntar às medidas apresentadas até ao momento, outra das alternativas para reduzir os desperdícios destes grandes consumidores é proceder a um retrofit ou, em último caso, a uma substituição dos mesmos.



Figura 67 - Exemplo de fornos cerâmicos antes e após retrofit / substituição

Exemplo 1 – Substituição de forno cerâmico

A empresa possui um forno intermitente de 8 m³ que apresenta alguma idade e, como tal, alguns problemas estruturais e do isolamento refratário no seu interior, traduzindo-se num consumo de gás natural superior ao desejado. Foi avaliada a hipótese de substituição do forno por um modelo mais eficiente, de igual capacidade.

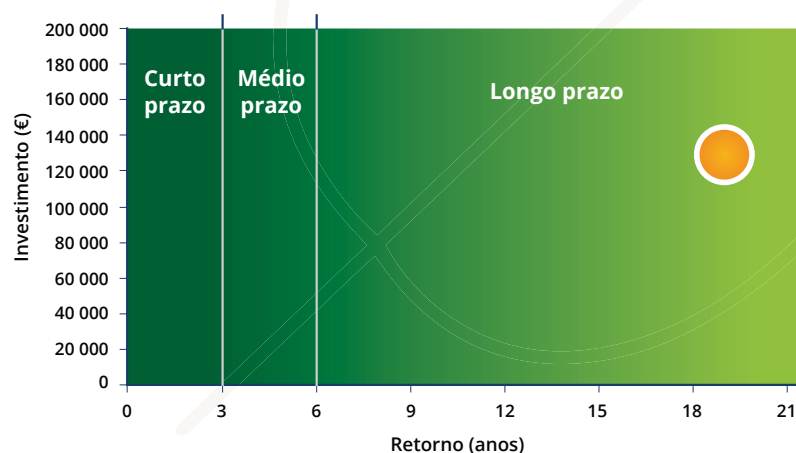
	Consumo Estimado [m ³ (n)/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	76 123	32 824	184,9

Investimento: 125 000 €

	Poupança energética [m ³ (n)/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	15 225	6 565	37,0

Retorno: 19 anos

A substituição dos fornos intermitentes geralmente traduz-se numa relação investimento-retorno que à partida aparenta ser pouco atrativa. No entanto, considerando que foram estimadas economias de energia na ordem de 20% e que este é dos equipamentos maior consumidor na indústria cerâmica, a longo prazo a sua execução já se poderá tornar mais vantajosa.



Exemplo 2 – Retrofit de forno cerâmico

De forma a melhorar a eficiência produtiva e energética da empresa, foi proposta a realização de um retrofit a um forno intermitente de 2 m³. A degradação da camada refratária e de certos componentes estruturais requeriam uma intervenção ao forno, porém os custos de aquisição de um equipamento novo não eram justificativos face aos seus níveis de produção.

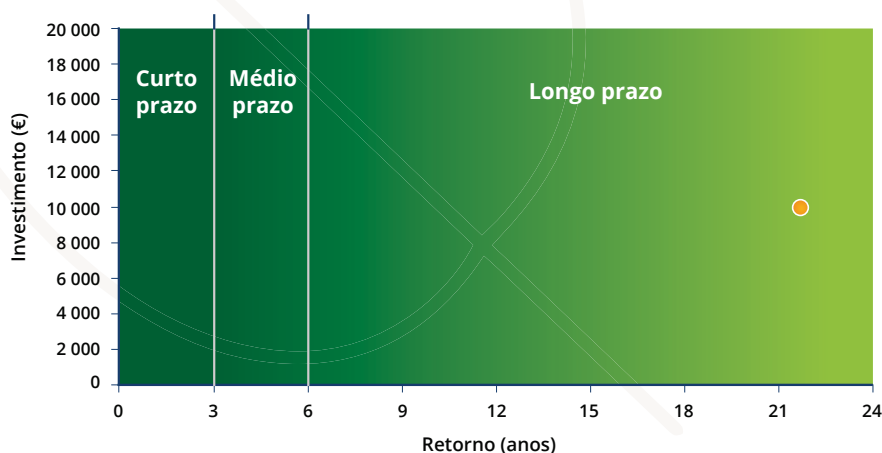
	Consumo Estimado [m ³ (n)/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	15 960	5 725	38,6

Investimento: 10 000 €

	Poupança energética [m ³ (n)/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	1 277	458	3,2

Retorno: 21 anos e 10 meses

Tal como acontece numa substituição de fornos intermitentes, também o retrofit dos mesmos apresenta uma relação investimento-retorno que à partida aparenta ser pouco atrativa. No entanto, considerando que foram estimadas economias de energia na ordem de 8% e que este é dos equipamentos maior consumidor na indústria cerâmica, quanto maior for a capacidade produtiva do forno, mais benéfica será a medida.



5.1.5. Afinação de queimadores

A afinação de queimadores representa uma solução técnica que confere maior estabilidade ao processo de cozedura e um aumento eficiência energética. Em ter-

mos gerais, é possível obter redução de consumo na ordem dos 5% a 10%, quer em fornos ou em quaisquer outros equipamentos que possuam queimadores.



Figura 68 - Queimadores industriais (fonte: Icaterm)

Exemplo 1 – Otimização da combustão de queimadores de fornos

A empresa estudou a hipótese de afinação dos queimadores de 2 dos seus fornos de secagem e vulcanização. Este processo teria como objetivo otimizar a combustão dos queimadores, reduzindo os seus consumos de gás propano.

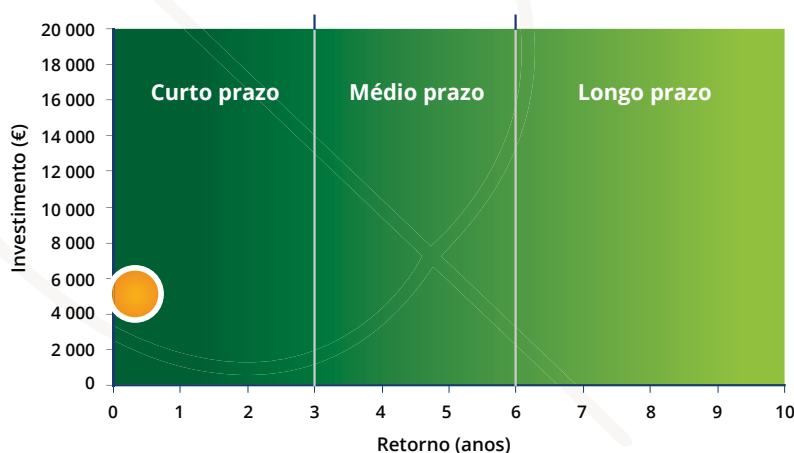
	Consumo Estimado [t/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	241,4	271 574	719,6

Investimento: 5 000 €

	Poupança energética [t/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	12,1	13 579	35,9

Retorno: 5 meses

Estimam-se economias de energia na ordem de 5%, comparado à situação inicial. Verifica-se também que esta medida tem uma boa relação investimento-retorno e uma poupança de energia algo representativa.



Exemplo 2 – Substituição de queimadores por modelos de alto rendimento

A empresa estudou a viabilidade de substituir os queimadores de um forno contínuo de túnel por modelos de alto rendimento com integração de sistema de controlo de atmosfera do forno (sistema OPTIMA).

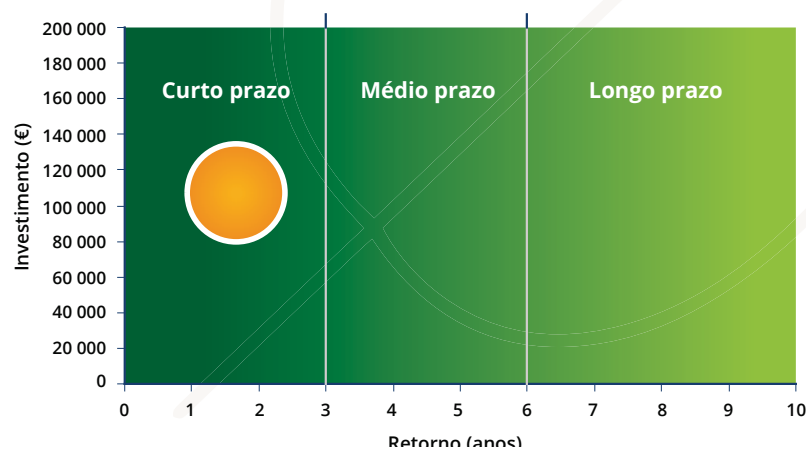
	Consumo Estimado [t/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	1 818 648	663 442	4 417,2

Investimento: 106 660 €

	Poupança energética [t/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	181 858	66 342	441,7

Retorno: 1 ano e 7 meses

Estimam-se economias de energia na ordem de 10%, comparado à situação inicial. Verifica-se também que esta medida tem uma boa relação investimento-retorno e uma poupança de energia algo representativa. Apesar do valor de investimento ser extremamente alto, deve ter-se em consideração que este exemplo retrata a situação de um forno contínuo de túnel. Se se tratasse de um forno intermitente, os valores seriam mais apelativos.



5.2. Medidas de Racionalização Energética - Energia Elétrica

5.2.1. Ar Comprimido

Além do gás natural, do propano e da energia elétrica, o ar comprimido surge atualmente como uma das formas de energia mais amplamente utilizadas na indústria. No entanto, é também uma das mais dispendiosas de produzir, fruto não apenas do substancial

investimento inicial em equipamentos, mas também do intensivo consumo de energia elétrica requerido para seu funcionamento e das potenciais ineficiências na sua utilização.

De seguida, serão apresentados alguns exemplos de implementação de medidas de eficiência energética neste âmbito, podendo proporcionar uma redução considerável no consumo de eletricidade por parte dos compressores, que são o foco de consumo nestes sistemas.



Figura 69 - Compressores de alta eficiência e velocidade variável (fonte: Atlas Copco)

Exemplo 1 – Detecção e eliminação de fugas de ar comprimido

Verificou-se que as tubagens adjacentes ao sistema de produção de ar comprimido, composto por 2 compressores principais, com uma potência total de 10 kW, apresentavam alguns pontos de fuga. Com a implementação desta medida, pretende-se reduzir o caudal de fugas de ar comprimido do sistema em cerca de 15%.

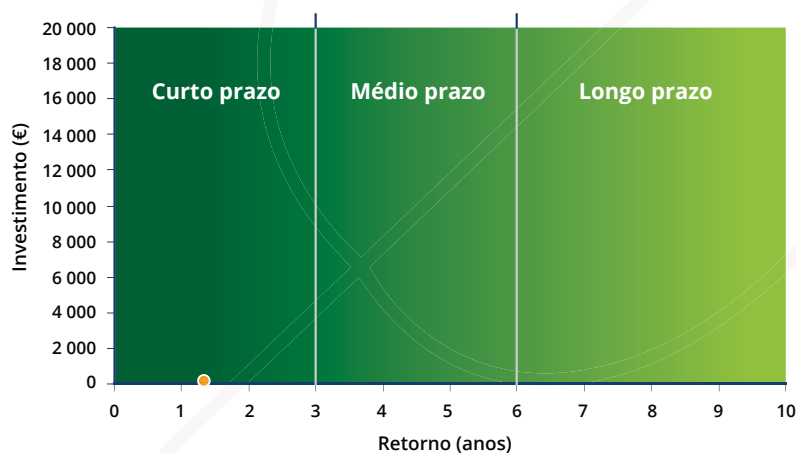
	Consumo Estimado [kWh/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	14 000	1 585	6,6

Investimento: 315 €

	Poupança energética [kWh/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	2 100	238	1,1

Retorno: 1 ano e 4 meses

A poupança de energia real e os valores de investimento para este tipo de medida podem variar muito, dependendo do tipo e tamanho do sistema de produção e distribuição de ar comprimido. Contudo, geralmente é uma medida muito atrativa.



Exemplo 2 – Redução da pressão de produção de ar comprimido

Quanto maior for a pressão de serviço a que um compressor seja obrigado a operar, maior será também o seu consumo elétrico. Com base nisto, a empresa considerou uma redução da pressão de serviço em cerca de 1 bar, passando de 9,0 bar para 8,0 bar, mantendo suprimidas todas as necessidades. O compressor apresenta uma potência de 11 kW.

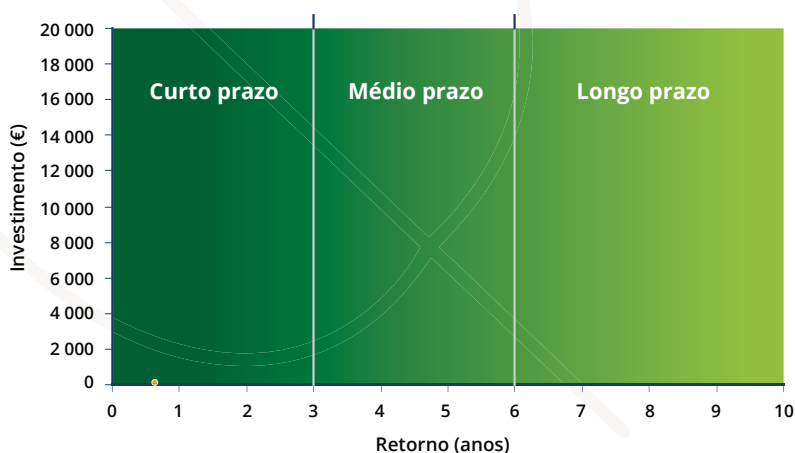
	Consumo Estimado [kWh/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	16 000	2 237	7,4

Investimento: 100 €

	Poupança energética [kWh/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	1 120	157	0,4

Retorno: 7 meses

Estimam-se poupanças de energia na casa dos 7%. Contudo, é preciso realçar que podem existir situações sem necessidade de investimento, mas que apenas podem ser consideradas em alguns sistemas de produção de ar comprimido.



5.2.2. Substituição da Iluminação por Tecnologia Mais Eficiente

Outra medida transversal a todas as empresas, a substituição da iluminação demonstrou ser uma medida com uma grande potencialidade, proporcionando poupanças importantes com investimentos relativamente simples. Poucas são as empresas que não tenham margem de redução dos consumos elétricos

em iluminação, devido à existência de iluminação de tecnologia desatualizada (fluorescente, iodetos metálicos, halogénio ou incandescente) face ao LED, falta de implementação de medidas comportamentais ou simplesmente uma má organização dos circuitos de iluminação.



Figura 70 - Exemplo de aplicação de um sistema de iluminação eficiente

Exemplo 1 – Substituição da Iluminação fabril

Nesta empresa, optou-se pela substituição de 41 lâmpadas de iodetos metálicos (250 e 400 Watt) por campânulas LED (150 e 200 Watt) e pela substituição de 100 lâmpadas fluorescentes tubulares (18, 36 e 58 Watt) por lâmpadas LED tubulares (9, 18 e 22 Watt). Em ambas as situações, foram mantidas as condições de qualidade e intensidade luminosa.

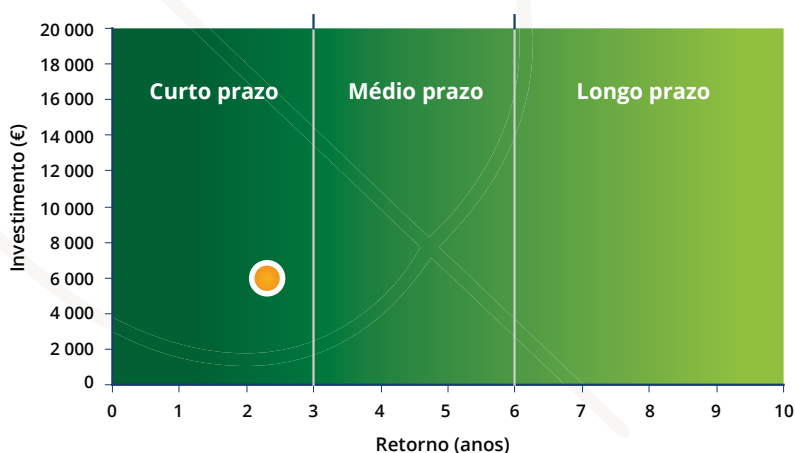
	Consumo Estimado [kWh/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	38 423	4 772	18.1

Investimento: 5 929 €

	Poupança energética [kWh/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	20 737	2 576	9.8

Retorno: 2 anos e 4 meses

Estimam-se economias de energia na ordem de 54%, comparado à situação inicial. Verifica-se também que esta medida tem uma boa relação investimento-retorno.



Exemplo 2 – Substituição da Iluminação fabril

Nesta empresa, foi estudada uma substituição da iluminação das restantes lâmpadas de tecnologia não LED, dado que a grande maioria já era desta tecnologia. Assim, foi prevista a substituição de 27 lâmpadas de iodetos metálicos (250 e 400 Watt) por campânulas LED (150 e 200 Watt) e pela substituição de 23 lâmpadas fluorescentes tubulares (36 e 58 Watt) por lâmpadas LED tubulares (18 e 22 Watt). Em ambas as situações, foram mantidas as condições de qualidade e intensidade luminosa.

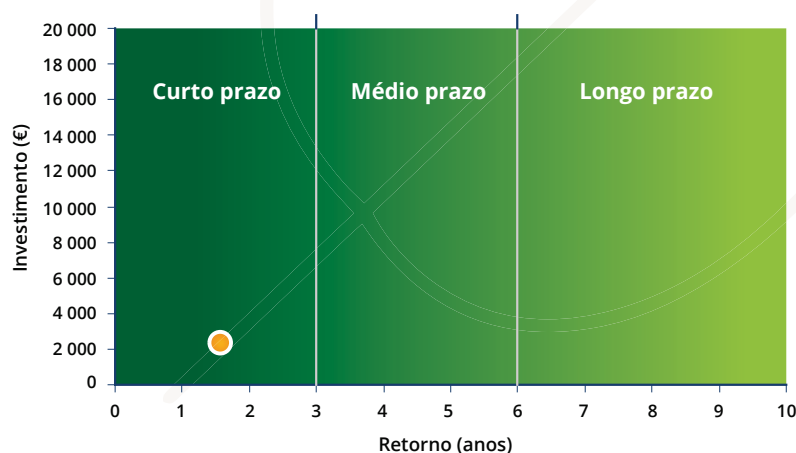
	Consumo Estimado [kWh/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	19 120	2 914	9.0

Investimento: 2 312 €

	Poupança energética [kWh/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	9 854	1 502	4.6

Retorno: 1 anos e 6 meses

Estimam-se economias de energia na ordem de 52%, comparado à situação inicial. Verifica-se também que esta medida tem uma boa relação investimento-retorno.



5.2.3. Instalação de Variadores Eletrônicos de Velocidade

A implementação de variadores eletrônicos de velocidade (VEV) nos motores elétricos de indução retrata uma medida extremamente abrangente, podendo ser aplicada a todos os equipamentos que contenham motores trifásicos. Contudo, nem todos os motores irão beneficiar de igual forma da sua implementação, já que um dos grandes fatores a ditar a sua viabilidade, além do custo de aquisição, é o regime de altera-

ção de velocidade dos motores a que os VEVs estarão afetos. Ou seja, quanto mais variações de velocidade o motor tiver, mais benéfico, em princípio, será o VEV.

Verificou-se que as situações mais rentáveis surgem em motores de equipamentos de alta potência, de ventiladores e de compressores.



Figura 71 - Feira com variador eletrônico de velocidade

Exemplo 1 – Instalação de VEV em ventilador de forno intermitente

A empresa estudou a possibilidade de instalação de um variador eletrónico de velocidade no ventilador de um dos seus fornos intermitentes.

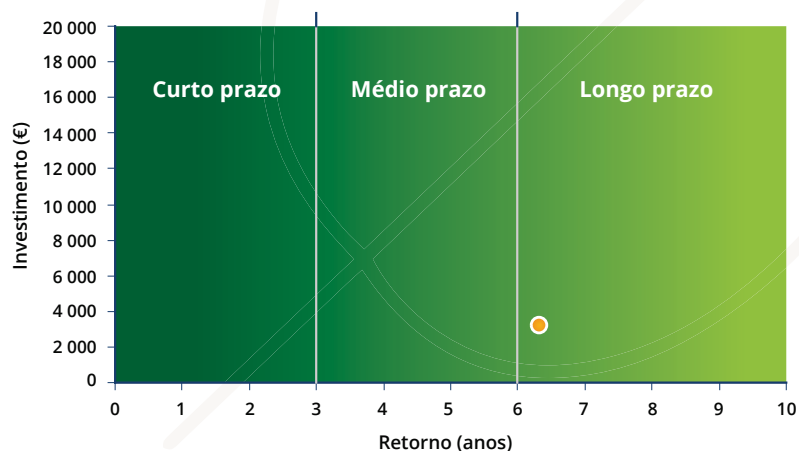
	Consumo Estimado [kWh/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	31 500	5 150	10,0

Investimento: 3 250 €

	Poupança energética [kWh/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	2 100	238	1.1

Retorno: 6 anos e 4 meses

Estimam-se economias na casa dos 10% comparativamente à situação inicial. Verifica-se que a medida tem o retorno a longo prazo, o que pode indicar que o regime de funcionamento do motor, neste caso, não obteria muitas vantagens com a implementação do VEV. No entanto, existe sempre uma redução dos consumos de energia e uma redução do stress nas partes mecânicas do motor.



Exemplo 2 – Instalação de VEV em ventilador de forno contínuo

Foi analisada a instalação de um variador eletrónico de velocidade no ventilador de um forno contínuo de túnel para cozedura de vidro.

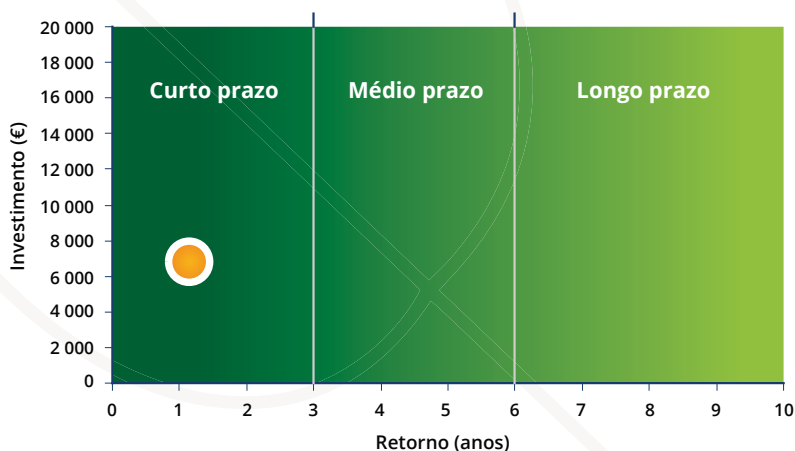
	Consumo Estimado [kWh/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	160 600	26 260	76,0

Investimento: 6 900 €

	Poupança energética [kWh/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	40 150	6 565	19,0

Retorno: 1 ano e 1 mês

Estimam-se economias na casa dos 25% comparativamente à situação inicial. De um modo geral, e dependendo das características dos motores a que ficarão afetos, os VEVs costumam apresentar retornos de investimento baixos. Neste exemplo, o VEV iria beneficiar muito o motor onde estava afeto.



Exemplo 3 – Instalação de VEV em compressor

Devido aos regimes de carga a que normalmente operam, os compressores podem beneficiar muito da instalação de um VEV. Foi analisada a instalação de um variador eletrônico de velocidade num compressor o tipo carga-vazio com potência de 20 kW.

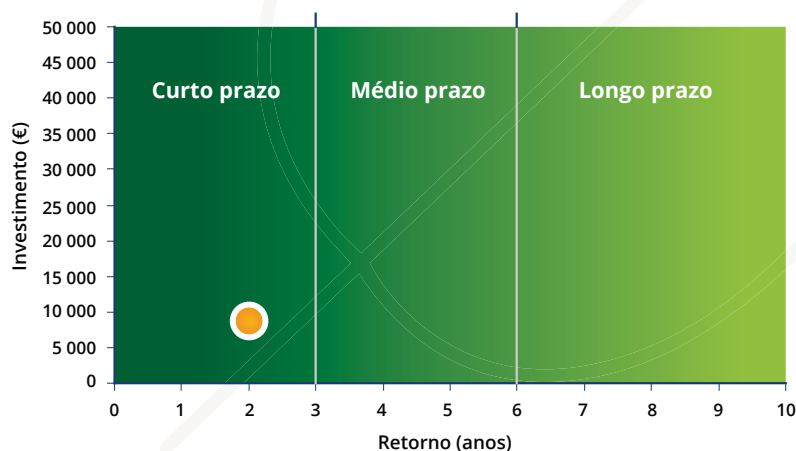
	Consumo Estimado [kWh/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	122 500	20 028	58,5

Investimento: 8 000 €

	Poupança energética [kWh/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	24 500	4 006	11,7

Retorno: 2 anos

Estimam-se economias na casa dos 20% comparativamente à situação inicial. De um modo geral, e dependendo das características dos motores a que ficarão afetos, os VEVs costumam apresentar retornos de investimento baixos. Neste exemplo, o VEV iria beneficiar muito o motor onde estava afeto.



5.2.4. Substituição de Motores

Outra medida de extrema importância, a substituição de motores elétricos costuma acontecer quando estes se encontram danificados, e a sua reparação não justifica o investimento, ou quando possuem baixos níveis de rendimento, quando comparados com a tecnologia em vigor no mercado.

Quando viável economicamente, a substituição induz sempre a uma redução do consumo de energia elétrica e, por isso, a uma redução dos custos operacionais, enquanto promove uma melhoria na eficiência energética do processo.



Figura 72 - Exemplo de ventilador de estufa com motores de alto rendimento

Exemplo 1 – Substituição de motores elétricos

A empresa pretende substituir o motor elétrico de um equipamento do processo, com potência de 30 kW e classe de eficiência EFF2. Esta classe já se encontra desatualizada, pelo que o motor tem alguma idade e, por isso, é menos eficiente do que a tecnologia atualmente disponível.

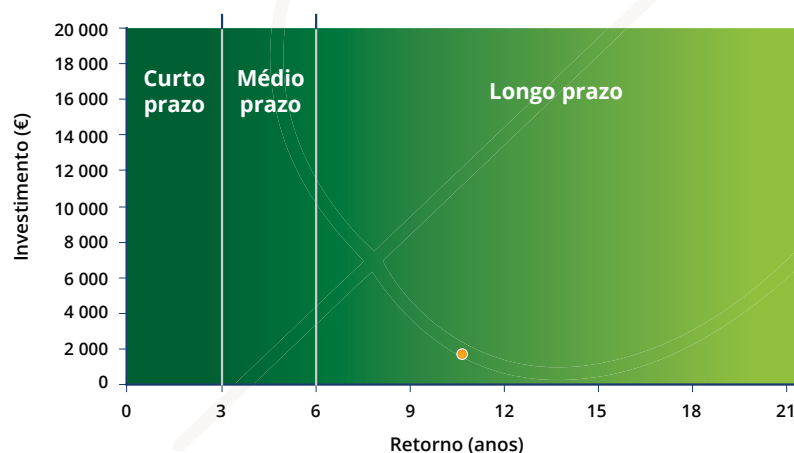
	Consumo Estimado [kWh/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	53 386	11 846	21,6

Investimento: 1 750 €

	Poupança energética [kWh/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	742	165	0,3

Retorno: 10 anos e 7 meses

Estimam-se economias na ordem de 1% comparativamente à situação inicial. De um modo geral, e dependendo das características dos motores a substituir, este tipo de medidas costuma apresentar retornos de investimento médios a altos.



Exemplo 2 – Substituição de motores elétricos

Nesta empresa, foi estudada a hipótese de substituir um dos seus motores de maior potência. O ventilador do atomizador tinha uma potência de 250 kW e não tinha referência à classe de eficiência na sua chapa de características, o que geralmente revela que se trata de um motor com alguma idade.

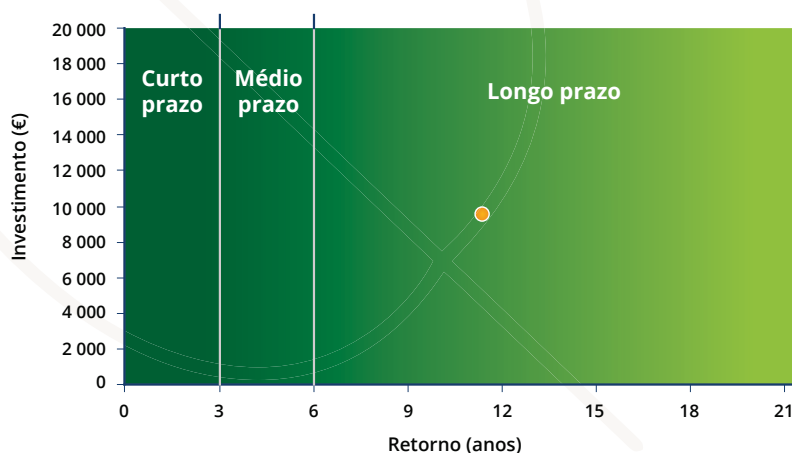
	Consumo Estimado [kWh/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	186 383	41 358	86,4

Investimento: 9 600 €

	Poupança energética [kWh/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	3 883	862	1,8

Retorno: 11 anos e 1 mês

Estimam-se economias na ordem de 2% comparativamente à situação inicial. De um modo geral, e dependendo das características dos motores a substituir, este tipo de medidas costuma apresentar retornos de investimento médios a altos.



5.3. Integração de Energias

Renováveis e Outras

5.3.1. Sistema de Gestão de Energia

Um Sistema de Gestão de Energia permite ao Gestor de Energia (Técnico) ter uma visão global e centralizada do estado de funcionamento de toda a instalação e simultaneamente permite a atuação sobre diversas

cargas em tempo real ou num tempo programado.

Através da monitorização de consumos, registo, tratamentos dos dados e contabilidade energética, acompanhamento de todos os equipamentos e das várias formas de energia a implementação e um sistema de energia tem permitido poupanças ao nível da eficiência energética que conduzem a períodos de retorno do investimento relativamente rápidos.

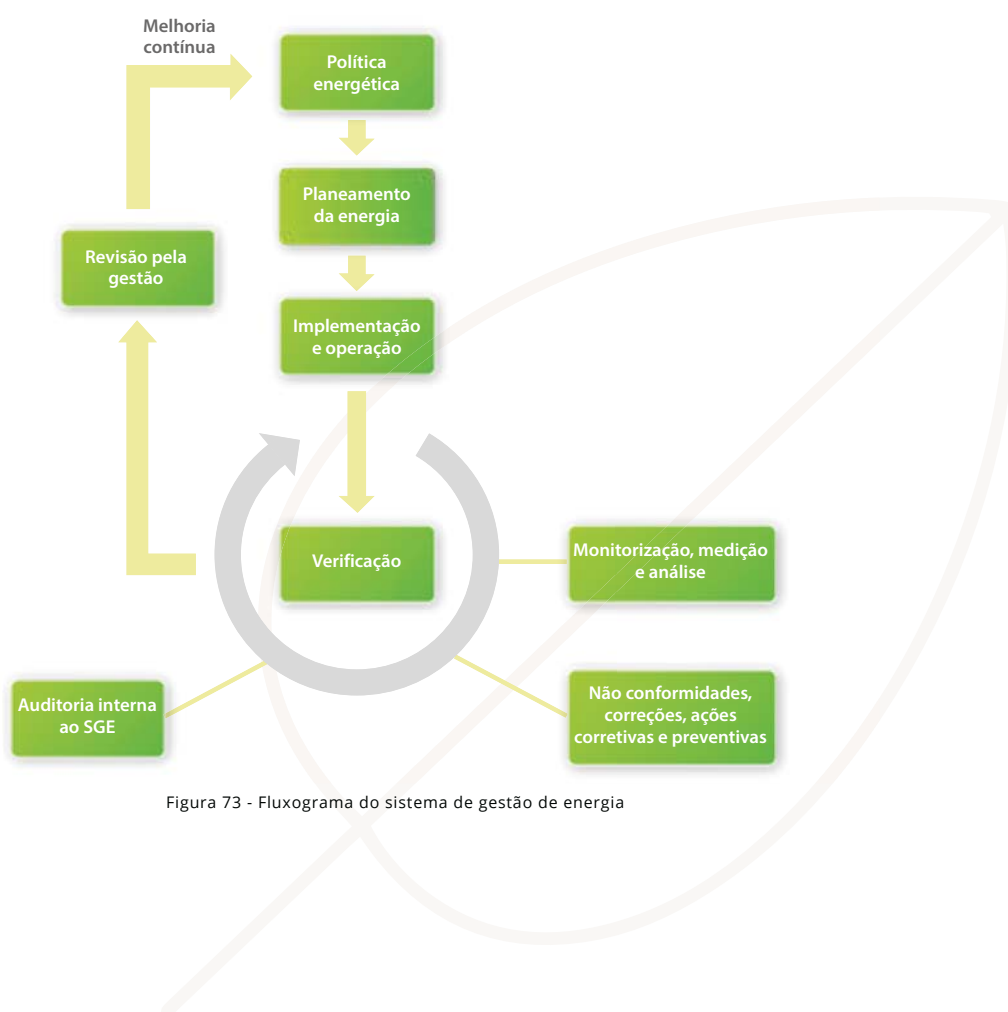


Figura 73 - Fluxograma do sistema de gestão de energia

Exemplo 1 – Implementação de um sistema de gestão de energia

A empresa pretende implementação um sistema de monitorização dos consumos de gás natural e da energia elétrica, de forma a ter acesso à distribuição dos consumos nos equipamentos adjacentes ao sistema de gestão.

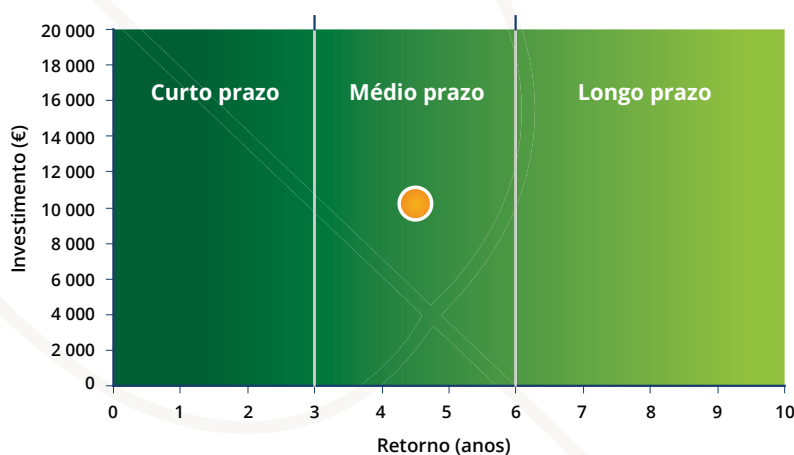
	Consumo Estimado		Encargo Financeiro	Emissões de GEE
	[kWh/ano]	[m ³ (n)/ano]	[m ³ (n)/ano]	[tCO ₂ e/ano]
Situação atual	90 941	200 140	115 660	505,6

Investimento: 10 250 €

	Poupança energética		Poupança financeira	Emissões de GEE evitadas
	[kWh/ano]	[m ³ (n)/ano]	[€/ano]	[tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	1 819	4 033	2 313	10,1

Retorno: 4 ano e 5 meses

Estimam-se economias de 2% face à situação inicial. Apesar do investimento ser um pouco elevado, a medida é extremamente atrativa a médio prazo, na medida em que promove poupanças consideráveis.



Exemplo 2 – Implementação de um sistema de gestão de energia

Outra situação de uma empresa que pretendia implementar um sistema de monitorização dos consumos de gás natural e da energia elétrica, de forma a ter acesso à distribuição dos consumos nos equipamentos adjacentes ao sistema de gestão.

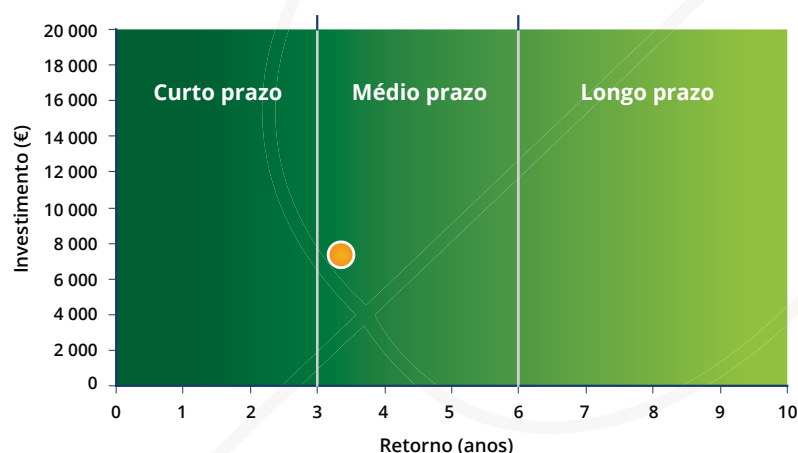
	Consumo Estimado		Encargo Financeiro	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
	[kWh/ano]	[m ³ (n)/ano]	[m ³ (n)/ano]	
Situação atual	265 983	130 261	110 203	441,5

Investimento: 7 250 €

	Poupança energética		Poupança financeira	Emissões de GEE evitadas
	[kWh/ano]	[m ³ (n)/ano]	[€/ano]	[tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	5 320	2 605	2 204	8,9

Retorno: 3 ano e 4 meses

Estimam-se economias de 2% face à situação inicial. Apesar do investimento ser um pouco elevado, a medida é extremamente atrativa a médio prazo, na medida em que promove poupanças consideráveis.



5.3.2. Solar Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica tem todas as condições para ser integrada em ambientes industriais, de modo a fornecer parte do consumo total de energia elétrica.

Nos exemplos apresentados à frente, o parque fotovoltaico foi dimensionado de acordo com as características do local a instalar e as respectivas necessidades.



Figura 74 - Painéis solares fotovoltaicos (fonte: Rockwool)

Exemplo 1 – Instalação de um sistema fotovoltaico

A empresa em estudo decidiu proceder à instalação de um parque fotovoltaico na sua cobertura. Depois de uma análise técnica, verificou que tinha cerca de 170 m² de cobertura disponível, o que permitia a instalação de um sistema de 28 kWp.

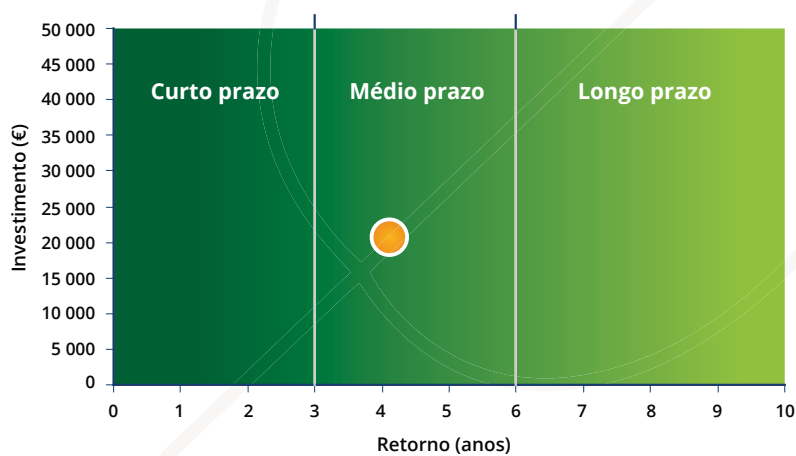
	Consumo Estimado [kWh/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	137 320	26 359	64,5

Investimento: 24 940 €

	Poupança energética [kWh/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	34 330	5 074	16,2

Retorno: 4 anos e 1 mês

Estimam-se economias na ordem de 25% comparativamente à situação inicial. De um modo geral, e dependendo das características de espaço e necessidades energéticas, as economias podem variar muito. No entanto, quase sempre esta é um tipo de medida de médio prazo.



Exemplo 2 – Ampliação do atual sistema fotovoltaico

Apesar de já possuir um sistema fotovoltaico para autoconsumo de 40 kWp, a empresa pretende estudar a viabilidade de ampliar o mesmo com um novo parque fotovoltaico de igual potência.

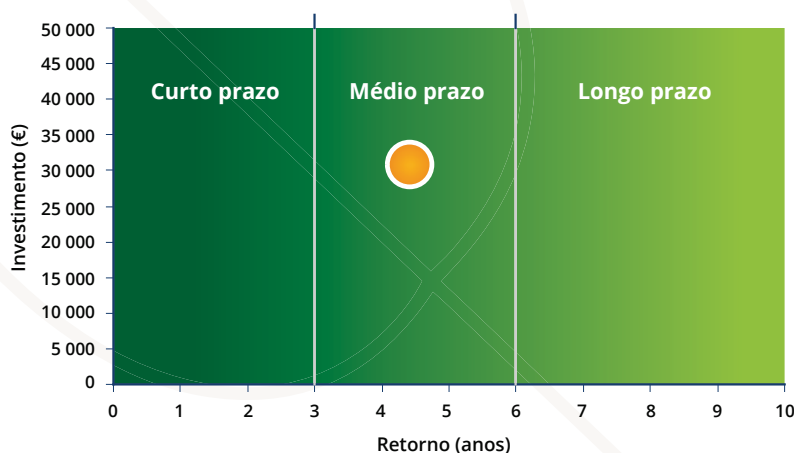
	Consumo Estimado [kWh/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	199 632	29 156	93,8

Investimento: 31 000 €

	Poupança energética [kWh/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	3 883	862	1,8

Retorno: 4 anos e 5 meses

Estimam-se economias na ordem de 24% comparativamente à situação inicial. Mesmo com os valores de investimento apresentados, trata-se de uma medida de médio prazo com poupanças interessantes.



5.3.3. Solar Térmica

Tal como é possível o aproveitamento da energia solar para produção de energia elétrica, também pode ser gerada energia térmica. Não é um tipo de medida que atualmente esteja muito difundido, grande parte por poder ser menos aliciante em situações em que as necessidades de água quente sejam muito elevadas e já exista um sistema fotovoltaico instalado, pois aí uma bomba de calor será, à partida, a opção mais vantajosa.

No entanto, existem situações de necessidade de aquecimento onde esta aplicação se verificou possível, tais como no aquecimento de águas quentes sanitárias para casas de banho e balneários, pré-aquecimento de águas para caldeiras ou aquecimento de águas para secções de processo.



Figura 75 - Painéis solares térmicos (fonte: Rinnai)

Exemplo 1 – Aplicação de um sistema solar térmico

As casas de banho e balneários da empresa necessitavam de água quente para satisfazer as necessidades dos seus 15 colaboradores. Após contabilização dos consumos, considerou-se necessário o aquecimento de 500 litros de água quente por dia. Atualmente, estas necessidades são asseguradas com recurso a um esquentador de gás natural. Estudou-se a implementação de coletores solares planos numa área total ocupada de 18 m² de painéis.

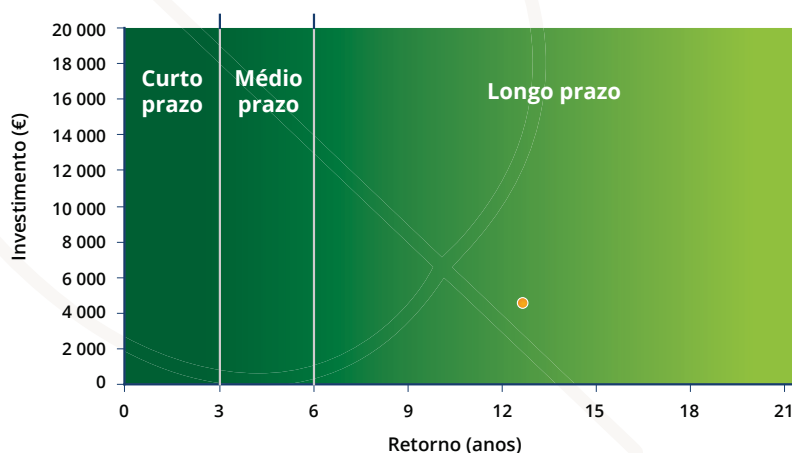
	Consumo Estimado [m ³ (n)/ano]	Encargo Financeiro [€/ano]	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
Situação atual	582	354	1,3

Investimento: 4 500 €

	Poupança energética [m ³ (n)/ano]	Poupança financeira [€/ano]	Emissões de GEE evitadas [tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	582	354	1,3

Retorno: 12 anos e 9 meses

Para manter o funcionamento constante e regular, o sistema solar deve ser complementado com sistemas de reserva, no sentido de assegurar o aquecimento mesmo com baixa exposição solar.



Exemplo 2 – Aplicação de um sistema solar híbrido

Nesta empresa, pretendeu-se estudar a possibilidade de instalar um sistema solar híbrido, com produção simultânea de energia térmica e elétrica, que preenchesse as suas necessidades.

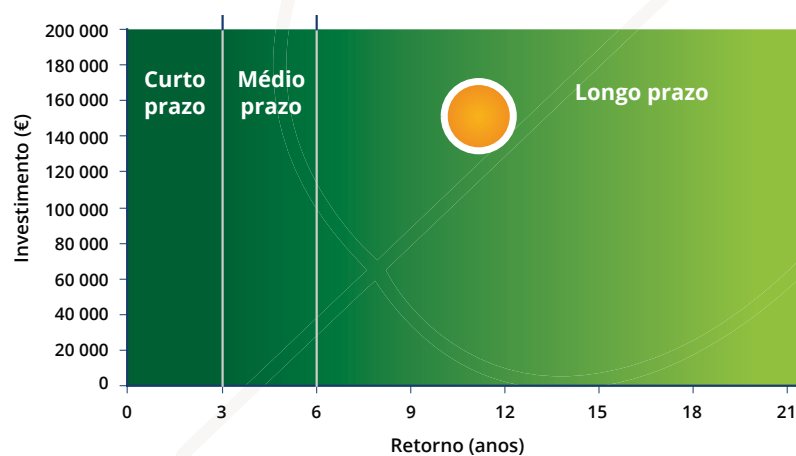
	Consumo Estimado		Encargo Financeiro	Emissões de GEE [tCO ₂ e/ano]
	[kWh/ano]	[m ³ (n)/ano]	[m ³ (n)/ano]	
Situação atual	52 635	13 666	13 425	58,0

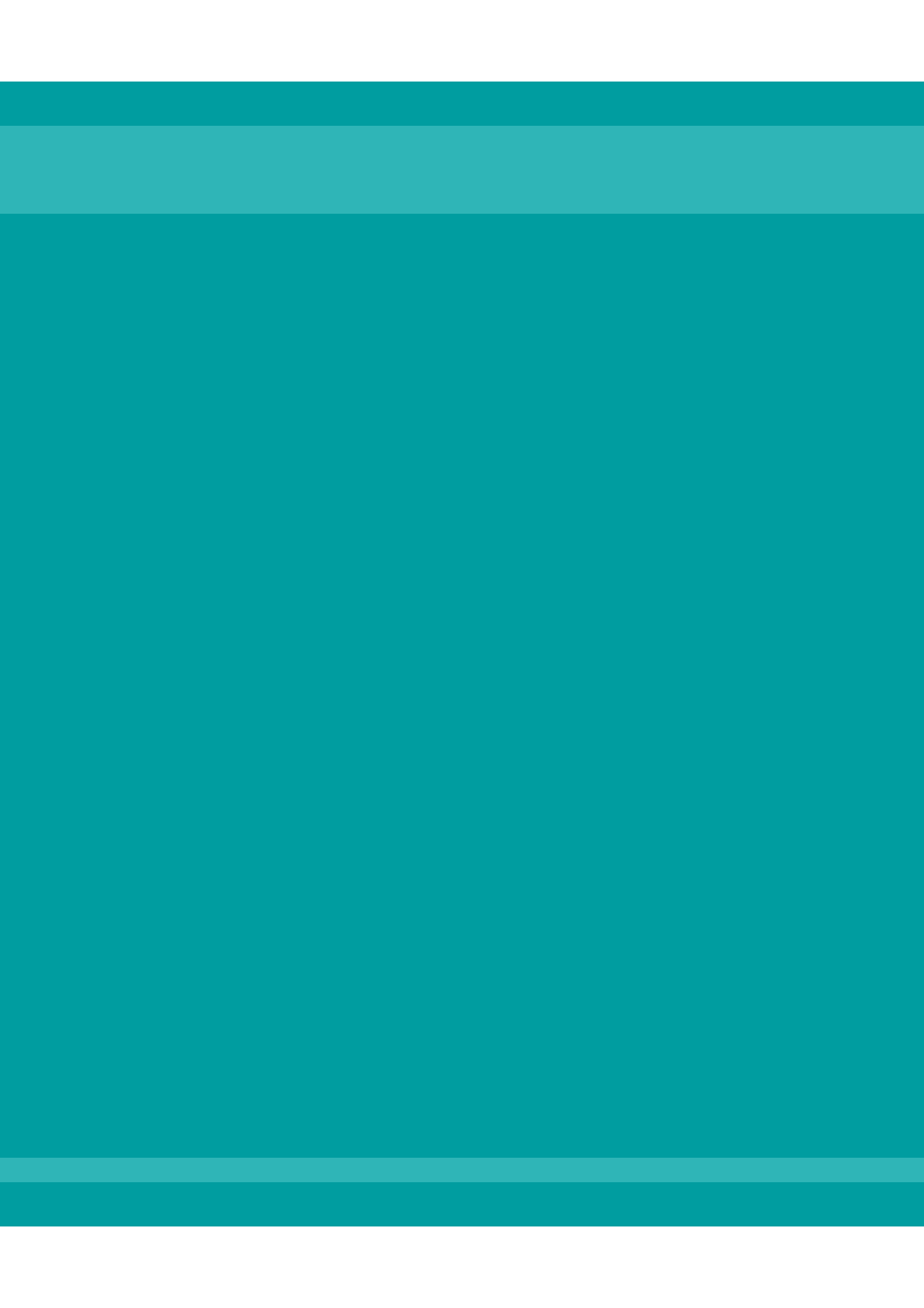
Investimento: 150 000 €

	Poupança energética		Poupança financeira	Emissões de GEE evitadas
	[kWh/ano]	[m ³ (n)/ano]	[€/ano]	[tCO ₂ e/ano]
Economias da medida	52 635	13 666	13 425	58,0

Retorno: 11 ano e 3 meses

Para manter o funcionamento constante e regular, o sistema solar deve ser complementado com sistemas de reserva, no sentido de assegurar o aquecimento mesmo com baixa exposição solar. Como também existe produção elétrica neste caso, pode-se estudar também a instalação de uma bomba de calor para os casos de baixa exposição.





6. Análise Atual do Setor Cerâmico

6. Análise Atual do Setor Cerâmico

Neste capítulo, será apresentado um estudo relativo dos indicadores energéticos, anteriormente mencionados no capítulo 4, para os diferentes subsetores da indústria cerâmica. A presente análise teve como base o trabalho desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas de Energia do CTCV, nos subsetores cerâmicos industriais mais representativos, nomeadamente:

- **Cerâmica Utilitária e Decorativa**
 - Com desagregação na tipologia do produto, nomeadamente Faiança, Grés, Olaria de barro e Porcelana.
- **Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural**
 - Com desagregação na tipologia do produto, nomeadamente Refratário, Telha e Tijolo.
- **Cerâmica de Construção de Acabamento**
 - Com desagregação na tipologia do produto e de ciclo, nomeadamente Pavimento e Revestimento (ciclo parcial), Pavimento e Revestimento (ciclo completo) e Sanitário.

Foram analisados os referidos 3 indicadores energéticos com base nas Auditorias Energéticas, Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn) e Relatórios de Execução e Progresso (REP) realizados às empresas destes subsetores nos últimos anos, de forma a melhor traçar o panorama geral da cerâmica.

Como principal objetivo desta análise, espera-se criar *benchmarks* para cada um dos diferentes subsetores selecionados. De sublinhar que nas figuras seguintes, quanto mais visível for a tonalidade da cor em cada subsetor, mais fidedigno é o intervalo de valores.

6.1. Consumo Específico

Este indicador foi calculado com base na equação apresentada no capítulo 4 (subcapítulo 4.1. Processo Metro-

dológico) e representa a energia consumida para produzir uma unidade de produto (tonelada, m² ou peças).

6.1.1. Cerâmica Utilitária e Decorativa

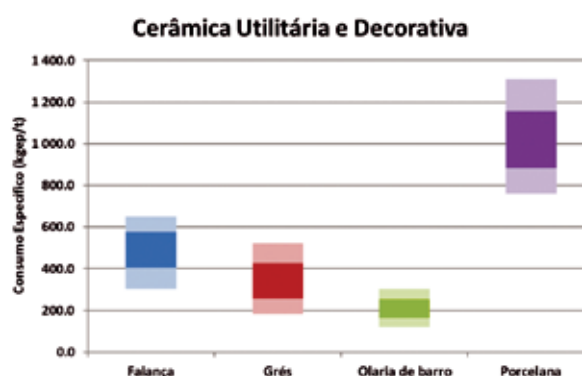


Figura 76 - Gama de valores de Consumo Específico na Cerâmica Utilitária e Decorativa

Na Cerâmica Utilitária e Decorativa, os valores de Consumo Específico são muito variáveis consoante o tipo de produto. A Olaria de barro é o subsetor que apresenta não só as menores variações deste indicador, como em termos de valor absoluto, pois os gastos energéticos envolvidos na sua produção são relativamente baixos. De seguida tem-se o Grés, cuja monocozedura induz valores baixos deste indicador. Já a Faiança que é produzida em bicozedura, atinge valores mais elevados. De salientar que a Porcelana encontra-se no topo por requerer e várias cozeduras (mínimo duas, podendo chegar a 4), e com temperaturas de cozedura mais elevadas do que as da faiança.

6.1.2. Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural

No setor da Cerâmica Técnica apenas são apresentados dados estatísticos da produção de Refratários, por não existirem dados representativos de outras famílias de produtos de cerâmica técnica como os isolado-

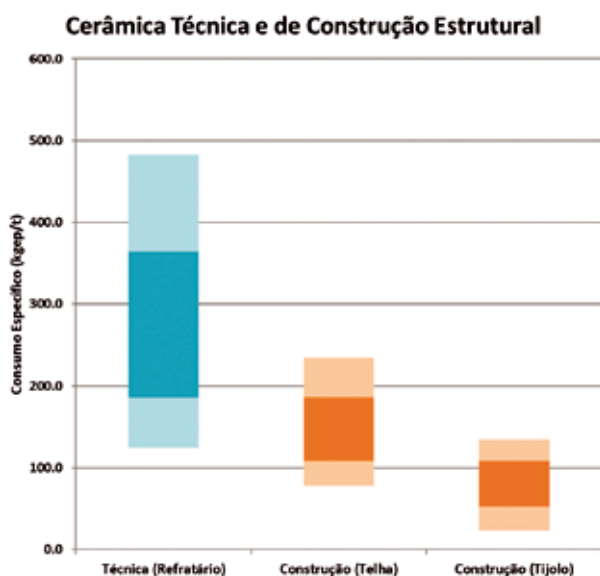


Figura 77 - Gama de valores de Consumo Específico na Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural

res elétricos. A Cerâmica de Construção Estrutural é composta pela produção Telha e Tijolo. Os valores de Consumo Específico são superiores no refratário, dada a maior temperatura de cozedura e a complexidade que as peças podem apresentar como a dimensão e a elevada espessura e densidade, seguida da Telha e por fim do Tijolo, com valores mais baixos, por ser cozido a temperaturas mais baixas. Regra geral, quanto maior for a exigência do produto, maior será também o consumo energético para o produzir, fazendo subir este indicador.

6.1.3. Cerâmica de Construção de Acabamento

No setor da Cerâmica de Construção de Acabamento, os valores de Consumo Específico são muito superiores no Sanitário em comparação com o Pavimento e Revestimento. Tal facto é explicado pela geometria das peças produzidas: visto que no Sanitário são muito superiores, em termos de dimensão e volume ocupado,

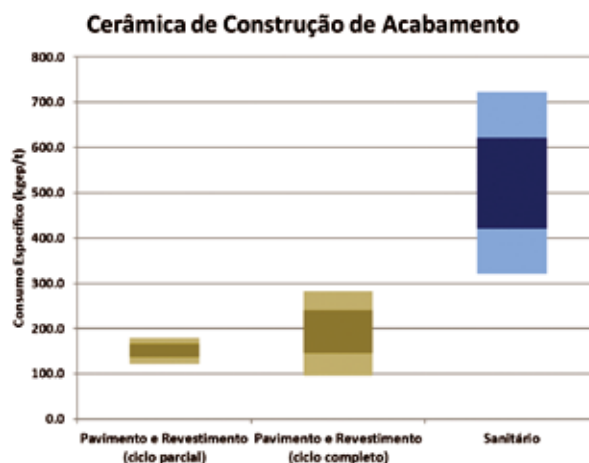


Figura 78 - Gama de valores de Consumo Específico na Cerâmica de Construção de Acabamento

do que no Pavimento e Revestimento, a quantidade de energia consumida por unidade de peça será muito superior neste primeiro, onde se verificaram situações em que foram atingidas cerca de 700 kgep/t. Nas restantes, esse valor não ultrapassou os 300 kgep/t. Outro pormenor importante no Pavimento e Revestimento é que quanto mais completo for o ciclo (preparação da pasta, atomização conformação, secagem e cozedura), maior será também o consumo de energia, que por sua vez provoca o aumento deste indicador. O ciclo parcial aplica-se às empresas que não preparam a pasta nem atomizam, mas recebem as matérias-primas já formuladas e preparadas na forma de pó pronto a conformar.

6.2. Intensidade Energética

Este indicador foi calculado com base na equação apresentada no capítulo 4 (subcapítulo 4.1. Processo Metodológico) e representa a energia consumida para produzir um euro de produto. Significa que quanto mais caro for vendido o produto mais baixo será este indicador.

6.2.1. Cerâmica Utilitária e Decorativa

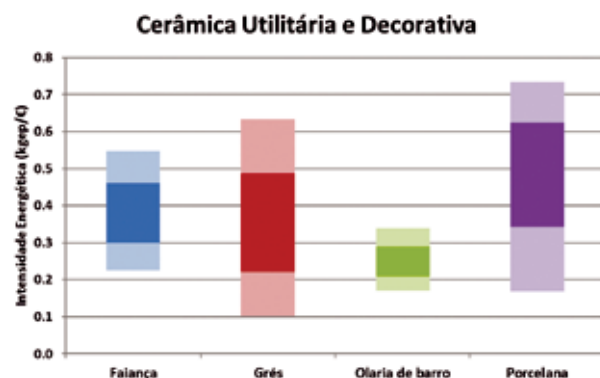


Figura 79 - Gama de valores de Intensidade Energética na Cerâmica Utilitária e Decorativa

No setor da Cerâmica Utilitária e Decorativa, os valores de Intensidade Energética são relativamente constantes independentemente do tipo de produção, situando-se entre 0.1 e 0.75 kgpe/€, aproximadamente. No entanto, é de salientar que é o setor da Olaria de barro a apresentar a variação mais restrita. De salientar que no caso cerâmica utilitária e decorativa também se coloca a situação de algumas empresas não terem o ciclo completo, pelo facto de receberem a pasta já preparada e algumas empresas da porcelana apenas fazem a decoração e cozedura, não tendo, portanto, toda a fase inicial até à conformação do produto.

6.2.2. Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural

No setor da Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural, os valores de Intensidade Energética tendem a seguir a mesma conclusão do Consumo Específico, com valores mais ou menos similares. No entanto, é também no subsector da Cerâmica Técnica que se continua a verificar a maior variação entre valores máximos e mínimos (podendo atingir mais de 3 kgpe/€).

Tal deve-se ao valor de alguns refratários para apli-

Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural

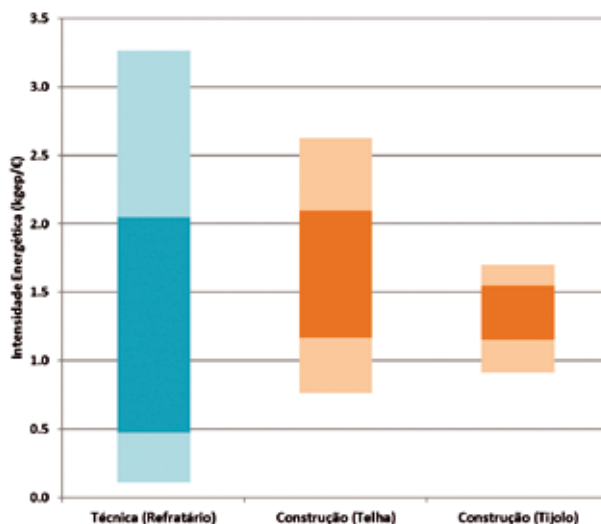


Figura 80 - Gama de valores de Intensidade Energética na Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural

cações especiais contendo matérias-primas de maior valor como por exemplo a alumina.

6.2.3. Cerâmica de Construção de Acabamento

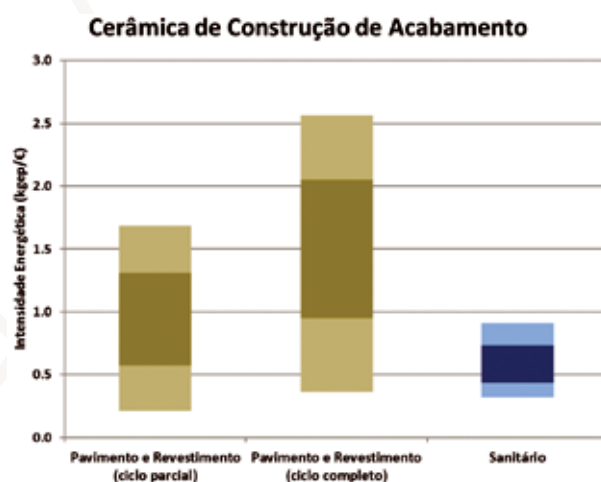


Figura 81 - Gama de valores de Intensidade Energética na Cerâmica de Construção de Acabamento

No setor da Cerâmica de Construção de Acabamento, é agora o subsetor do Pavimento e Revestimento com ciclo completo a revelar não só os valores mais elevados de Intensidade Energética, mais também a maior diferença entre máximo e mínimo. O subsetor do Sanitário também demonstra valores similares aos do Pavimento e Revestimento com ciclo parcial, no entanto não tem variações tão significativas, situando-se entre os 0.75 e 1 kgep/€.

6.3. Intensidade Carbónica

Este indicador foi calculado com base na equação apresentada no capítulo 4 (subcapítulo 4.1. Processo Metodológico) e representa as toneladas de CO₂ emitidas no consumo de energia. Este indicador está relacionado com o fator de emissão da energia utilizada.

6.3.1. Cerâmica Utilitária e Decorativa

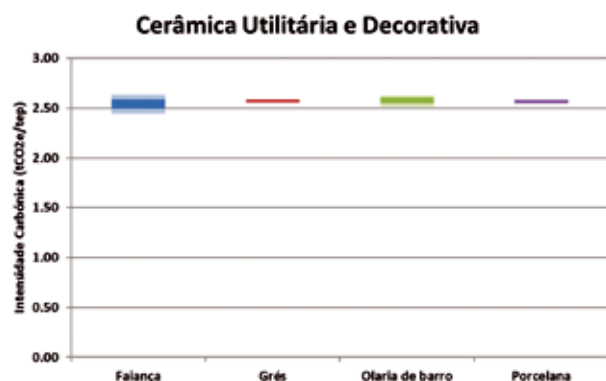


Figura 82 - Gama de valores de Intensidade Carbónica na Cerâmica Utilitária e Decorativa

No setor da Cerâmica Utilitária e Decorativa, os valores de Intensidade Carbónica são relativamente constantes independentemente do tipo de produção, situando-se entre 2.5 e 2.7 tCO₂e/tep, aproximadamente. No entanto, é de salientar que é o subsetor da Faiança a apresentar a maior variação. De realçar que este in-

dicador pode diminuir bastante com a tipologia dos combustíveis usados (exemplo: utilização de combustíveis endógenos no caso da olaria de barro). No entanto, os produtos de faiança, grés e porcelana são todos produzidos com gás natural.

6.3.2. Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural

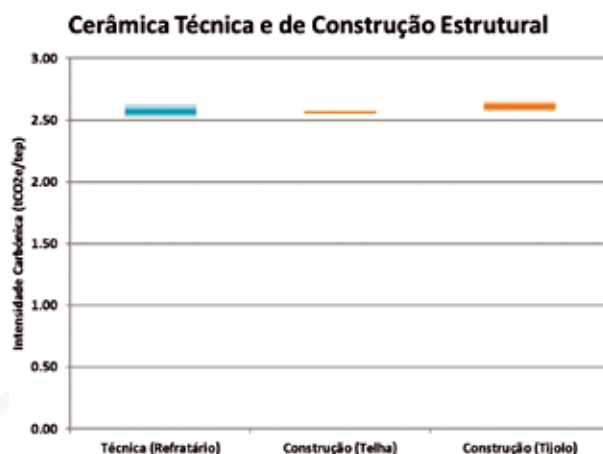


Figura 83 - Gama de valores de Intensidade Carbónica na Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural

No setor da Cerâmica Técnica e de Construção Estrutural, a Intensidade Carbónica tende a seguir agora uma ordem inversa à apresentada na Intensidade Energética, com valores mais elevados no Tijolo e mais baixos na Cerâmica Técnica. No entanto, estas diferenças são praticamente desprezáveis, visto que nestes subsetores o indicador fica situado entre 2.5 e 2.8 tCO₂e/tep.

De realçar que este indicador pode diminuir bastante com a tipologia dos combustíveis usados (exemplo: utilização de combustíveis endógenos no caso da produção de tijolo). Na cerâmica técnica e telha, o combustível usado é o gás natural.

6.3.3. Cerâmica de Construção de Acabamento

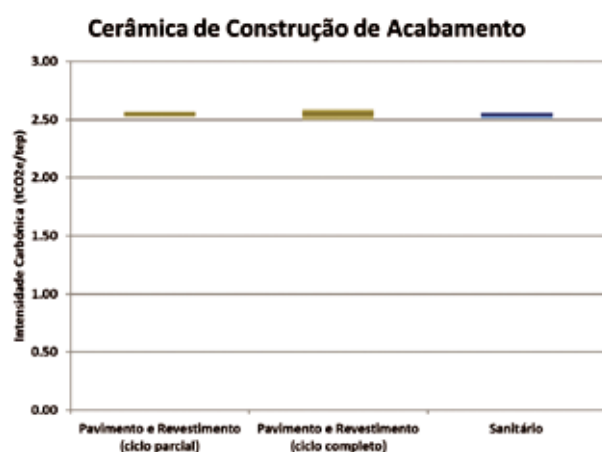


Figura 84 - Gama de valores de Intensidade Carbônica na Cerâmica de Construção de Acabamento

No setor da Cerâmica de Construção de Acabamento, a Intensidade Carbônica segue as mesmas conclusões da Intensidade Energética, onde é esperado que se situem entre 2.5 e 2.6 tCO₂e/tep. Na cozedura destes produtos é usado exclusivamente o gás natural pelo que é natural que os valores sejam muito uniformes.





7. Bibliografia

7. Bibliografia

1. Pacote Ecológico Europeu (European Green Deal)
2. Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050)
3. Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)
4. Decreto-Lei n.º 84/2022, de 9 de dezembro (Agência Portuguesa do Ambiente)
5. Estratégia Nacional para o Hidrogénio (EN-H₂)
6. Plano de Ação para o Biometano 2024-2040
7. Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)
8. Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) (ADENE)
9. Agência Portuguesa do Ambiente
10. Vários documentos internos desenvolvidos pelo CTCV (manuais, artigos, apresentações, ...)
11. Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 14 de julho, que aprova o PNEC 2030.
12. Plano Nacional Integrado Energia e Clima submetido por Portugal à Comissão Europeia em final de dezembro de 2019 (versão final)
13. Apresentação do Plano Nacional Integrado Energia e Clima (Lisboa, 28 de janeiro de 2019) Documento de Consulta Pública.
14. Objetivo 55: Reforma do Sistema de Comércio de Licenças de Emissão da UE, União Europeia, 2022. Disponível em: <https://www.consilium.europa.eu/pt/infographics/fit-for-55-eu-emissions-trading-system/>. (Acedido a 21 de Maio 2024).
15. Estratégia Nacional para a Energia, Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de Abril, que regulamenta o SG-CIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia. Este Diploma foi alterado pela Lei n.º 7/2013, de 22 de janeiro, e pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril.
16. FAQ da Comissão Europeia (em inglês)
17. Free allocation - European Commission
18. Manual de Produção + Limpa da Indústria Cerâmica, AEP
19. Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração na Indústria – Guia de Boas Práticas, ADENE

Sites consultados

<https://www.adene.pt>
<https://www.dgeg.pt>
<https://www.apambiente.pt>
<https://www.ren.pt>
<https://www.apren.pt>
<https://www.weg.net>
<https://www.repsol.pt>
<https://www.viessmann.pt>
<https://www.induzir.pt>
<https://media.licdn.com/>
<https://www.aclengineering.co.uk>
<https://www.meesi.pt>
<https://img.rockwool.com>
<https://www.rinnai.com.au>
<https://www.aeportugal.pt>





8. Glossário

8. Glossário

A Alterações climáticas

Alterações de clima não cíclicas, associadas ao aumento da presença de gases com efeito de estufa (GEE) na atmosfera em resultado de atividades humanas, entre as quais a queima de combustíveis fósseis.

AQS

Águas Quentes Sanitárias.

ARCE

Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia.

Auditoria Energética

Análise do funcionamento de uma instalação de uso final com o fim de determinar onde, quando, como e quanta energia é utilizada em cada sector ou equipamento, permitindo estabelecer o balanço energético global e vários balanços parciais, com o objectivo de detectar as oportunidades mais importantes de racionalização do consumo de energia da instalação.

B Balastro eletrónico

Dispositivo que pode ser colocado nas lâmpadas e que permite melhorar o rendimento luminoso destas em cerca de 30%.

Biocombustível

Combustível que deriva da biomassa. É uma fonte de energia renovável. Desperdícios vindo da atividade industrial, agricultura e floresta e resíduos domésticos, podem ser utilizados para produzir este tipo de energia.

Biocombustíveis convencionais

Produtos a partir de culturas alimentares, como açúcar, amido e óleos vegetais. São produzidos a partir da terra utilizando matérias-primas que também podem ser utilizadas para a alimentação humana e animal.

Biocombustíveis avançados

Produtos a partir de fontes que não estão em concorrência direta com as culturas destinadas à alimentação humana e à alimentação animal, nomeadamente detritos e resíduos agrícolas.

Biogás

Gás combustível produzido a partir de biomassa e/ou da fração biodegradável de resíduos, que pode ser purificado até à qualidade do gás natural, para utilização como biocombustível. Combustíveis gasosos produzidos a partir de biorresíduos.

Biomassa

A biomassa é a matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, utilizada como fonte de energia em base renovável. Trata-se de um biocombustível com origem nos produtos e resíduos da agricultura da floresta, entre outros.

Biometano

Biocombustível gasoso, derivado do biogás, e que tem comportamentos e utilizações semelhantes ao do gás natural.

C Caloria

Unidade de energia que é a “quantidade de calor absorvida por um grama de água destilada quan-

do a sua temperatura aumenta em 1°C.

Camada de ozono

Camada atmosférica que se situa entre os 20 e os 50 km acima da superfície terrestre e que atua como um filtro, protegendo os organismos vivos dos raios solares ultravioletas.

Capex (CAPital EXpenditure)

Despesas de capital ou investimentos em bens de capitais.

Climatização

Sistema utilizado para aquecer ou arrefecer o ambiente.

Coletores solares térmicos

Dispositivos que utilizam energia proveniente dos raios solares para aquecer água.

Combustão

Trata-se de uma reação química exotérmica entre uma substância (o combustível) e um gás (o comburente), usualmente oxigénio, que produz e liberta calor.

Combustíveis fósseis

Combustíveis formados no subsolo a partir de restos microscópicos de animais e plantas que demoraram milhões de anos até se transformarem em combustíveis. O petróleo, o gás natural e o carvão são exemplos de combustíveis fósseis.

Combustível

É qualquer substância que reage com o oxigénio,

com produção de calor e libertação de energia.

D Desenvolvimento sustentável

Modelo de desenvolvimento que, segundo a ONU, permite satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades.

Desperdício de energia

Sucedendo quando a energia não é utilizada na sua totalidade. Pode existir desperdício de energia ao longo de todo o processo de transformação da energia, como também na sua utilização.

Digerido

O efluente que foi objeto de digestão anaeróbia controlada em unidades de biogás, constituído por uma fase sólida e uma fase líquida, equiparado a efluente pecuário, nos termos do disposto na alínea n) do artigo 2.º da Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro.

Digestão Anaeróbia (DA)

Processo utilizado no tratamento de efluentes líquidos que contêm uma elevada concentração de matéria orgânica biodegradável, no tratamento de lamas em estações de tratamento de águas residuais, no tratamento de matérias residuais na indústria do abate de animais e da indústria agroalimentar, e no tratamento de lamas na atividade agropecuária. A principal característica comum destas aplicações é a elevada concentração de matéria orgânica.

Dióxido de carbono (CO₂)

Também chamado gás carbônico, é um dos responsáveis pelo aumento do efeito de estufa associado à combustão de energias fósseis. Este é o gás de maior importância para o cumprimento do Protocolo de Quioto, uma vez que representa 55% dos gases com efeito de estufa na atmosfera.

E Efeito de estufa

Efeito natural da Terra, e que pressupõe o aquecimento da atmosfera devido à acumulação de gases que retêm o calor do Sol, tal como numa estufa. Este efeito mantém a superfície da Terra com uma temperatura média de 15°C.

EFF

Níveis de eficiência dos motores.

Eficiência energética

Relação entre a energia consumida ou recebida e a energia produzida.

Energia proveniente de fontes renováveis

Energia proveniente de fontes não-fósseis, como a energia eólica, solar, geotérmica e hidrelétrica, a biomassa e os gases das instalações de tratamento de águas residuais (por exemplo, o metano).

Energia eólica

Energia renovável com origem no deslocamento de massas de ar.

Energia hídrica

Energia renovável resultante do aproveitamento dos cursos de água nos rios para produzir eletricidade.

Energia primária

Energia na sua forma natural (carvão, petróleo, urânio, sol, vento, etc.), antes de ser convertida para formas de uso final.

Energia renovável (ER)

É aquela que é obtida a partir de fontes capazes de se regenerarem, e, portanto, virtualmente inesgotáveis, como por exemplo: sol, vento, ondas, marés, biomassa e calor da Terra.

Energia solar fotovoltaica

Energia obtida através de dispositivos que convertem a energia solar diretamente em eletricidade.

Energia solar térmica

Energia Solar na forma de calor.

F FER

Fontes de Energia Renovável.

Fotovoltaico

Efeito da conversão direta da luz em energia elétrica.

G Gases com Efeito Estufa (GEE)

São os principais responsáveis pelo chamado efeito estufa. Entre os vários gases que constituem os GEE, podemos encontrar o dióxido de carbono (CO₂), o óxido nítrico (N₂O), ou o metano (CH₄).

I Intensidade energética Intensidade energética

É um indicador de eficiência energética que traduz a incidência do consumo de energia final sobre o PIB (Produto Interno Bruto). Quanto menor for a intensidade energética, maior é a eficiência ener-

gética de uma economia/produto.

J Joule

Unidade de trabalho, de energia e de quantidade de calor. O joule é o trabalho produzido por uma força de 1 newton cujo ponto de aplicação se desloca 1 metro na direção da força. (uma caloria equivale a 4,1868 Joules).

L LBC

Lei de Bases do Clima.

O Opex (OPerational EXpenditure)

Despesas e gastos operacionais, bem como na manutenção de equipamentos da empresa.

Ozono

Tipo especial de oxigénio cujas moléculas consistem em três átomos em vez de dois. É altamente tóxico e, mesmo em concentrações baixas, ataca os olhos, a garganta e as vias respiratórias. Além disso, danifica árvores e plantas. A sua presença no ar ao nível do solo constitui um risco para a saúde, no entanto na atmosfera funciona como filtro de proteção dos raios ultravioleta.

P Painéis solares fotovoltaicos

Dispositivos que utilizam o efeito fotovoltaico para converter a radiação solar em energia elétrica. As células solares são o elemento de base dos módulos solares, que, associados, constituem os painéis fotovoltaicos.

Petróleo

Combustível líquido natural constituído essencialmente por hidrocarbonetos, e que pode

ser encontrado em reservatórios em profundidade (ou no interior da crosta terrestre).

PREn

Plano de Racionalização dos Consumos de Energia.

Protocolo de Quioto

Protocolo internacional que estabelece compromissos para a redução da emissão de gases com efeito de estufa, considerados como a causa do aquecimento global.

O Protocolo de Quioto prevê metas de redução de emissões de GEE para os países desenvolvidos, de 5% até 2012, em relação a 1990.

R Recursos não renováveis

Recursos energéticos esgotáveis cuja formação demorou muitos milhões de anos. Estes recursos, uma vez utilizados, não podem ser renovados à escala da vida humana. Exemplo: os combustíveis fósseis, que atualmente são responsáveis pela maior parte da energia consumida pelo Homem.

Recursos renováveis

Recursos que se reciclam rapidamente ou têm o poder de se propagar ou ser propagados. Podem ser utilizados de forma permanente sem se esgotarem (o sol, o vento, a água), se a taxa de utilização não superar a de renovação (a floresta, o calor da Terra).

REE

Rendimento Elétrico Equivalente.

S Standby

Quando um aparelho está em repouso (pronto a

trabalhar) e continua a consumir energia elétrica.

T TEGEE

Título de Emissão de Gases com Efeito de Estufa.

Tep

Unidade energética que significa tonelada equivalente petróleo. Equivale a 42 GJ ou 11,6 MWh.

Termossifão

Efeito que consiste na movimentação de um fluido que ao aquecer reduz a sua densidade “elevando-se” e que ao arrefecer aumenta novamente a densidade o fluido desce.

Th

Termia = 1000 kcal.

Turbinas eólicas

Dispositivos utilizados para converter a energia cinética do vento em energia mecânica, geralmente utilizando um eixo rotativo que está ligado a um gerador elétrico. É um dos componentes dos aerogeradores.

U URE

Sigla para utilização racional de energia.

V VEV

Variador Eletrónico de Velocidade.

W Watt

Unidade de potência elétrica (We) ou térmica (Wt).





