



**TECNOLOGIA  
SETÚBAL**

ESCOLA SUPERIOR  
POLITÉCNICO SETÚBAL

CARLOS JOSÉ  
PIÇARRA  
OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO TÉCNICO-FINANCEIRA  
DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE  
CO<sub>2</sub>e NA CENTRAL TÉRMICA DA  
EURORESINAS**

Relatório de Projeto em Engenharia e Gestão de  
Energia do Mestrado em Engenharia e Gestão de  
Energia na Indústria e Edifícios

**ORIENTADOR**

Professor Doutor Amândio Rebola

Dezembro 2025

CARLOS JOSÉ  
PIÇARRA  
OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO TÉCNICO-FINANCEIRA  
DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE  
CO<sub>2</sub>e NA CENTRAL TÉRMICA DA  
EURORESINAS**

**JÚRI**

*Presidente:* Professor Doutor Paulo Miguel Marques  
Fontes, ESTSetúbal/IPS

*Orientador:* Professor Doutor Amândio Jorge Barroso  
Rebola, ESTSetúbal/IPS

*Vogal:* Professor Doutor Rogério José da Silva  
Correia Duarte

Dezembro 2025



*“O que é que se diz? Quero mais!”*



# Agradecimentos

Todo este trabalho não seria possível sem o apoio incondicional dos meus pais, irmã, cunhado, sobrinhos e amigos a quem tudo devo e partilho as minhas conquistas.

Um agradecimento a todos os docentes da Escola Superior de Tecnologias de Setúbal, em particular do Mestrado em Engenharia e Gestão de Energia na Indústria e Edifícios, pela transmissão de conhecimentos teóricos e práticos valiosos para o mercado e em particular ao Professor Doutor Amândio Rebola pela orientação ao longo do projeto.

A toda a equipa EuroResinas, à Engenheira Vânia Martins e em especial ao Doutor Jorge Rocha, responsáveis pelo Departamento de Manutenção e Departamento de Engenharia de Processo respetivamente, pelo contributo, disponibilidade e suporte dados desde o início do mestrado.

Um agradecimento muito especial a quem de forma inesperada se cruzou da minha vida e me apoiou e incentivou a manter o foco e a motivação na conclusão do presente projeto.

Finalizo com uma menção particular aos meus avós que sei que estariam extremamente orgulhosos.

# Resumo

No âmbito do Projeto em Engenharia e Gestão de Energia são analisadas, técnica e financeiramente, soluções de melhoria a aplicar no Sistema de Caldeiras da unidade industrial de produção de resinas sintéticas e impregnação de papel decorativo, EuroResinas. O objetivo passa pela redução das emissões dos gases de efeito de estufa, seja com a aplicação de um sistema de aquecedores elétricos, considerando que a energia elétrica é 100% proveniente de fontes renováveis, seja com a substituição das caldeiras por equipamentos com melhor eficiência. Embora as soluções não sejam financeiramente atrativas, a melhoria contínua é um dos pilares na indústria.

**Palavras-chave:** EuroResinas, Caldeiras a gás, eficiência energética, emissões de gases de efeito de estufa, neutralidade carbónica, avaliação financeira, melhoria contínua.

# Abstract

As part of the Project in Energy Engineering and Management, solutions for improving the boiler system of the EuroResinas industrial unit, which produces synthetic resins and impregnates decorative paper, are analysed from a technical and financial perspective. The objective is to reduce greenhouse gas emissions, either through the application of an electric heating system, considering that the electricity is 100% from renewable sources, or by replacing the boilers with more efficient equipment. Although the solutions may not be financially attractive, continuous improvement is one of the cornerstones of the industry.

**Keywords:** EuroResinas, Gas Boiler, energy efficiency, greenhouse gas emissions, carbon neutrality, financial evaluation, continuous improvement.

# Índice

|                                                                                      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Agradecimentos.....                                                                  | i    |
| Resumo .....                                                                         | ii   |
| Abstract.....                                                                        | iii  |
| Índice .....                                                                         | iv   |
| Lista de Figuras .....                                                               | vi   |
| Lista de Tabelas .....                                                               | vii  |
| Lista de Siglas e Acrónimos .....                                                    | viii |
| Capítulo 1 .....                                                                     | 1    |
| Introdução.....                                                                      | 1    |
| 1.1. Origem da EuroResinas .....                                                     | 1    |
| 1.2. Enquadramento .....                                                             | 3    |
| 1.3. Objetivo.....                                                                   | 6    |
| Capítulo 2 .....                                                                     | 9    |
| Central Térmica.....                                                                 | 9    |
| 2.1. Introdução.....                                                                 | 9    |
| 2.2. Central térmica da EuroResinas.....                                             | 9    |
| 2.3. Eficiência térmica das caldeiras da EuroResinas .....                           | 16   |
| Capítulo 3 .....                                                                     | 19   |
| Combustíveis e emissões GEE.....                                                     | 19   |
| 3.1. Introdução.....                                                                 | 19   |
| 3.2. Combustíveis Fósseis e Energia Elétrica de Fontes Renováveis.....               | 19   |
| 3.3. Gases de Efeito de Estufa (GEE).....                                            | 20   |
| 3.4. Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE).....                             | 21   |
| Capítulo 4 .....                                                                     | 25   |
| Análise de dados energéticos EuroResinas.....                                        | 25   |
| 4.1. Introdução.....                                                                 | 25   |
| 4.2. Consumos e Produção energética .....                                            | 25   |
| 4.3. Custos energéticos EuroResinas .....                                            | 30   |
| 4.4. Emissões EuroResinas.....                                                       | 32   |
| Capítulo 5 .....                                                                     | 35   |
| Melhorias Propostas.....                                                             | 35   |
| 5.1. Introdução.....                                                                 | 35   |
| 5.2. Melhoria 1 – Aquecedores elétricos .....                                        | 35   |
| 5.3. Melhoria 2 – Substituição das caldeiras por novas caldeiras de gás natural..... | 38   |
| Capítulo 6 .....                                                                     | 41   |
| Conclusões.....                                                                      | 41   |
| Bibliografia .....                                                                   | 43   |

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Anexo I.....                          | A |
| Leituras temperaturas Caldeiras ..... | A |
| Anexo II.....                         | B |
| Procedimento sistema caldeiras .....  | B |

# Lista de Figuras

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Enquadramento Geográfico da EuroResinas [Fonte: Google Maps, abril 2025] .....                                  | 2  |
| Figura 2 - Vista aérea da unidade industrial EuroResinas [Fonte: Google Maps, abril 2025] .....                            | 3  |
| Figura 3 - Balanço da produção de eletricidade de Portugal Continental, 1º semestre 2025 [4] .                             | 5  |
| Figura 4 - Evolução das emissões de GEE (1990-2030) [4].....                                                               | 5  |
| Figura 5 - Evolução da produção de eletricidade na cogeração e do consumo de energia final da EuroResinas (2020-2024)..... | 7  |
| Figura 6 - Fontes de energia (3º trimestre 2024) [Fonte: fatura EuroResinas mês 12/2024] .....                             | 8  |
| Figura 7 - Esquema simplificado da Central Térmica da EuroResinas .....                                                    | 10 |
| Figura 8 - Esquema simplificado do sistema de caldeiras da EuroResinas .....                                               | 11 |
| Figura 9 - Queimador de gás, modelo BLU 6000.1 PR, marca Ecoflame [8] .....                                                | 12 |
| Figura 10 - Registo de temperaturas da Caldeiras de fluido térmico da EuroResinas.....                                     | 13 |
| Figura 11 - Esquema simplificado do circuito de fluido térmico da EuroResinas .....                                        | 15 |
| Figura 12 - Evolução da produção elétrica em Portugal Continental (2000-2024) [4].....                                     | 20 |
| Figura 13 - Emissões setoriais de CO <sub>2e</sub> , em Portugal, em 2020 [13] .....                                       | 21 |
| Figura 14 – Evolução do preço das licenças CELE (2020-2025) [18] .....                                                     | 22 |
| Figura 15 - Consumo energético da EuroResinas (2020-2024) .....                                                            | 28 |
| Figura 16 – Evolução do preço médio da eletricidade para consumidores não domésticos [20]                                  | 29 |
| Figura 17 - Evolução do preço médio do gás natural para consumidores não domésticos [21]                                   | 29 |
| Figura 18 – Consumo de energia primária da EuroResinas (2020-2024) .....                                                   | 32 |
| Figura 19 – Exemplo de um sistema de aquecimento elétrico [25] .....                                                       | 36 |
| Figura 20 – Variação do custo faturado do Gás Natural e da Energia Elétrica (2020-2024) .....                              | 38 |

# Lista de Tabelas

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Dados técnicos das caldeiras e queimadores da EuroResinas.....                                                                              | 12 |
| Tabela 2 – Temperaturas medidas nas caldeiras .....                                                                                                    | 14 |
| Tabela 3 – Resultados da análise dos gases exaustão [10].....                                                                                          | 16 |
| Tabela 4 - Perdas à capacidade nominal para vários tipos de caldeiras [9].....                                                                         | 18 |
| Tabela 5 –Licenças CELE atribuídas à EuroResinas [14] .....                                                                                            | 23 |
| Tabela 6 - Distribuição energética da EuroResinas (2020-2024) .....                                                                                    | 25 |
| Tabela 7 – Relação percentual do consumo energético da EuroResinas .....                                                                               | 26 |
| Tabela 8 – Receitas da venda de energia da cogeração e custos energéticos da EuroResinas<br>(2020-2024).....                                           | 30 |
| Tabela 9 – Fator de conversão para energia final e fatores de emissão de CO <sub>2e</sub> para a energia<br>elétrica, gasóleo e gás natural [22] ..... | 31 |
| Tabela 10 – Consumo de energia primária da EuroResinas (2020-2024) .....                                                                               | 32 |
| Tabela 11 – Emissão de CO <sub>2e</sub> da EuroResinas (2020-2024) .....                                                                               | 33 |
| Tabela 12 – Acerto da emissão de CO <sub>2e</sub> da EuroResinas (2020-2024) .....                                                                     | 33 |
| Tabela 13 – Emissões de CO <sub>2e</sub> da EuroResinas sem consumo de Gás natural.....                                                                | 34 |
| Tabela 14 – Avaliação da medida de melhoria 1 .....                                                                                                    | 37 |
| Tabela 15 – Simulação variação custo energia elétrica.....                                                                                             | 37 |
| Tabela 16 – Avaliação da medida de melhoria 2 .....                                                                                                    | 39 |

# Lista de Siglas e Acrónimos

|          |                                                             |
|----------|-------------------------------------------------------------|
| ADENE    | Agência para a Energia                                      |
| APA      | Agência Portuguesa do Ambiente                              |
| APEG     | Associação Portuguesa de Empresas de Gás                    |
| APEMETA  | Associação Portuguesa de Empresas de Tecnologias Ambientais |
| APREN    | Associação Portuguesa de Energias Renováveis                |
| ATEX     | Atmosfera Explosiva                                         |
| BFW      | <i>Boiler Feed Water</i>                                    |
| CELE     | Comércio Europeu de Licenças de Emissão                     |
| CER      | Consumos Energético de Referência                           |
| CIE      | Consumidor Intensivo de Energia                             |
| Fa       | Fábrica de Formaldeído                                      |
| GEE      | Gases de Efeito de Estufa                                   |
| IDE      | Indicadores de Desempenho Energético                        |
| IPQ      | Instituto Português da Qualidade                            |
| ISO      | Organização Internacional de Normalização                   |
| MEESI    | Medida de Eficiência Energética em Sistemas Industriais     |
| NIMs     | <i>National Implementation Measures</i>                     |
| PCI      | Poder Calorífico Inferior                                   |
| PDCA     | Plan Do Check Act                                           |
| PNAEE    | Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética        |
| PNEC2030 | Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030                    |
| RNC2050  | Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050                  |
| S.A.     | Sociedade Anónima                                           |
| SGCIE    | Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia        |
| SGE      | Sistema de Gestão de Energia                                |



|       |                                            |
|-------|--------------------------------------------|
| SGPS  | Sociedade Gestora de Participações Sociais |
| SONAE | Sociedade Nacional de Estratificados       |
| UE    | União Europeia                             |

# Lista de Símbolos

|                  |                                                        |
|------------------|--------------------------------------------------------|
| $CO_{2e}$        | Dióxido de Carbono equivalente                         |
| $CO_2$           | Dióxido de Carbono                                     |
| $Gcal/h$         | Gigacalorias por hora                                  |
| $GWh$            | Gigawatt hora                                          |
| $^{\circ}C$      | Graus Celsius                                          |
| $kcal/h$         | Kilocalorias por hora                                  |
| $kg$             | Kilograma                                              |
| $kPa$            | Kilopascal                                             |
| $kW$             | Kilowatt                                               |
| $kWh$            | Kilowatt hora                                          |
| $m^2$            | Metros quadrados                                       |
| $mbar$           | Milibar                                                |
| $MJ$             | Megajoule                                              |
| $Mt CO_{2e}$     | Milhões de Toneladas de Dióxido de Carbono equivalente |
| $MW$             | Megawatt                                               |
| $tep$            | Toneladas equivalentes de petróleo                     |
| $tonCO_{2e}$     | Toneladas de Dióxido de Carbono equivalente            |
| $tonCO_{2e}/ano$ | Toneladas de Dióxido de Carbono equivalente por Ano    |
| $\%$             | Porcentagem                                            |
| $\%vol, seco$    | Porcentagem de volume seco                             |
| $\text{€}$       | Euro                                                   |
| $\text{€/Ano}$   | Euro por Ano                                           |

# Capítulo 1

## Introdução

A temperatura global do planeta tem vindo a aumentar gradualmente, o que tem impacto direto em todas as formas de vida, com o surgimento de fenómenos climáticos extremos em todo o globo. É do conhecimento científico que a emissão de gases de efeito de estufa (GEE), com destaque para o dióxido de carbono, é a principal causa das alterações climáticas sendo este emitido maioritariamente pela queima de combustíveis fósseis. Portugal comprometeu-se com a União Europeia (UE) que irá assumir um papel de destaque na transição energética e na redução do consumo de combustíveis fósseis, combatendo a pobreza energética e reduzindo os GEE. De acordo com a Agência para a Energia (ADENE), o setor da indústria é um dos que apresenta maiores consumos e dependência de recursos energéticos não renováveis, o que se traduz em cerca de 30% do consumo final de Portugal [1].

### 1.1. Origem da EuroResinas

Fundada em 1959 na Maia, a SONAE (Sociedade Nacional de Estratificados) tinha como objetivo a produção de termolaminados decorativos. A expansão e diversificação da Sonae Indústria teve início na década de 70, tendo a partir deste período adquirido unidades de produção de painéis derivados de madeira, químicos e papel impregnado na Europa, Canadá, Brasil e África do Sul.

A EuroResinas – Indústrias Químicas S.A., é uma unidade industrial localizada na Zona Industrial e Logística de Sines do Grupo Sonae Arauco (figura 1), sendo responsável pela produção e fornecimento ao Grupo de resinas sintéticas de base formaldeído, bem como a produção e fornecimento de papel impregnado. Em 1975, na Maia, como unidade produtora de resinas, iniciou a produção de resinas fenólicas e melamínicas destinadas à produção de papel impregnado.

Na década de 80 foram realizados vários investimentos por forma a garantir o fornecimento de resinas aos novos negócios de derivados de madeira adquiridos pela Sonae Indústria. Contudo, apenas em 1993 foi constituída entidade autónoma. O aumento da capacidade instalada tornou-se um imperativo face ao crescimento do Grupo Sonae, tendo em 2001, numa decisão estratégica, a EuroResinas sido transferida para o parque industrial de Sines aumentando assim a sua capacidade de produção que mantém até à atualidade.



Figura 1 - Enquadramento Geográfico da EuroResinas [Fonte: Google Maps, abril 2025]

Em 2005 é realizado o *spin-off* da Sonae Indústria, e em 2016, concluiu-se uma parceria estratégica entre a Sonae Indústria, SGPS, S.A. e a Inversiones Arauco Internacional, Limitada, surgindo o Grupo Sonae Arauco. Atualmente com 23 unidades industriais e comerciais, em nove países de dois continentes e com cerca de 2600 colaboradores, o grupo posiciona-se no mercado como um dos maiores produtores mundiais de painéis derivados de madeira, tendo uma carteira de clientes em 68 países e um volume de negócios a rondar os 900 milhões de euros anuais.

De uma forma organizacional, o complexo está dividido em três áreas de produção, que são a Fábrica da Impregnação, responsável pela impregnação de papel decorativo e *kraft*; a Fábrica de Formaldeído, que produz a matéria-prima formaldeído; e a Fábrica de Resinas, onde são produzidas as resinas para fornecimento das fábricas de placas de derivados de madeira e impregnação de papel do Grupo Sonae Arauco.

Adicionalmente o complexo é ainda composto por um parque de tancagem de armazenamento de resinas e outros produtos utilizados para a produção das resinas, edifícios administrativos e oficinas, estação de tratamento de água industrial e água residual, armazéns de matéria primária sólida e edifícios destinados ao tratamento e produção de diferentes utilidades processuais (figura 2).



Figura 2 - Vista aérea da unidade industrial EuroResinas

[Fonte: Google Maps, abril 2025]

Prestes a completar 25 anos da implementação da unidade na área industrial de Sines, o grupo Sonae Arauco e em particular a EuroResinas tem vindo a apostar numa política e estratégia de sustentabilidade em concordância não só com a exigências legais e normativas, mas acima de tudo com uma visão de futuro e desenvolvimento económica, técnico, operacional e ambiental.

## 1.2. Enquadramento

Com a crescente preocupação relativamente à poluição e consequente fenómeno do aquecimento global, tem-se verificado uma progressiva implementação de políticas de sustentabilidade e de redução de impactes ambientais, com impacto em todos os setores. Estas medidas têm obrigado o setor industrial a acompanhar o desenvolvimento tecnológico e a aumentar a aposta em fontes de energia alternativas e a uma melhor gestão dos seus consumos.

Conforme frisado pela ADENE (Agência para a Energia) [1], o aumento da eficiência energética na indústria exige uma atitude pró-ativa do setor no que concerne à adequação dos seus equipamentos e processos a novas tecnologias e alinhamento com as estratégias atuais.

De acordo com a Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019 [2], o Acordo de Paris estabelece objetivos a longo prazo para contenção do aumento da temperatura média global, com um compromisso da comunidade internacional. Tendo sido estabelecidos objetivos do aumento da capacidade de adaptação aos impactos adversos das alterações climáticas e de mobilização de fluxos financeiros.

O Acordo de Paris é um reconhecimento da necessidade urgente de combater e ultrapassar os desafios das alterações climáticas, estabelecendo compromissos e metas a atingir a longo prazo. Existe assim uma necessidade de forte liderança, por parte dos países desenvolvidos, em apresentar planos a longo prazo para a redução de emissões de GEE.

A União Europeia, com a implementação de estratégias a longo prazo, com a definição de políticas e objetivos concretos, pretende atingir a neutralidade carbónica até 2050. Com esta meta traçada, o Governo português elaborou o “*Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050*” (RNC2050) [3] com o objetivo de identificar os principais pilares que contribuam para a descarbonização e estimar o potencial de redução da economia nacional.

O RNC2050 define a visão e trajetória para que Portugal atinja a neutralidade carbónica até 2050. Para tal, o RNC2050 foca-se em quatro componentes setoriais, considerados os principais responsáveis pelas emissões de GEE, que são a Energia, Transportes, Resíduos e Agricultura, Florestas e Uso do Solo [3]. O mesmo documento conclui que todos os setores contribuirão para a redução de emissões e que a neutralidade carbónica até 2050 é economicamente e tecnologicamente viável sendo para isso necessário alterar paradigmas de utilização de recursos e transitar para um modelo económico sustentado e direcionado para as energias renováveis.

Assim, na resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019 [2], para além da aprovação do RNC2050, é estabelecido como objetivo a redução das emissões de GEE para Portugal entre 85% e 90% até 2050, comparativamente a 2005, e a compensação das restantes emissões com uso do solo e florestas, ou seja, o estabelecimento dos principais vetores de descarbonização e linhas de atuação para uma sociedade neutra em carbono.

Atingir a neutralidade carbónica poderá ser uma oportunidade de consolidação do país no que confere à sustentabilidade, inovação, saúde, bem-estar, conhecimento e competitividade. O RNC2050 constitui uma estratégia de desenvolvimento a longo prazo, com atualizações a cada 10 anos, com vista a incluir o acompanhamento da evolução das alterações climáticas e das políticas internacionais, o normal desenvolvimento da sociedade e tecnologias e a evolução da estrutura de custos das tecnologias [3].

De acordo com dados disponibilizados pela APREN (Associação Portuguesa de Energias Renováveis) [4], no primeiro semestre de 2025, foram gerados 31.955 GWh de eletricidade em Portugal Continental, sendo que, 79,6% desta é proveniente de fontes renováveis e maioritariamente de fontes hídricas, conforme esquematizado na figura 3.



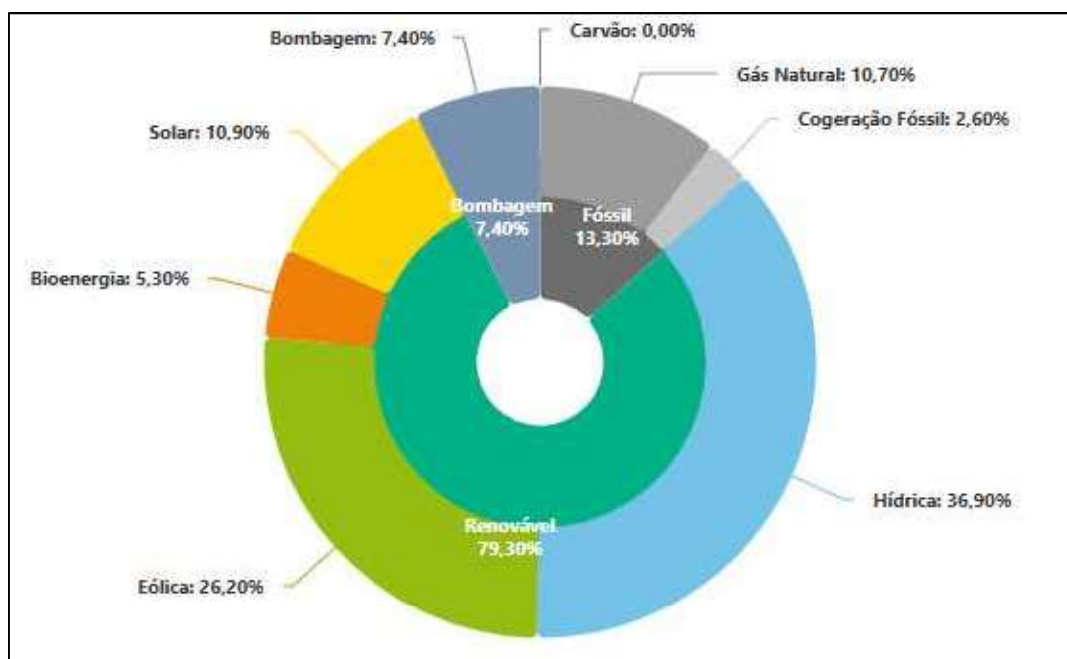


Figura 3 - Balanço da produção de eletricidade de Portugal Continental, 1º semestre 2025 [4]

O crescimento da produção de energia elétrica de origem em fontes renováveis tem permitido uma redução progressiva das emissões, sendo um passo importante para a descarbonização. Segundo a APREN, com o encerramento das centrais a carvão em 2022 prevê-se que até 2025 haja uma redução de 85% das emissões específicas do setor electroprodutor português [4], comparativamente aos dados globais do início do século.

De acordo com o definido no artigo 14º do regulamento (UE) 2018/1999, de 11 de dezembro, foi elaborado o “O Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030” (PNEC2030) [5]. Atendendo ao compromisso de atingir a neutralidade carbónica, as metas definidas para 2030 poderão implicar a revisão do RNC2050, estando ilustrado na figura 4 a trajetória de redução de emissões totais de GEE até 2030, considerando a estimativa para se atingir a meta de redução de 55%, face aos valores de 2005.

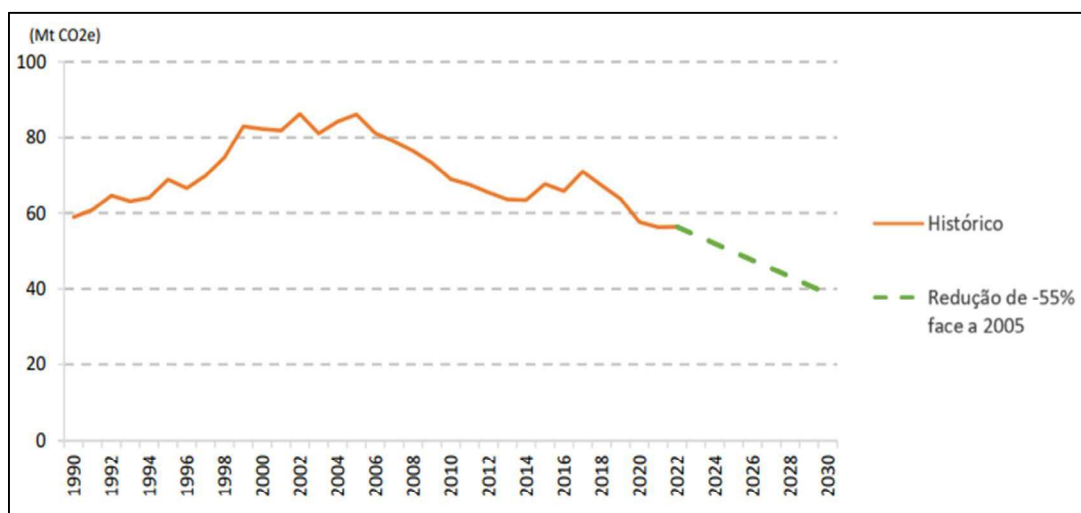


Figura 4 - Evolução das emissões de GEE (1990-2030) [4]

Ainda no PNEC2030 [5], é referido que para o cumprimento das metas e objetivos na área da eficiência energética devem ser implementadas algumas medidas que, entre outras, passam por o setor industrial eletrificar os processos térmicos, em concreto para temperaturas inferiores a 200°C, pelo investimento na eficiência energética e material e pela promoção de uma economia circular com a otimização energética, material e hídrica.

### 1.3. Objetivo

Desde o início da sua atividade o Grupo Sonae Arauco tem procurado seguir um caminho de sustentabilidade e acompanhamento da transição energética. De acordo com o *site* público do Grupo Sonae Arauco [6], consultado a 08 de abril de 2025, até 2033 o Grupo compromete-se em reduzir as emissões de GEE em 58,8% e alcançar a neutralidade carbónica, no âmbito de origens detidas ou controladas pelo grupo e origens indiretas provenientes de utilidades adquiridas ou compradas pelo grupo.

Sendo o Grupo um dos principais produtores mundiais de soluções derivadas de madeira, existe atualmente um compromisso público de sustentabilidade com a utilização de madeiras certificadas e controladas. Como exemplo deste compromisso o Grupo já incorpora nos seus processos cerca de 70% de madeira reciclada [6], apresentando assim evidências de acompanhamento das políticas de sustentabilidade e de progresso ao nível de emissões e de gestão energética.

Relativamente à EuroResinas, inicialmente utilizando Fuelóleo e a partir do final do ano 2019 passando a utilizar Gás Natural, estas transições e investimentos ao longo do tempo são uma demonstração clara do objetivo da empresa e do Grupo em eliminar ao máximo a dependência de combustíveis fósseis e reduzir as suas emissões de GEE, em concordância com as normas e legislação em vigor.

Analisando a distribuição de energia consumida e produzida na EuroResinas, verifica-se que, a grande maioria do consumo energético da unidade industrial é a energia elétrica, sendo a restante Gás Natural e um valor residual de gasóleo, referente aos sistemas de emergência e maquinaria do complexo.

Um dado de relevo é o facto de o sistema de cogeração representar entre 7,1% a 14,4% do consumo total anual, ou seja, em média na relação global energética a unidade produz e vende cerca de 11% (2.316 MWh) do total de eletricidade consumida.

Para um melhor entendimento do impacto e da relação de cada uma das fontes de energia utilizadas na unidade foi elaborado um diagrama de evolução do consumo e produção energética na EuroResinas para os anos de referência de 2020 até 2024, conforme figura 5.



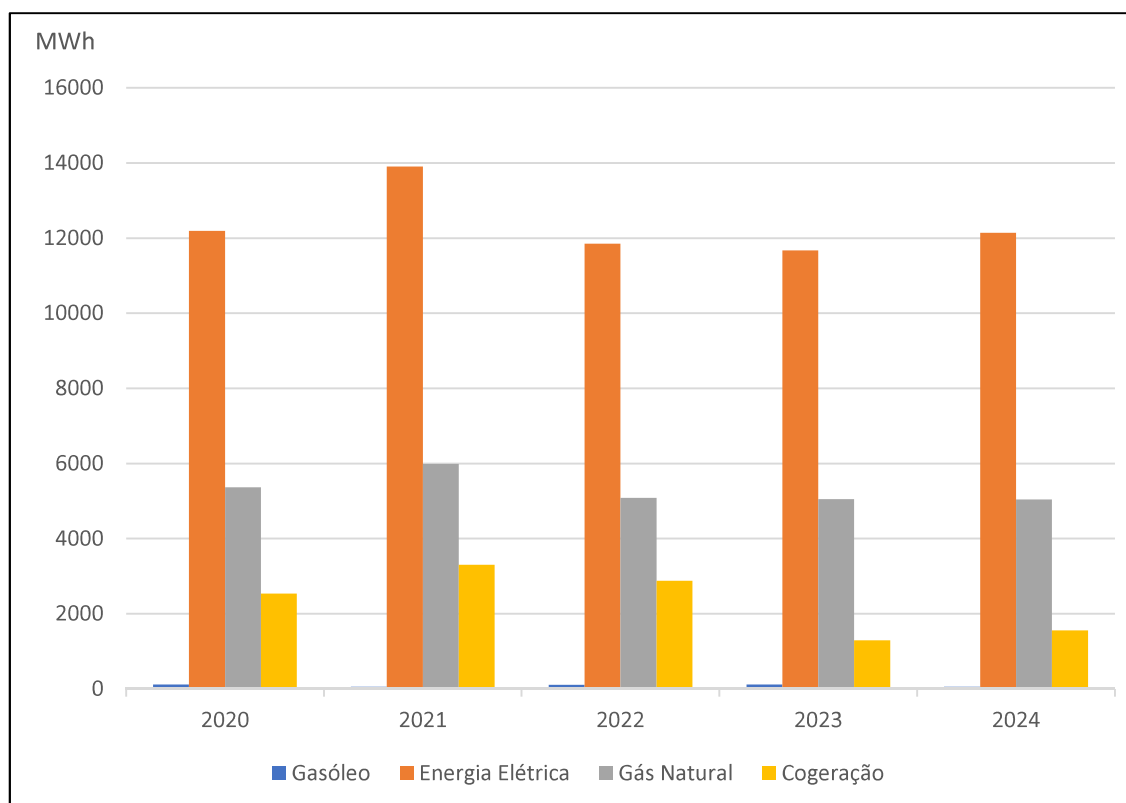


Figura 5 - Evolução da produção de eletricidade na cogeração e do consumo de energia final da EuroResinas (2020-2024)

Entende-se assim o atual impacto da utilização do Gás Natural na unidade industrial, que representa cerca de um terço do total do consumo energético. Embora o Gás Natural seja considerado o combustível fóssil com menor impacto em termos de emissões de GEE, é expectável que a sua eliminação tenha uma influência considerável nas emissões globais de GEE da unidade.

No seguimento da linha orientadora da empresa, com este projeto, pretende-se examinar os consumos de energia e as emissões de GEE da EuroResinas, identificando oportunidades de melhoria que permitam diminuir os consumos energéticos, a serem alcançadas através do Plano de Racionalização de Energia, e a reduzir as emissões de GEE.

Serão propostas medidas de redução dos consumos, que serão analisadas e validadas com base nas condições operacionais, estratégia da empresa e indicadores energéticos atualmente previstos na legislação em vigor para que se atinjam as metas de intensidade energética e carbónica.

É fundamental definir uma estratégia financeiramente atrativa e sustentável, para a empresa, tendo por base as necessidades de atualização, modernização e eventual expansão de infraestruturas, analisando para isso consumos e retorno do investimento a curto ou médio prazo.

Para cumprimento do objetivo do projeto é feita uma análise às necessidades térmicas atuais do complexo e com base nessa informação, a respetiva validação da viabilidade técnica e financeira de medidas de melhoria com impacto direto nas emissões GEE e no consumo de combustíveis fósseis.

Importa frisar que a energia elétrica contratada, atualmente utilizada na instalação, e de acordo com a empresa fornecedora, é proveniente 100% de fontes renováveis tendo sido no 3º trimestre de 2024, 65,14% proveniente de fonte hídrica, 2,13% eólica e 32,73% de outras renováveis, como mostra a figura 6.

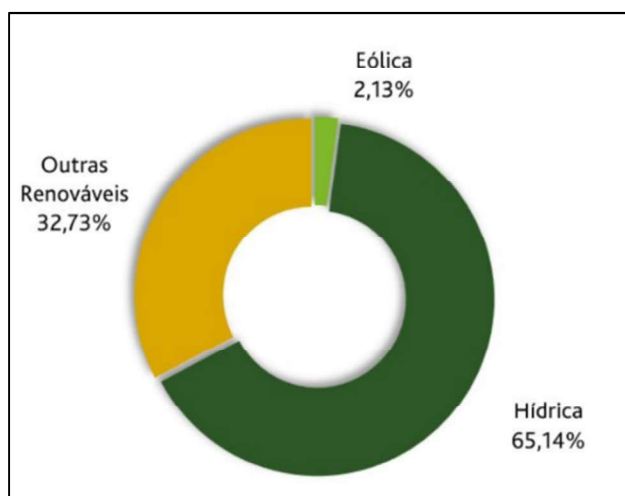


Figura 6 - Fontes de energia (3º trimestre 2024) [Fonte: fatura EuroResinas mês 12/2024]

Na sequência deste projeto poderão ser propostas outras oportunidades de melhoria que se enquadrem na estratégia da empresa e nos objetivos do projeto, tendo em vista os objetivos finais, a redução do consumo de Gás Natural e das emissões.

As caldeiras, no setor industrial, são o principal elemento de geração de energia térmica para a produção de químicos. Estas permitem a transformação da energia química de um combustível em energia térmica, que é utilizada para aquecer um fluido intermediário. A utilização do fluido térmico depende da sua especificidade e temperatura desejada no processo de produção.

O foco do presente projeto será a Central Térmica, concretamente o sistema de caldeiras de fluido térmico, do *site*, dado que este é o principal consumidor de combustível fóssil e um elemento essencial na produção de resinas sintéticas e na produção de papel impregnado.

Assim, será elaborada uma análise técnica e financeira das melhorias propostas, com vista à redução do consumo de gás natural e emissão de GEE, na EuroResinas. Para tal, a análise será focada em duas alternativas ao atual sistema de caldeiras, que passam pela substituição deste por aquecedores elétricos, tendo em consideração que a energia elétrica fornecida ao *site* é 100% proveniente de fontes renováveis, ou alternativamente a substituição das caldeiras atuais por caldeiras mais eficientes.

# Capítulo 2

## Central Térmica

### 2.1. Introdução

As utilidades são a principal área de uma unidade industrial, sem estas seria impossível produzir ou garantir a segurança das instalações. Gás, energia, água, ar comprimido ou fluído térmico são algumas das subáreas abrangidas pelas utilidades. Tendo estas em funcionamento, estão garantidas as condições para iniciar a produção de químicos com qualidade e em segurança. Contudo, é comum que estes sistemas sejam secundarizados, do ponto de vista de modernização e manutenção, em detrimento dos sistemas de produção em si [7].

A grande maioria dos processos químicos estão dependentes de correntes de aquecimento ou arrefecimento, sistemas de vácuo ou compressão, sistemas de permuta de energia, ou agitadores. A otimização destes sistemas recorre essencialmente a balanços de massa e energia. De acordo com alguns estudos [7], na indústria química, até 70% da energia utilizada numa unidade passa pelos sistemas de utilidades.

Tendo por base este conhecimento é lógico que, com as atuais políticas ambientais e vantagens económicas associadas, exista da parte do setor industrial um foco nos maiores consumidores de energia das unidades fabris e uma procura pela redução da sua pegada ecológica de forma a otimizar os seus consumos energéticos.

### 2.2. Central térmica da EuroResinas

A central térmica da EuroResinas tem cerca de 25 anos de funcionamento quase contínuo, 24 horas e 7 dias por semana (24h/7d), parando apenas em agosto, assim como toda a unidade industrial, para trabalhos gerais de manutenção e limpeza, o que se traduz, apesar das constantes atividades de manutenção, num aumento substancial do nível de desgaste e saturação do sistema.

Potenciando o seu desgaste, encontra-se uma forte variação do regime de temperaturas de operação. Este facto prende-se com a necessidade ou não de calor para as estufas de secagem de papel impregnado com resinas, na Fábrica de Impregnação.

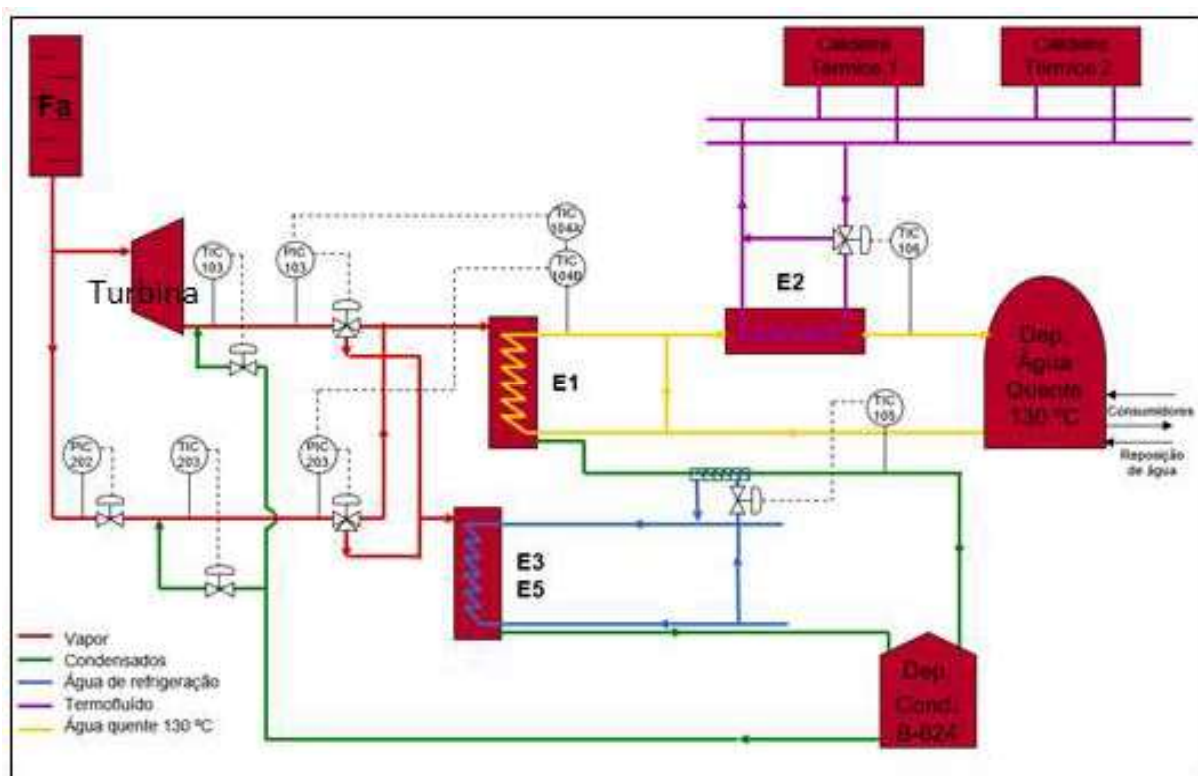


Figura 7 - Esquema simplificado da Central Térmica da EuroResinas

Na unidade de produção de Formaldeído, representado na figura 7 pela sigla “Fa”, um dos compostos base na produção das resinas, existe a necessidade de um controlo apertado da temperatura e pressão para que as reações exotérmicas originadas aconteçam nos pontos indicados e não exista um descontrolo processual das reações, que poderá originar resinas não conformes ou de baixa qualidade.

Assim, a Fábrica de Formaldeído apresenta um circuito de fluido térmico independente (*Dowtherm A*), que de uma forma simplificada retira energia às reações químicas. A energia permutada para o fluido térmico, que se encontra num ciclo fechado, não tendo destino, é aproveitada para a produção de vapor sobreaquecido a uma temperatura de cerca de 340°C e 22 bar.

O excedente de vapor produzido é então conduzido a uma pequena unidade de cogeração, composto por uma turbina que permite a produção de energia elétrica que pode variar entre os 400 kW e os 1000 kW. Este sistema permite essencialmente colmatar alguns custos energéticos da instalação, por venda da energia produzida, tendo um impacto ambiental positivo considerável.

Os condensados originados no processo de cogeração, que ainda apresentam energia térmica suficiente, são aproveitados para aquecer a água quente, alimentando a Fábrica de Resinas, os tanques de armazenagem e a traçagem da tubagem, designado Dep.Cond. B-624.

Após esta integração energética, os condensados são encaminhados para arrefecimento total, sendo posteriormente armazenados em tanque (Depósito de Condensados B-624), conforme esquematizado na figura 7.

Em suma, a fábrica de formaldeído utiliza integração energética como forma de fornecimento de energia para promoção de reações de oxidação e produção de vapor sobreaquecido, ou seja, o calor das reações de oxidação exotérmicas não é desperdiçado.

Este é utilizado como forma de manutenção das próprias reações químicas, sendo o excedente aproveitado para produção de vapor superaquecido, produção de energia elétrica para venda e produção de água quente para o processo.

Todo o processo de gestão de caudal, de temperatura e pressão é controlado por um sistema de instrumentação e válvulas de controlo que, com base nos indicadores processuais estabelecidos, fazem a regulação destes três parâmetros de forma a garantir uma harmonização do circuito e evitar eventuais descontrolos processuais e o acionamento de dispositivos e medidas de segurança que possam levar a uma interrupção não planeada da produção, com riscos para a segurança das pessoas, dos equipamentos e custos avultados para a empresa.

De salientar, que comparativamente a outras unidades, a EuroResinas tem uma área de implantação reduzida e que desta forma eventuais perdas térmicas associadas ao transporte do vapor poderão ser menores, o que permite um melhor aproveitamento no processo.

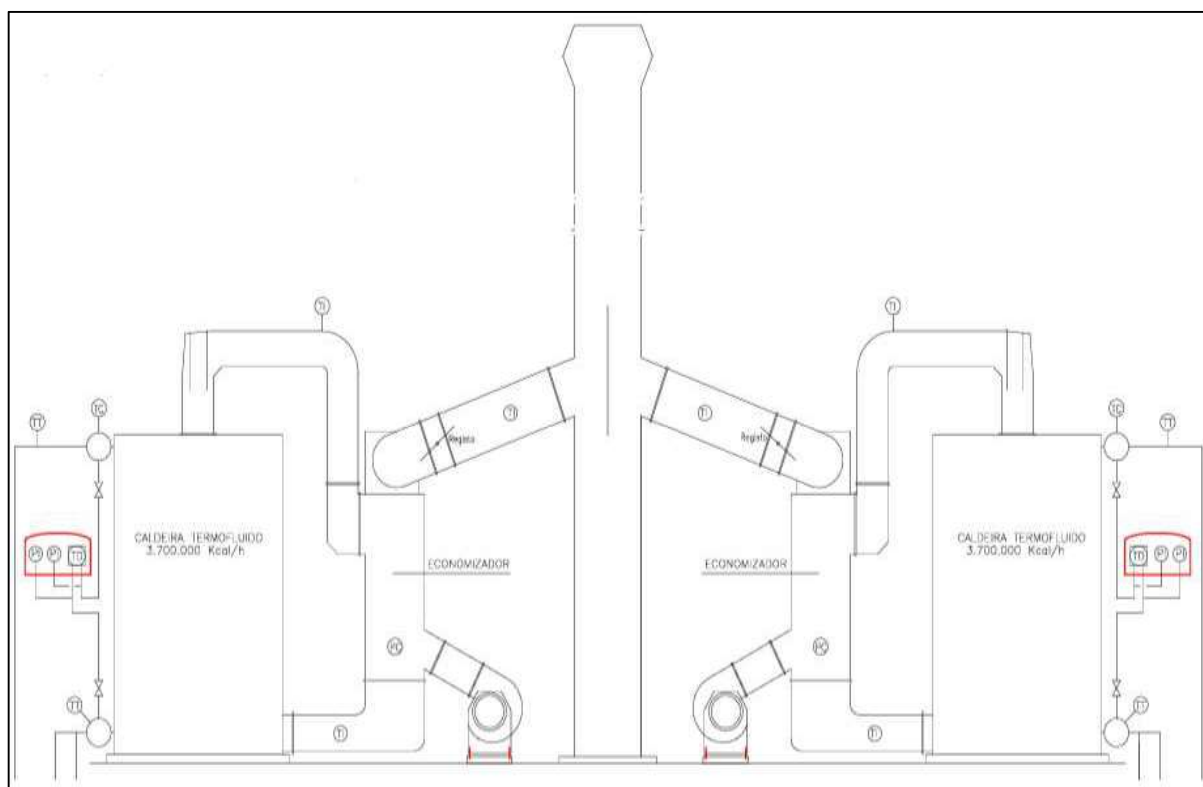


Figura 8 - Esquema simplificado do sistema de caldeiras da EuroResinas

A Fábrica de Impregnação de papel, não trabalha em regime contínuo, mas sim consoante o volume de encomendas. Este fator origina oscilações nas necessidades térmicas e modos de funcionamento das caldeiras, havendo assim variações acentuadas nas temperaturas de entrada e saída do fluido térmico e dos gases de exaustão, conforme demonstrado no Anexo 1 e analisado mais à frente, no presente subcapítulo.

Esta central, de uma forma simplificada e restrita ao sistema de aquecimento do fluido térmico, é composta por duas caldeiras, da marca Ambitermo, modelo TFC-V 3700 vertical, com um volume de 3.400 L e uma área de permuta de 185 m<sup>2</sup>, composta por serpentinas tubulares onde circula o fluido térmico ao longo de toda a área interior das caldeiras; e dois queimadores de Gás Natural, da marca Ecoflam BLU TS 6.00.1 PR PRE MD TC HT, com uma potência solicitada de 4.400 kW mas podendo atingir até 6.000 kW, conforme tabela 1 e exemplificado na figura 9, extraído do site da Ecoflam, que permitem o aquecimento do fluido térmico até às temperaturas de *set-point*.

Tabela 1 - Dados técnicos das caldeiras e queimadores da EuroResinas

| Dados técnicos das caldeiras |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| Nº de caldeiras              | 2                             |
| Aplicação                    | Termofluido                   |
| Marca das caldeiras          | Ambitermo TFC-V 3700 Vertical |
| Potência                     | 3.700.000 Kcal/h              |
| Contra-pressão               | 10 mbar                       |
| Área de permuta              | 185 m <sup>2</sup>            |

| Dados técnicos dos queimadores |                                            |
|--------------------------------|--------------------------------------------|
| Marca/Modelo                   | Ecoflam BLU TS 6.000.1 PR PRE MD TC HT     |
| Potência Máxima                | 6.000 kW                                   |
| Potência Solicitada            | 4.400 kW                                   |
| Emissões de NOx                | < 100 mg/kW                                |
| Funcionamento                  | Modulante                                  |
| Alimentação elétrica           | 3 fase/400V 50Hz e 230V/50 Hz para comando |



Figura 9 - Queimador de gás, modelo BLU 6000.1 PR, marca Ecoflame [8]

Importa salientar que em 2019 a instalação sofreu uma remodelação, alterando o combustível de queima de Fuelóleo para Gás Natural, mantendo a potência instalada de 3.700.000 kcal/h, ou seja, aproximadamente 4,3 MW.

Para além da Fábrica da Impregnação, a utilização do fluido térmico em circuito fechado, na EuroResinas, é empregue como meio de transferência de energia para remover o calor originado nas reações exotérmicas nos reatores de produção de Formaldeído, matéria-prima para produção de resinas sintéticas.

A utilização deste sistema de permuta de calor, para além de permitir uma estabilidade das temperaturas de trabalho, possibilita que o calor absorvido pelo sistema possa variar numa larga amplitude, sem variar a temperatura do sistema de arrefecimento.

Durante o período de 22/07/2025 a 05/08/2025 foram recolhidas, em múltiplos períodos dos dias, num total de 34 leituras (Anexo I), as temperaturas de entrada e saída nas caldeiras do fluido térmico e a temperatura de exaustão dos gases de combustão de forma a compreender melhor o funcionamento destas, tendo a informação sido transposta para o gráfico da figura 10.

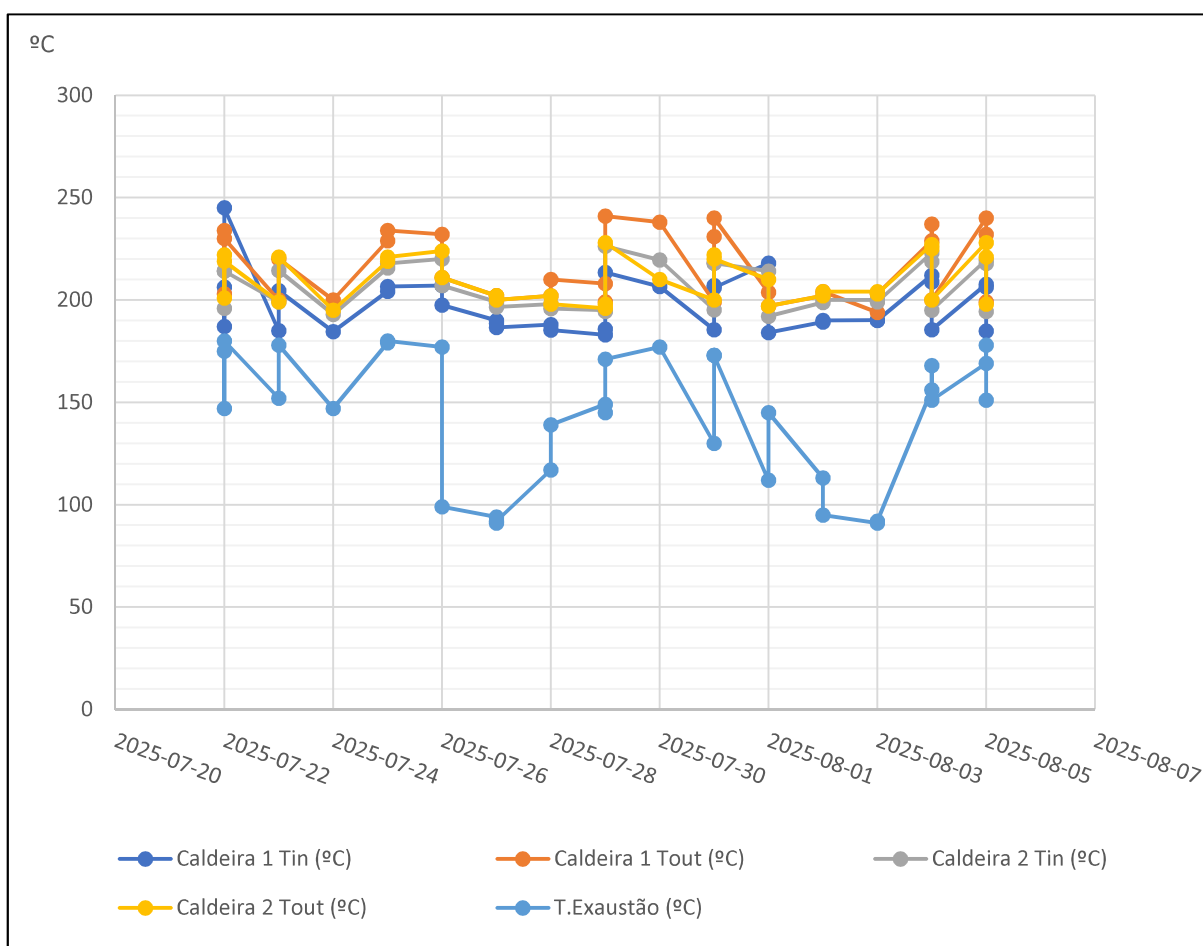


Figura 10 - Registo de temperaturas da Caldeiras de fluido térmico da EuroResinas



Tabela 2 – Temperaturas medidas nas caldeiras

|                  | Caldeira 1 |           | Caldeira 2 |           | T.Exaustão<br>(°C) |
|------------------|------------|-----------|------------|-----------|--------------------|
|                  | Tin (°C)   | Tout (°C) | Tin (°C)   | Tout (°C) |                    |
| <b>Mínimo</b>    | 183        | 193,9     | 192        | 195       | 91                 |
| <b>Máximo</b>    | 245        | 241       | 226,3      | 228       | 180                |
| <b>Amplitude</b> | 62,0       | 47,1      | 34,3       | 33,0      | 89,0               |
| <b>Média</b>     | 197,6      | 214,9     | 206,4      | 209,7     | 143,7              |

Tendo o conhecimento de que o sistema de caldeiras trabalha num regime de 24 por dia e 7 dias por semana (24h/7d), durante quase todo o ano, com exceção num período de 3 a 4 semanas de paragem geral das instalações, verificamos através da figura 10 e da tabela 2 que o regime de funcionamento na caldeira 1 apresenta variações mais acentuadas tanto na temperatura máxima como na mínima, ou seja, apresenta maiores amplitudes térmicas.

Com base nos dados recolhidos foi possível verificar que, durante o período em análise, a temperatura de entrada do fluido térmico nas caldeiras variou entre os 183°C e os 245°C enquanto a temperatura de saída do fluido variou entre os 193,9°C e os 241°C e a temperatura de exaustão dos gases de combustão entre os 91°C e os 180°C, conforme tabela 2.

Outro aspeto a ter em consideração, no gráfico da figura 10, são os momentos de redução das necessidades de calor, nomeadamente da Fábrica de Impregnação, que tem maior impacto nos regimes de funcionamento, no caso no período de 26/07 e 27/07 tendo havido necessidade de calor no dia 27/07, ou seja, entre o dia 26/07 e 27/07 as estufas de papel estiveram paradas, não havendo necessidade de calor, ocorrendo o mesmo no período de 01/08 a 03/08. Conforme referido anteriormente esta fábrica, não labora em regime contínuo o que origina a que as caldeiras tenham amplitudes elevadas, consoante as necessidades.

Comparando a caldeira 1 com a caldeira 2, verificamos que em média, com base nas 34 leituras (Anexo 1), existe uma maior discrepância entre as temperaturas de entrada e saída do fluido térmico na caldeira 1, ou seja, maiores amplitudes térmicas.

Este facto deve-se a questões operacionais, o que poderá ser um ponto de melhoria, ou seja, a otimização da gestão dos regimes de funcionamento das caldeiras poderá eventualmente não estar a ser o adequado, uma vez que nas temperaturas de entrada se verifica uma amplitude que pode atingir os 62°C, conforme se verifica na tabela 2.

De um ponto de vista de otimização, um eventual ajuste aos regimes de funcionamento das caldeiras, poderá não ter um impacto nos consumos energéticos da EuroResinas, mas poderá ter um impacto no tempo de vida dos equipamentos, principalmente na Caldeira 1 que tem uma amplitude térmica maior e consequentemente terá um desgaste mais acentuado, comparativamente à caldeira 2. Conforme se verifica no Anexo II, o atual procedimento de arranque, paragem e alarmes do sistema de caldeiras da Central Térmica da EuroResinas, é muito sucinto e antiquado.

Do ponto de vista de gestão energética, atualmente a instalação já se encontra muito otimizada, apesar do tempo de utilização de todo o sistema de caldeiras. Os economizadores fazem parte da construção inicial da unidade industrial, em meados do ano 2000, sendo do tipo tubular de corrente cruzada em aço sem costura. Os gases percorrem o interior dos tubos e o ar percorre o exterior dos tubos, onde é aquecido.



De acordo com as especificações de origem, a temperatura de entrada dos gases, em média, é de 350°C e a de saída em média é de 143,7°C. O ar é inserido no circuito com o auxílio de dois ventiladores da marca MZ Aspiratori, modelo GR560/R2, de 11 kW e com uma capacidade de aspiração de 1,94 m³/s, ou seja, 6.984 m³/h.

Para a distribuição do fluido térmico são utilizadas duas bombas centrífugas de recirculação, no caso as bombas P-981A e P-981B, que garantem a circulação constante do fluido entre o acumulador de termofluido e as caldeiras, num circuito fechado, de forma a garantir estabilidade entre todo o sistema de aquecimento do fluido térmico.

Dependendo das necessidades térmicas do processo produtivo e do sistema de armazenagem, as restantes bombas enviam para o consumidor final o fluido térmico, garantido apenas a uniformização dos processos químicos, a armazenagem correta e consequentemente o estabelecimento de elevados níveis de qualidade do produto final.

Ilustrado na figura 11, é possível compreender como está estabelecido o circuito de aquecimento do fluido térmico e os equipamentos primários associados a este, situados na Central Térmica objeto de análise.

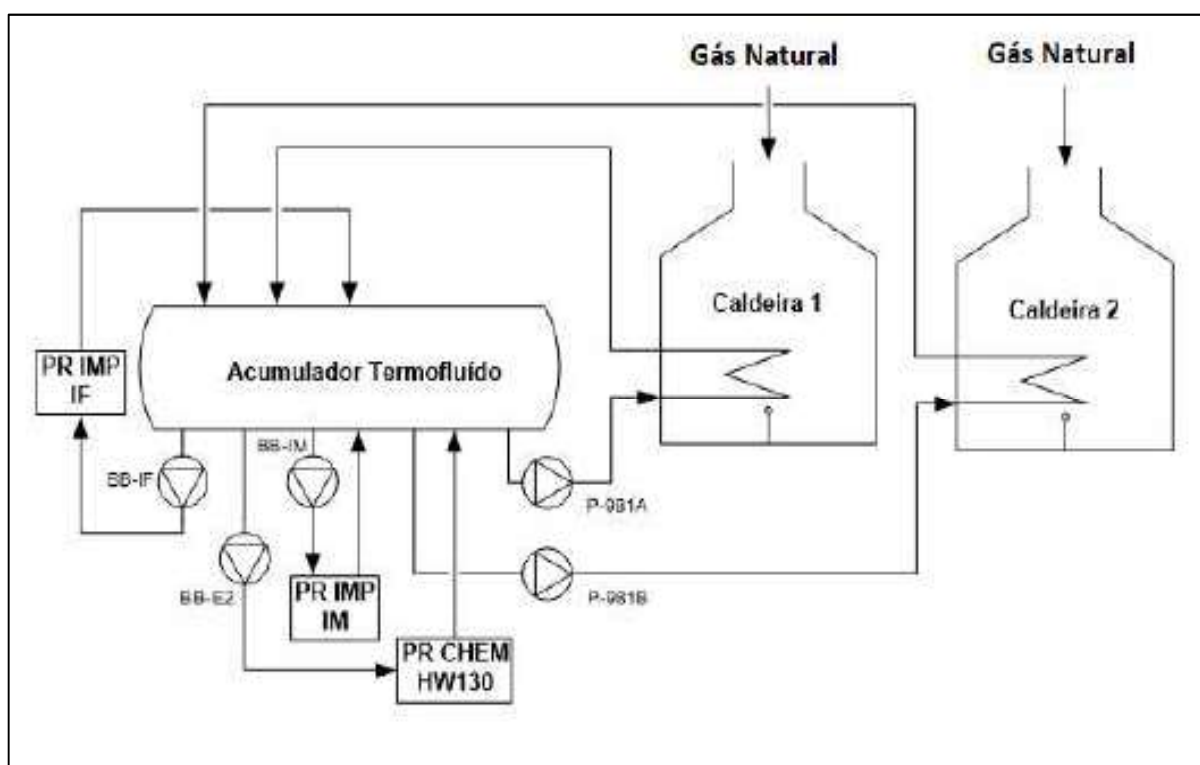


Figura 11 - Esquema simplificado do circuito de fluido térmico da EuroResinas

As bombas BB-IF e BB-IM estão exclusivamente dedicadas ao envio de fluido térmico para as estufas de secagem das linhas de impregnação fenólica e melamínica, respetivamente.

A bomba BB-E2 envia fluido térmico para os permutadores tubulares (E-2) onde circula a água de aquecimento que alimenta os reatores de produção de resina da Fábrica de Resinas, os tanques de armazenamento de formaldeído e a traçagem das tubagens da Fábrica de Químicos e do parque de tancagem.

Contudo, neste ponto é necessário fazer a ressalva, apenas é utilizada esta fonte de energia caso a Fábrica de Formaldeído não se encontre em laboração, funcionando assim como sistema de *back-up*.

## 2.3. Eficiência térmica das caldeiras da EuroResinas

Para uma melhor compreensão da condição operacional é necessário determinar o rendimento do sistema de caldeiras. Para aplicação do “Método das Perdas” [9] e posterior determinação da eficiência atual das caldeiras foi necessário recorrer ao último relatório interno de medição dos gases de exaustão. Assim, de acordo com as últimas medições, efetuados por uma entidade externa, foram obtidos os seguintes resultados, presentes na tabela 3.

Tabela 3 – Resultados da análise dos gases exaustão

|                                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| <b>Temperatura ambiente</b>     | 23,8 (°C)               |
| <b>Pressão ambiente</b>         | 101,8 (kPa)             |
| <b>Temperatura efluente</b>     | 177,6 ± 5,2 (°C)        |
| <b>Pressão absoluta</b>         | 101,7 ± 1,2 (kPa)       |
| <b>Massa molecular húmida</b>   | 28,3 ± 0,1 (g/mol)      |
| <b>Velocidade de escoamento</b> | 4,2 ± 0,8 (m/s)         |
| <b>Caudal efetivo</b>           | 7683 ± 1480 (m³/h)      |
| <b>Caudal volúmico seco</b>     | 4202 ± 815 (m³/h)       |
| <b>O<sub>2</sub></b>            | 11,9 ± 0,4 (%vol, seco) |
| <b>CO<sub>2</sub></b>           | 5,4 ± 0,3 (%vol, seco)  |
| <b>Humidade</b>                 | 10,1 ± 0,7 (%vol)       |

Com recurso ao “Manual de Auditorias Energéticas na Indústria” – Manual ADENE, publicado pela ADENE [9], para determinação da eficiência térmica por este método é necessário, no caso de uma caldeira a Gás Natural, determinar as perdas associadas ao calor sensível nos gases secos de combustão, à entalpia do vapor nos gases de combustão e por radiação, convecção e outras perdas não contabilizáveis. Considerando o pior cenário da variação de resultados da análise aos gases de exaustão e de acordo com estas necessidades obtiveram-se os seguintes resultados:

## 1) Perdas associadas ao calor sensível nos gases secos de combustão

$$P_{GC} = \frac{K \times (T_g - T_a) \times 1 - \left[ \frac{P_{CV} + P_{CF}}{100} \right]}{CO_2} \quad (1)$$

Legenda:

$P_{GC}$  – Perdas associadas ao calor sensível nos gases de combustão (%)

$T_g$  – Temperatura gases de combustão à saída da caldeira (°C)

$T_a$  – Temperatura ar de combustão à entrada da caldeira (°C)

$P_{CV}$  – Perdas associadas ao combustível nas cinzas volantes (%)

$P_{CF}$  – Perdas associadas ao combustível nas cinzas de fundo (%)

$CO_2$  – Quantidade em volume de  $CO_2$  presente nos gases de combustão (%)

Sabendo os seguintes dados:

$T_g = 182,8^\circ\text{C}$

$T_a = 23,8^\circ\text{C}$

$P_{CV} = 0\%$

$P_{CF} = 0\%$

$CO_2 = 5,7\%$

$K_{GN} = 0,39^\circ\text{C}$

Com base nos valores apresentados na tabela 3, determinou-se que as perdas associadas ao calor sensível nos gases secos de combustão são de cerca de 10,88%.

## 2) Perdas associadas à entalpia do vapor nos gases de combustão

$$P_{H_2O} = \frac{(m_{H_2O} + 9H) \times (210 - 4,2 \times T_a + 2,1 \times T_g)}{PCI} \quad (2)$$

Legenda:

$P_{H_2O}$  – Perdas associadas à entalpia do vapor de água nos gases de combustão (%)

$m_{H_2O}$  – Quantidade em peso de humidade no combustível nas condições de queima (%)

$H$  – Quantidade em peso de hidrogénio presente no combustível nas condições de queima (%)

$T_a$  – Temperatura ar de combustão (°C)

$T_g$  – Temperatura gases de combustão à saída da caldeira (°C)

$PCI$  – Poder calorífico inferior do combustível nas condições de queima (kJ/kg)

Sabendo os seguintes dados:

$m_{H_2O} = 10,8\%$

$H = 23,8\%$

$T_g = 182,8^\circ\text{C}$

$T_a = 23,8^\circ\text{C}$

$PCI = 45100 \text{ kJ/Kg}$

Com base nos valores apresentados na tabela 3, determinou-se que as perdas associadas à entalpia do vapor nos gases de combustão é de cerca de 2,41%.

### 3) Perdas por Radiação, Convecção e outras perdas não contabilizáveis nas caldeiras

No seguinte caso, considerando que o sistema de caldeiras tem uma potência solicitada de 4.000 kW, para efeitos de determinação das perdas por radiação, convecção e outras perdas não contabilizáveis nas caldeiras, e com recurso à tabela 2.8.12 do Manual ADENE [9], determinou-se que o valor destas perdas tem um peso associado de 1,6%, conforme tabela 4.

Tabela 4 - Perdas à capacidade nominal para vários tipos de caldeiras [9]

| Tipo caldeira                                                                                           | Perdas à capacidade nominal [%] |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Caldeiras de tubos de água e de tubos de fumo com potência igual ou acima de 5 MW                       | 1,4                             |
| Caldeiras de tubos de água e de tubos de fumo com potência entre 2 e 5 MW                               | 1,6                             |
| Caldeiras de tubos de água e de tubos de fumo com potência abaixo de 2 MW                               | 2,0                             |
| Caldeiras de refratário, caldeiras de tubos de fumo com topo seco e caldeiras com soleira de refratário | 3,0                             |
| Caldeiras de água quente em ferro fundido                                                               | 4,5                             |

Assim, descontando as perdas associadas, com base nos cálculos anteriores, determinou-se que atualmente o sistema de caldeiras tem um rendimento de aproximadamente 85,11%, resultado confirmado com os cálculos realizados pelo Departamento de Engenharia de Processo da EuroResinas.

# Capítulo 3

## Combustíveis e emissões GEE

### 3.1. Introdução

Combustíveis fósseis e emissões GEE são atualmente uma temática central no que concerne ao setor industrial. As atuais políticas e normativas cada vez mais obrigam a que o setor tenha conhecimentos não só dos riscos ambientais e de segurança que a sua utilização implica, mas também o impacto causado pela sua utilização em cada unidade industrial. Estes conhecimentos requerem um acompanhamento contínuo da legislação e das suas atualizações bem como os benefícios técnicos e económicos inerentes à mitigação da sua utilização e consequentemente da redução de emissões.

### 3.2. Combustíveis Fósseis e Energia Elétrica de Fontes Renováveis

O Gás Natural, atualmente, é extremamente comum na indústria, dada a sua versatilidade e possibilidade de controlo da combustão, além de ser o combustível fóssil mais limpo. De acordo com a APEG – *Associação Portuguesa de Empresas de Gás* [11], o Gás Natural em si é uma solução de referência dado o seu rendimento e relativa facilidade de manutenção dos equipamentos. O facto de não produzir cinzas, não necessitar de armazenamento e a fácil acessibilidade tornam a uma solução viável e preferencial no setor industrial. De acordo com a ADENE [9], estima-se que, comparativamente ao Fuelóleo, a utilização de Gás Natural em caldeiras industriais poderá contribuir positivamente para um aumento do rendimento entre 3% a 6%.

Analisando a temática da segurança, estes combustíveis apresentam elevados índices de perigosidade por incêndio ou explosão, no caso de possíveis fugas. Dada a zona geográfica em que se insere a unidade industrial em análise, o cumprimento de normas e leis exigentes, como são o caso das Diretivas Seveso e ATEX (Segurança em Atmosferas Potencialmente Explosivas), são obrigatórias, o que tendo em consideração a sua especificidade, acaba por ter severas restrições operacionais e de custos.

Tendo em apreciação a Diretiva ATEX e com base nos regulamentos de segurança internos e legislação aplicável em vigor, na fase de proposta de melhorias que envolvam aplicação de equipamentos deverão ser tidas em consideração as restrições e exigências legais e de segurança de forma que as propostas sejam tecnicamente viáveis e aceitáveis, conforme é aplicável atualmente nos equipamentos existentes.

Relativamente à energia elétrica, esta pode ser produzida por fontes de energia renováveis e não renováveis. No último caso, a geração de energia é proveniente de recursos naturais existentes no meio ambiente, sendo a sua principal característica serem infinitas e relativamente acessíveis.

Atualmente a energia elétrica produzida em Portugal é substancialmente dependente de fontes renováveis e apesar do aumento progressivo do consumo que se tem registado, desde 2017, verifica-se um decréscimo substancial da dependência em combustíveis fósseis para a produção de eletricidade em Portugal (APREN, 2025) [4], conforme ilustrado na figura 12.

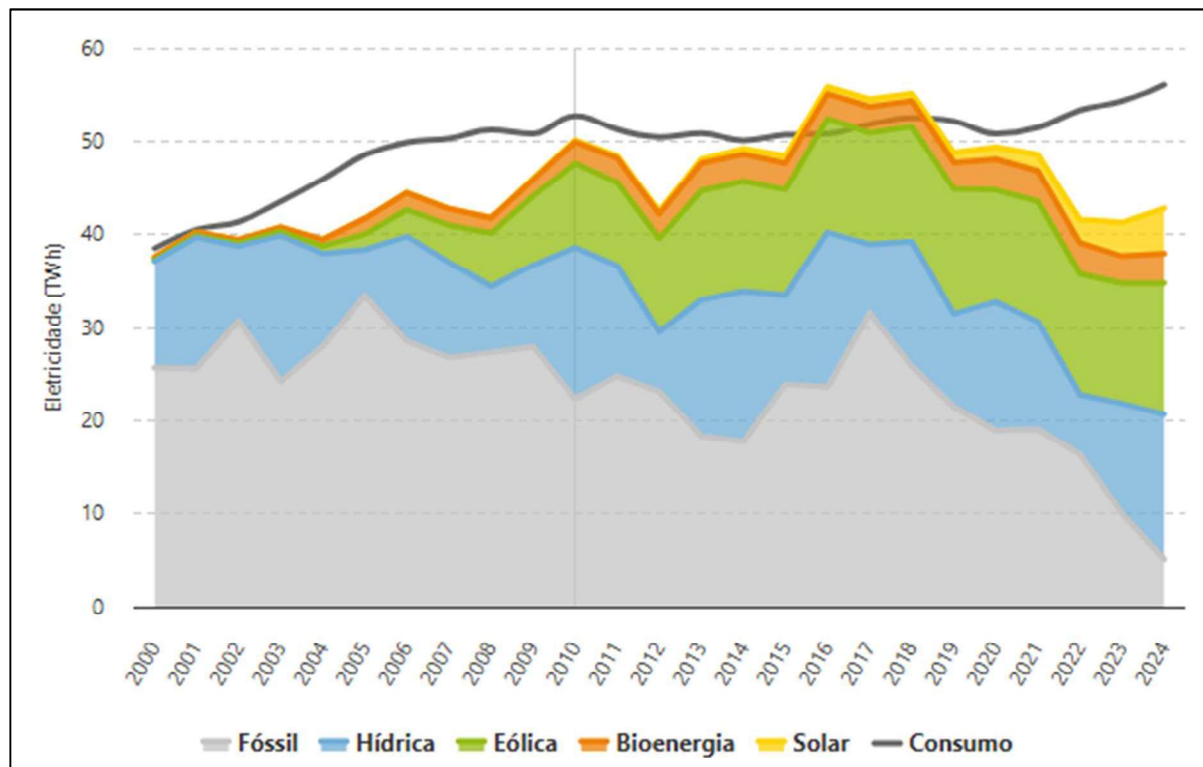


Figura 12 - Evolução da produção elétrica em Portugal Continental (2000-2024)

### 3.3. Gases de Efeito de Estufa (GEE)

Os gases de efeito de estufa, de uma forma simplificada, são substâncias gasosas com capacidade de absorver e emitir radiação na gama do infravermelho. Tal fenómeno origina que parte da radiação que iria ser libertada para o espaço seja retida, promovendo assim o aquecimento da Terra (efeito de estufa), o que em quantidade excessiva provoca o desequilíbrio do meio ambiente e alterações climáticas substanciais.

De acordo com a APA - *Agência Portuguesa do Ambiente* [12], os principais gases promotores do efeito de estufa são o dióxido de carbono, metano, óxido de azoto, hidrofluorcarbonetos, perfluorocarbonetos, hexafluoreto de enxofre e o trifluoreto de azoto.

O Inventário Nacional de Emissões de 2022, elaborado pela APA [13], aponta que só no ano de 2020 o setor energético representou 67,1% das emissões totais e em concreto a combustão na indústria foi responsável por 13,3%, conforme figura 13.

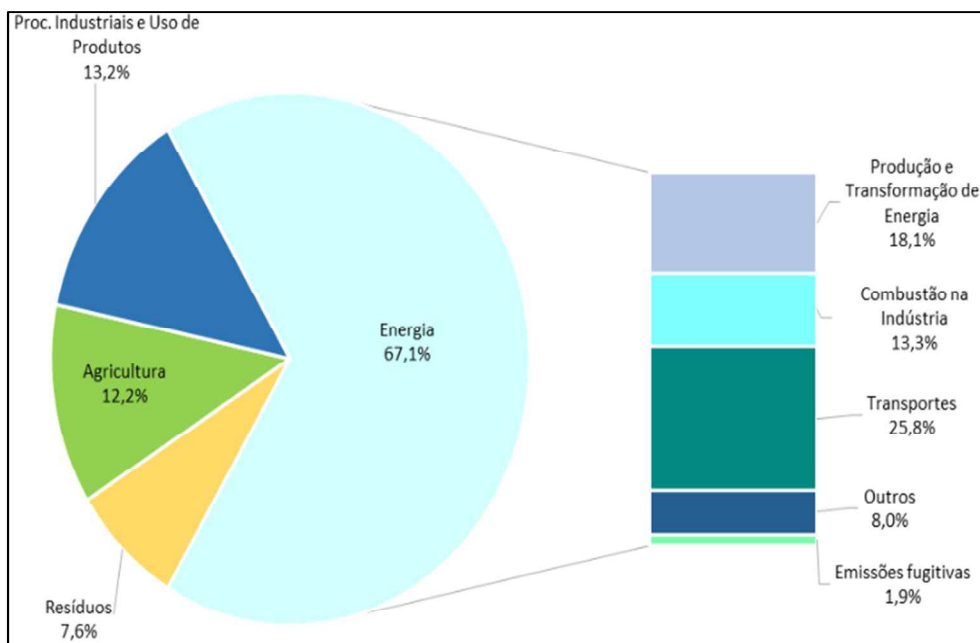


Figura 13 - Emissões setoriais de CO<sub>2e</sub>, em Portugal, em 2020 [13]

É assim compreensível que este setor seja o que, nos últimos anos, tenha tido mais foco em termos legais e normativos, de forma a minimizar o impacto das suas emissões para o meio ambiente. De notar o impacto significativo que os “Processos Industriais e Uso de Produtos” têm nas emissões setoriais, e que ronda os 13,2%, conforme figura 13.

Como forma de incentivo a UE e os Estados-Membros têm implementado vários acordos e mecanismos financeiros, como é o exemplo do Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), que permitem garantir o cumprimento das metas estabelecidas para se atingir a Neutralidade Carbónica e simultaneamente minimizar os impactos económicos nas empresas e no setor industrial.

### 3.4. Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)

O CELE implementado em 2005, de acordo com a APA, é um mecanismo de regulação das emissões de GEE dentro da União Europeia em atividades que envolvam queima de combustíveis, refinação de óleos minerais, metalurgia, produção de clínquer, cal e vidro cerâmica, pasta e papel, químicos e aviação [14].

O mecanismo permite definir os limites de emissão de GEE por instalação, possibilitando uma negociação entre as empresas de licenças emitidas dentro de um limite definido a nível da UE. Este sistema dá a oportunidade às empresas para que reduzam as suas emissões, podendo utilizar as licenças em excesso como forma de colmatar necessidades futuras através da sua comercialização, para que sejam utilizadas por outras unidades industriais, obtendo assim retorno financeiro.

Cada licença de emissão equivale a uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tonCO<sub>2e</sub>) permitido emitir durante um determinado período, sendo que, a obtenção destas licenças poderá acontecer através de um leilão e as receitas obtidas serão atribuídas, no caso, ao Governo Português e integradas no seu Fundo Ambiental, traduzindo-se atualmente num retorno superior a 500 milhões de euros, conforme Orçamento de Estado 2025 e noticiado pelo Jornal Público, a 10 de Outubro de 2024 [15].

O sistema CELE é assim um mecanismo fundamental para as políticas climáticas da UE de redução de emissões de GEE, resumindo-se a um princípio de “limitação e comércio”, conforme explicado na plataforma *EUR-lex*. Atualmente este mecanismo regula as emissões de quase 11.000 centrais elétricas e instalações de produção e cerca de 600 operadores de aeronaves e aeroportos dentro do Espaço Económico Europeu [16].

O objetivo principal deste mecanismo passa pela redução de emissões da UE em 62% até 2030, comparativamente aos níveis de 2005, e até 2050 atingir a neutralidade carbónica. De acordo com o Parlamento Europeu, no ano de 2023 face à tendência registada na altura, previu-se que a redução das emissões líquidas de GEE seria de apenas 43% [17], resultados que demonstram uma necessidade urgente de um esforço adicional não só da UE e dos seus Estados-Membros como igualmente de todos os agentes económicos com impacto direto na temática, de acordo com o publicado pelo Conselho Europeu.

Conforme referido anteriormente, a comercialização das licenças CELE é efetuada através de leilão, pelo que as mesmas não apresentam um valor fixo sendo este determinado pelas taxas de procura e oferta do mercado.

De acordo com a aplicação *Trading Economics*, consultado a 26 de maio de 2025, o preço de cada licença CELE no ano de 2025 ronda um valor médio de 75€ [18], tendo tido oscilações acentuadas nos últimos meses, conforme ilustrado na figura 14.



Figura 14 – Evolução do preço das licenças CELE (2020-2025) [18]



De acordo com a APA, o sistema de licenças CELE prevê ainda a atribuição gratuita de parte das licenças de emissão nas regras transitórias. Em 2005, aquando da sua implementação, 95% das licenças eram atribuídas no regime anterior como incentivo transitório, tendo gradualmente vindo a diminuir o valor. Os parâmetros de definição da atribuição de licenças gratuitas têm por base a lista de instalações abrangidas no regime, Lista NIMs (*National Implementation Measures*) [19].

A tabela de atribuição de licenças CELE gratuitas, em Portugal, é fixada antes do período de comércio de emissões e pode ser consultada no *site* da APA. Conforme tabela 5, para a unidade industrial em análise verifica-se que a atribuição no período de 2021 a 2025 foi de 8.141 licenças, valor que será utilizado como referência doravante. Ressalva para o facto de o número de licenças atribuídas poder ser ajustado conforme o nível de atividade das instalações em causa.

Tabela 5 – Licenças CELE atribuídas à EuroResinas [14]

| Instalação                             | Operador                              | Montante de licenças de emissão gratuitas a atribuir no período 2021-2025 |       |       |       |       | Montante total por instalação |
|----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------|
|                                        |                                       | 2021                                                                      | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  |                               |
| EuroResinas - Indústrias Químicas, S.A | EuroResinas - Indústrias Químicas, SA | 8 141                                                                     | 8 141 | 8 141 | 8 141 | 8 141 | 40 705                        |



# Capítulo 4

## Análise de dados energéticos EuroResinas

### 4.1. Introdução

Como base fundamental do projeto é essencial analisar e compreender as necessidades energéticas das unidades de produção dentro do complexo. Assim, com a devida autorização e com a informação possível de partilhar, foram consultadas as faturas com os consumos das fábricas de Resinas, Formaldeído e Impregnação, entre os anos de 2019 e 2024.

### 4.2. Consumos e Produção energética

Conforme havia sido referenciado, no final do ano de 2019, a Central Térmica de EuroResinas sofreu uma alteração profunda tendo deixado de utilizar Fuelóleo e passando a utilizar Gás Natural como combustível de queima.

Naturalmente este facto reflete-se num consumo residual de Gás Natural nesse ano. Sendo assim, para uma melhor análise dos dados, não foi considerado o ano de 2019 tendo-se compilado os dados a partir de janeiro de 2020 até dezembro de 2024 e posteriormente analisado em termos anuais, conforme tabela 6.

Tabela 6 - Distribuição energética da EuroResinas (2020-2024)

| Distribuição anual fontes de energia final |         |                  |             |                    |           |
|--------------------------------------------|---------|------------------|-------------|--------------------|-----------|
| Ano<br>referência                          | Consumo |                  |             | Total<br>consumido | Produção  |
|                                            | Gasóleo | Energia Elétrica | Gás Natural |                    | Cogeração |
|                                            | MWh     |                  |             |                    |           |
| 2020                                       | 119     | 12194            | 5366        | 17679              | 2542      |
| 2021                                       | 60      | 13902            | 5986        | 19948              | 3305      |
| 2022                                       | 109     | 11854            | 5086        | 17050              | 2880      |
| 2023                                       | 119     | 11670            | 5054        | 16844              | 1294      |
| 2024                                       | 60      | 12139            | 5044        | 17243              | 1561      |
| Média anual                                | 93,26   | 12352,05         | 5307,13     | 17752,44           | 2316,27   |

Verifica-se que a relação dos consumos, de uma forma global, nos últimos 5 anos, tem sido relativamente constante e sem grandes variações. Em relação à energia elétrica produzida pelo sistema de cogeração verifica-se a redução da produção nos últimos anos, fator que é facilmente explicado por algumas paragens não planeadas do sistema e consequentes intervenções corretivas que têm ocorrido nos anos mais recentes. A energia produzida pelos sistemas de cogeração é vendida na totalidade à rede elétrica.

Não sendo o objetivo do presente projeto, poderemos extrapolar que a eventual análise e foco no rendimento do sistema de cogeração poderá trazer, não só melhores resultados financeiros como aumentar o tempo de vida útil do sistema.

Mais ainda, a produção da unidade de cogeração encontra-se intimamente ligada ao regime de laboração da Fábrica de Formaldeído, produtora de matéria-prima, e por isso exposta ao nível de produção do complexo.

Tabela 7 – Relação percentual do consumo energético da EuroResinas

| Ano referência | Relação percentual do consumo energético EuroResinas |                  |             |           |
|----------------|------------------------------------------------------|------------------|-------------|-----------|
|                | Gasóleo                                              | Energia Elétrica | Gás natural | Somatório |
| 2020           | 0,7%                                                 | 69,0%            | 30,4%       | 100,0%    |
| 2021           | 0,3%                                                 | 69,7%            | 30,0%       | 100,0%    |
| 2022           | 0,6%                                                 | 69,5%            | 29,8%       | 100,0%    |
| 2023           | 0,7%                                                 | 69,3%            | 30,0%       | 100,0%    |
| 2024           | 0,3%                                                 | 70,4%            | 29,3%       | 100,0%    |
| Média          | 0,5%                                                 | 69,6%            | 29,9%       | 100,0%    |

Nos últimos 5 anos o consumo total média da unidade foi de 17.752,44 MWh, enquanto, a produção de energia elétrica foi de 2.316,27 MWh, o que comparativamente aos consumos médios dos últimos 5 anos representa 13% do total consumido pela unidade industrial.

Importa frisar que o sistema de cogeração atualmente tem cerca de 25 anos, sendo que, no atual contexto socioeconómico muitas peças de desgaste apresentam prazos de entrega e custos elevados e altamente voláteis, levando a frequentes paragens não planeadas e prolongadas do sistema.

Outro fator importante a ter em consideração é o preço de venda da energia, ou seja, as constantes flutuações do mercado requerem uma análise cuidada da rentabilidade do equipamento, sendo igualmente aconselhável analisar os custos associados ao desgaste operacional e retorno dos investimentos de manutenção que este sistema tem anualmente.

Relativamente aos outros elementos em análise, a inexistência de alterações significativas na instalação ou até operacionais, com impacto direto nos consumos energéticos, serão um fator essencial para a relativa estabilidade dos consumos ao longo do tempo.

Embora seja baseado num dado geral, é possível assumir que a eventual degradação dos equipamentos não será significativa ao ponto de influenciar negativamente os consumos, tendo sempre em consideração que a análise efetuada é de apenas os últimos 5 anos.

Tendo em consideração que a energia elétrica consumida é 100% proveniente de fontes renováveis, conforme atestado e certificado pelo fornecedor contratado, verificamos que em média esta tem um peso de 69,6% no consumo global anual da unidade (12.352,05 MWh), reforçando não só a filosofia do grupo em termos de sustentabilidade, bem como a abertura da empresa em investir na temática em análise, numa perspetiva de futuro e inovação.

É ainda possível compreender o elevado peso que o Gás Natural tem na instalação, representando em média de 29,9% do consumo global nos últimos 5 anos (5.307,13 MWh), sendo assim perceptível que a intenção de reduzir ou anular a utilização deste combustível fóssil poderá ter impactos visíveis e positivos a curto ou médio prazo, em termos de emissões de GEE da unidade e eventualmente de custos associados aos consumos energéticos.

Como nota final verifica-se que, de uma forma geral, o consumo de Gasóleo, comparativamente às restantes fontes de energia é consideravelmente residual, representando em média cerca de 0,5% (93,26 MWh) do consumo global da unidade. Este combustível destina-se apenas a alguns equipamentos de segurança, como o gerador, e a maquinaria de movimentação e elevação de cargas.

O primeiro consumidor é de difícil mitigação, uma vez que é o equipamento que garante energia elétrica aos pontos fundamentais da unidade, em caso de falha externa de fornecimento.

No ano de 2024 registou-se um investimento financeiro considerável na substituição da maquinaria de movimentação de cargas, a gasóleo, para equipamentos totalmente elétricos e em 2025 a substituição do gerador por um modelo tecnologicamente mais recente, eficiente e consequentemente menos poluidor, o que se traduz numa redução substancial do consumo anual de gasóleo. Importa frisar que por normas internas de segurança são efetuados testes regulares ao sistema de suporte de energia elétrica da unidade industrial, facto que tem impacto no consumo anual de gasóleo.

Conforme se verifica na figura 15, é possível retirar algumas ilações relativamente ao consumo total energético da unidade, em MWh.

Analisando o ano mais díspar, que é 2021, considerando que foi um ano altamente impactado pela pandemia COVID-19, verificamos que houve um consumo superior à média e uma queda acentuada no ano seguinte.

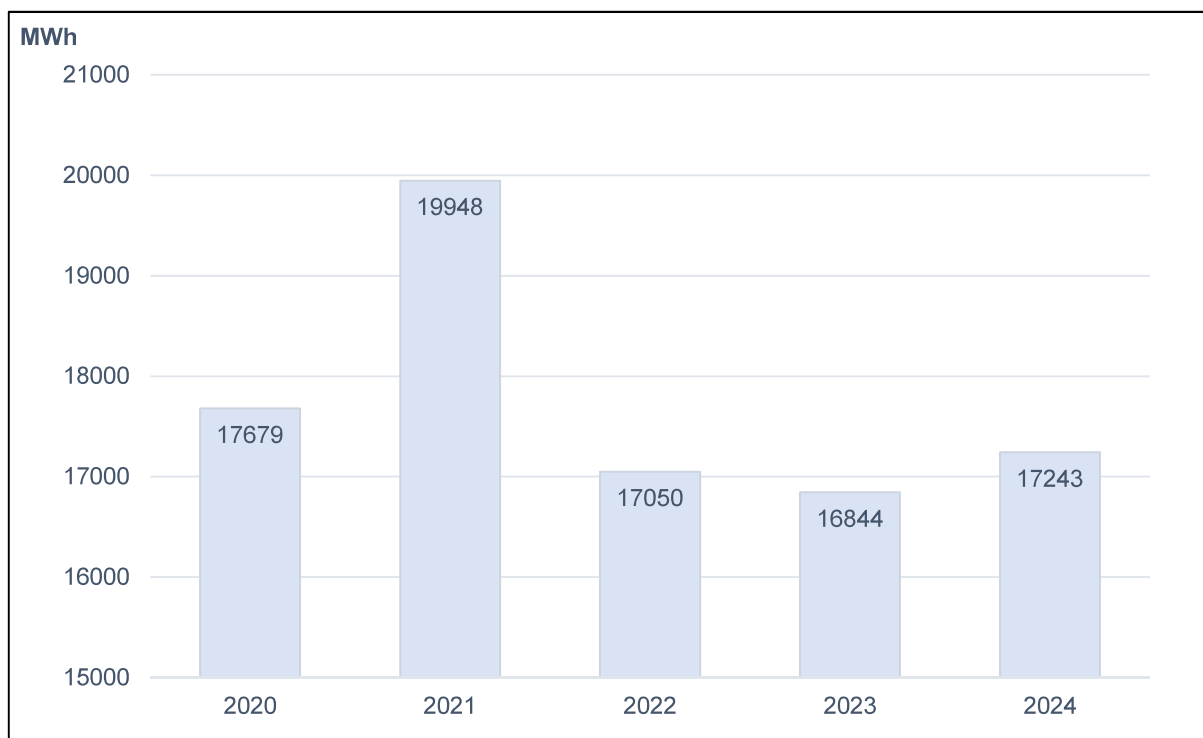


Figura 15 - Consumo energético da EuroResinas (2020-2024)

O ano de 2021, foi o que teve maior produção de energia elétrica em MWh através do sistema de cogeração da unidade (3.305 MWh) e um consumo global energético superior (19.948 MWh) aos restantes anos em análise, conforme exposto na tabela 6, devido a um aumento considerável de produção de resinas, o que influencia diretamente o consumo energético e a produção do sistema de cogeração, por uma decisão estratégica face às condições operacionais e do mercado à data.

Este facto é ainda reforçado pelo impacto direto da redução da procura energética, por motivos de pandemia mundial (COVID-19). Com o gradual desconfinamento e levantamento de restrições do movimento da população e empresas, a partir do 2º semestre de 2021 e início de 2022, houve um progressivo aumento dos custos energéticos, por MWh, proporcional ao aumento da procura e consequentemente maiores consumos, conforme figura 16 (Banda de Consumo ID – Consumo anual entre os 2.000 MWh e os 20.000 MWh) [20], extraída do “*Boletim Comparação Preços Eletricidade Eurostat*”, publicado pela ERSE.

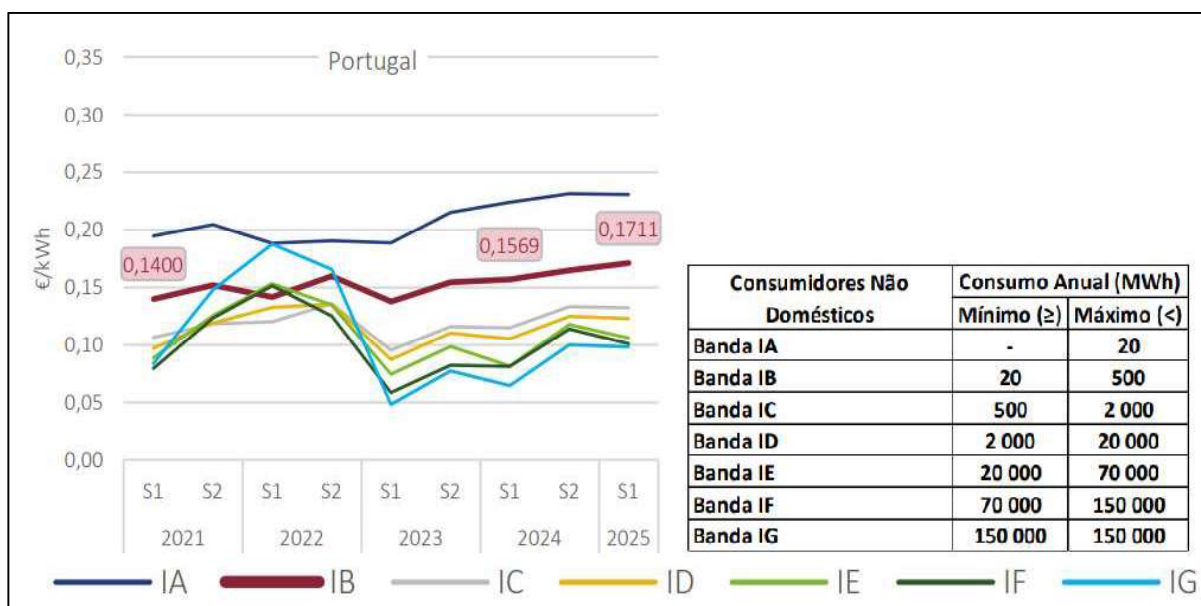


Figura 16 – Evolução do preço médio da eletricidade para consumidores não domésticos [20]

Identicamente ao preço da eletricidade, o preço médio do gás natural, por kWh, teve um aumento acentuado a partir do 2º semestre de 2021 e durante o ano de 2022, proporcional ao aumento da procura e consequentemente maiores consumos, conforme figura 17 (Banda de Consumo I3 – Consumo anual entre os 238.088 m³ e os 1.000.000 m³) [21], extraída do “Boletim Comparação Preços Gás Natural Eurostat”, publicado pela ERSE.

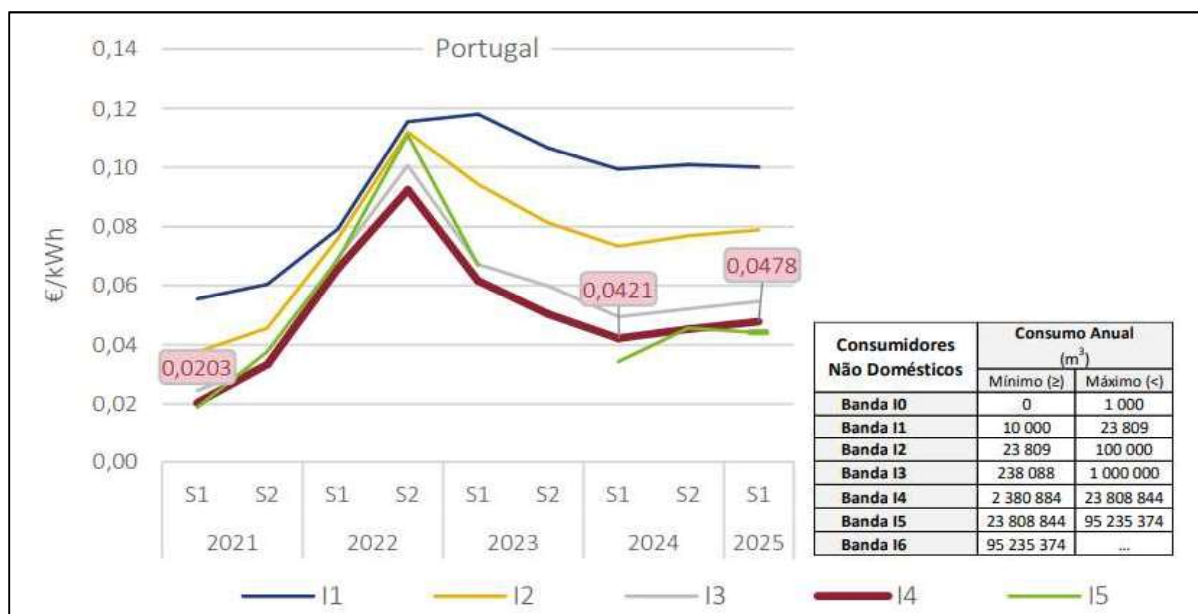


Figura 17 - Evolução do preço médio do gás natural para consumidores não domésticos [21]



O fator anterior levou a uma necessidade de controlo acentuado de consumos internos da EuroResinas e consequentemente dos custos associados.

Com base em documentação interna, foi possível verificar que do ano 2021 para o ano 2022, embora tenha havido uma redução de cerca de 15% no consumo energético global, ou seja, menos 2.472,92 MWh totais, registou-se um aumento aproximado de 31% (mais 968.393,96 €) nos custos energéticos globais, ou seja, face à média de consumos e custos da unidade, nos últimos 5 anos, em 2021 houve maior consumo e menores custos com a energia elétrica, enquanto, em 2022 houve menor consumo e maiores custos com a energia elétrica, conforme será analisado no subcapítulo 4.3.

Este exemplo é demonstrativo da volatilidade do mercado e do impacto que fatores externos têm no que concerne à procura e oferta de energia elétrica.

### 4.3. Custos energéticos EuroResinas

Com base na análise dos consumos globais, por cada um dos cinco anos, foi possível compreender e estabelecer o peso que cada fonte de energia da instalação tem nos custos energéticos anuais. Posteriormente, utilizando os custos faturados e as leituras dos consumos foi possível compilar a evolução de retornos e custos energéticos da EuroResinas entre os anos 2020 e 2024, conforme tabela 8.

Tabela 8 – Receitas da venda de energia da cogeração e custos energéticos da EuroResinas (2020-2024)

| Ano referência         | Gasóleo     | Energia Elétrica | Gás Natural  | Total p/ ano (€) | Cogeração    | Total p/ ano (€) |
|------------------------|-------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|
| 2020                   | 16 194,55 € | 985 781,55 €     | 188 551,11 € | 1 190 527,21 €   | 184 307,00 € | 1 006 220,21 €   |
| 2021                   | 8 128,46 €  | 2 278 559,11 €   | 224 708,93 € | 2 511 396,50 €   | 366 892,39 € | 2 144 504,11 €   |
| 2022                   | 14 917,10 € | 2 768 253,50 €   | 666 134,47 € | 3 449 305,07 €   | 336 407,00 € | 3 112 898,07 €   |
| 2023                   | 16 270,49 € | 999 683,04 €     | 295 507,53 € | 1 311 461,05 €   | 159 882,00 € | 1 151 579,05 €   |
| 2024                   | 8 137,96 €  | 1 422 455,05 €   | 282 309,32 € | 1 712 902,32 €   | 196 495,00 € | 1 516 407,32 €   |
| <b>Média Anual (€)</b> | 12 729,71 € | 1 690 946,45 €   | 331 442,27 € | 2 035 118,43 €   | 248 796,68 € | 1 786 321,75 €   |
| <b>Média (%)</b>       | 1%          | 83%              | 16%          | 100%             | 14%          |                  |

Conforme analisado no subcapítulo anterior, os anos 2021 e 2022 foram particularmente onerosos em termos de custos energéticos. É possível verificar que o impacto da pandemia COVID-19 foi particularmente relevante neste setor, com um desvio de custos do ano 2020 para 2021 de +53% (1.138.283,90 €) e de 2021 para 2022 de +31% (968.393,96 €), ou seja, de 2020 para 2022 houve um desvio total nos custos de 2.106.677,86 €.

Relativamente ao combustível fóssil Gasóleo, que apenas é utilizado em equipamentos de emergência e em alguns equipamentos de movimentação de cargas, de uma forma global teve um impacto muito residual em termos de custos energéticos da EuroResinas, numa média de 12.729,71 €/ano, nos últimos 5 anos, ou seja, apenas 1% dos custos energéticos totais.

Em contraponto, a energia elétrica acaba por ter uma representação significativa no custo anual energético, representando em média 83% destes, dado que, tem uma utilização processual e operacional muito mais relevante para o funcionamento de toda a unidade industrial, traduzindo-se assim em média em 1.690.946,45 €/ano.



Outro ponto a ter em consideração é o facto de a energia elétrica produzida no sistema de cogeração, de uma forma simplificada, conseguir em determinados anos colmatar os custos associados ao Gás Natural. Inclusive, no ano 2021, o retorno da cogeração foi 37% superior aos custos associados de todos os combustíveis fósseis (Gás Natural e Gasóleo), permitindo assim colmatar totalmente os custos associados a estes e traduzindo-se num excedente de retorno de 134.055,00 €.

Este ano acaba por ser relativamente atípico, comparativamente aos restantes, não só pelo facto anterior, mas também por, se se analisarem as fontes de energia de forma singular, verificamos que só o custo associado à energia elétrica consumida é superior ao global do ano (considerando os custos do Gasóleo e Gás Natural e o retorno da Cogeração), ou seja, tanto o preço de compra como de venda atingiram valores excecionalmente elevados.

Embora, com base nos dados analisados se verifique um decréscimo do impacto da cogeração no retorno, este ainda tem uma importância significativa nos custos energéticos finais, representando em média, nos últimos 5 anos, 14% do total, ou seja, em média cerca de 248.796,68 €/ano em venda de energia elétrica produzida.

Por fim, em média, nos últimos 5 anos os custos energéticos têm o valor de 2.035.118,43 €/ano, o que dá um custo médio mensal de 169.593,20 €/mês.

O consumo de energia primária e as respetivas emissões de CO<sub>2e</sub> da EuroResinas foram determinados com base nos valores de consumo de energia final das diferentes fontes energéticas, bem como nos fatores de conversão e de emissão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Fator de conversão para energia final e fatores de emissão de CO<sub>2e</sub> para a energia elétrica, gasóleo e gás natural [22]

| Tipo de Energia  | Unidade | PCI   |         | FE                     | Peso específico     |
|------------------|---------|-------|---------|------------------------|---------------------|
|                  |         | MJ/kg | kgep/kg | kgCO <sub>2</sub> /tep | kg/m <sup>3</sup> N |
| Energia Elétrica | kWh     | 3,6   | 0,215   | 2186,05                | -                   |
| Propano          | kg      | 46,7  | 1,115   | 2637,7                 | -                   |
| Gasóleo          | kg      | 42,8  | 1,022   | 3098,2                 | -                   |
| Gas Natural      | kg      | 45,1  | 1,077   | 2683,7                 | 0,8404              |

Com base nos dados obtidos, uma das principais conclusões possíveis de obter é que, a unidade é abrangida pelo SGCIE – Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia [23], uma vez que anualmente tem um consumo superior a 1.000 tep, sendo a média da EuroResinas de 3.120 tep/ano, conforme tabela 10 e ilustrado na figura 18.

Tabela 10 – Consumo de energia primária da EuroResinas (2020-2024)

| Ano<br>referência | Gasóleo | Energia Elétrica | Gás Natural | Somatório |
|-------------------|---------|------------------|-------------|-----------|
|                   | tep     |                  |             |           |
| 2020              | 10      | 2622             | 461         | 3093      |
| 2021              | 5       | 2989             | 514         | 3508      |
| 2022              | 9       | 2549             | 437         | 2995      |
| 2023              | 10      | 2509             | 434         | 2954      |
| 2024              | 5       | 2610             | 433         | 3048      |
| Média             | 8       | 2656             | 456         | 3120      |

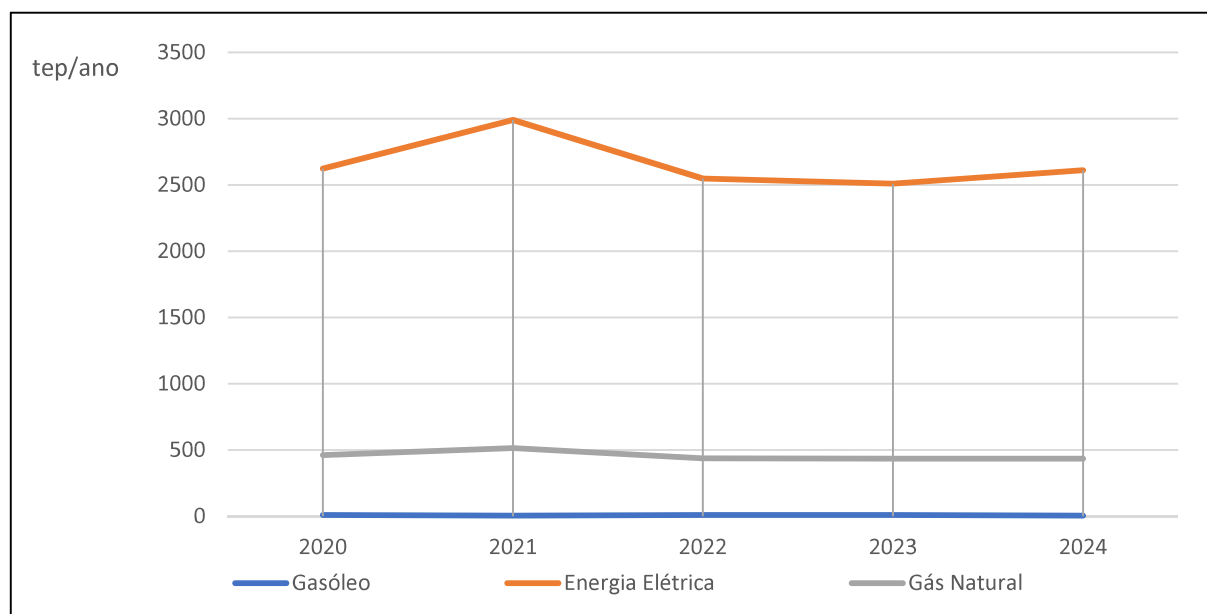


Figura 18 – Consumo de energia primária da EuroResinas (2020-2024)

Este facto obriga a que o operador de uma instalação CIE (Consumidor Intensivo de Energia), entre várias medidas, esteja sujeito a auditorias energéticas periódicas, implemente um Plano de Racionalização do Consumo de Energia ou realize o controlo da sua execução e progresso, conforme Decreto-Lei n.º 71/2008 [24].

## 4.4. Emissões EuroResinas

O cálculo de emissão de dióxido de carbono equivalente ( $CO_{2e}$ ) permite realizar diagnósticos mais assertivos com vista à implementação de medidas capazes de reduzir o nível de emissões de GEE e determinar a “pegada de carbono” da unidade. Assim, de acordo com o levantamento efetuado, foram compiladas as emissões da unidade industrial nos últimos 5 anos (2020-2024), conforme tabela 11.

Tabela 11 – Emissão de CO<sub>2e</sub> da EuroResinas (2020-2024)

| Ano                                                          | Energia elétrica<br>(tonCO <sub>2e</sub> ) | Gasóleo<br>(tonCO <sub>2e</sub> ) | Gás Natural<br>(tonCO <sub>2e</sub> ) | Total<br>(tonCO <sub>2e</sub> ) |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 2020                                                         | 5731,30                                    | 31,57                             | 1236,96                               | 6999,83                         |
| 2021                                                         | 6534,01                                    | 15,85                             | 1379,92                               | 7929,78                         |
| 2022                                                         | 5571,61                                    | 29,08                             | 1172,52                               | 6773,20                         |
| 2023                                                         | 5485,08                                    | 31,72                             | 1165,10                               | 6681,90                         |
| 2024                                                         | 5705,37                                    | 15,87                             | 1162,78                               | 6884,02                         |
| <b>Emissões últimos 5 anos<br/>(tonCO<sub>2e</sub>)</b>      | 29027,36                                   | 124,09                            | 6117,28                               | 35268,73                        |
| <b>Média dos últimos 5 anos<br/>(tonCO<sub>2e</sub>/ano)</b> | 5805,47                                    | 24,82                             | 1223,46                               | 7054                            |

Com os resultados obtidos verificou-se que em média, nos últimos cinco anos, foram emitidas no total 7.054 tonCO<sub>2e</sub>/ano, o que de acordo com o explanado no ponto 3.4., relativo às licenças CELE, equivale a 7.054 licenças CELE emitidas. Contudo, o fornecedor contratado, de energia elétrica, atesta que a totalidade da energia fornecida é proveniente de fontes 100% renováveis o que se traduz em zero tonCO<sub>2e</sub> de emissões para a energia elétrica, sendo assim necessário o acerto dos valores da tabela 11, conforme ilustrado na tabela 12.

Tabela 12 – Acerto da emissão de CO<sub>2e</sub> da EuroResinas (2020-2024)

| Ano                                                        | Energia elétrica<br>(tonCO <sub>2e</sub> ) | Gasóleo<br>(tonCO <sub>2e</sub> ) | Gás Natural<br>(tonCO <sub>2e</sub> ) | Total<br>(tonCO <sub>2e</sub> ) |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 2020                                                       | 0,00                                       | 31,57                             | 1236,96                               | 1268,53                         |
| 2021                                                       | 0,00                                       | 15,85                             | 1379,92                               | 1395,77                         |
| 2022                                                       | 0,00                                       | 29,08                             | 1172,52                               | 1201,60                         |
| 2023                                                       | 0,00                                       | 31,72                             | 1165,10                               | 1196,82                         |
| 2024                                                       | 0,00                                       | 15,87                             | 1162,78                               | 1178,65                         |
| <b>Emissões últimos 5 anos<br/>(tonCO<sub>2e</sub>)</b>    | 0,00                                       | 124,09                            | 6117,28                               | 6241,37                         |
| <b>Média dos últimos 5 anos<br/>tonCO<sub>2e</sub>/ano</b> | 0,00                                       | 24,82                             | 1223,46                               | 1248                            |

Após o acerto efetuado obtemos um valor consideravelmente inferior de emissões, num total médio de 1.248 tonCO<sub>2e</sub>/ano, o que significa uma redução de 82,3%, comparativamente ao caso de a energia elétrica ser fornecida por fontes não renováveis. Este fator é demonstrativo da estratégia, publicamente assumida pelo grupo Sonae Arauco, de tentar atingir a meta de neutralidade carbónica num médio prazo.

A conclusão de relevo, possível de retirar é que o Gás Natural é atualmente a fonte de energia primária com maior peso em termos de emissões anuais, reforçando a ideia que para o cumprimento do objetivo de neutralidade carbónica, em termos estratégicos, a utilização desta fonte terá de ser minimizada dentro da possibilidade estratégica e operacional.

Se se considerar a troca do Gás Natural pela alternativa totalmente elétrica, proveniente de fontes renováveis, verificamos que em média a unidade industrial estaria a emitir apenas 1,8% do valor atual, ou cerca de 25 tonCO<sub>2e</sub>/ano, ou seja, a emitir cerca de 25 licenças CELE por ano, conforme ilustrado na tabela 13.

Tabela 13 – Emissões de CO<sub>2e</sub> da EuroResinas sem consumo de Gás natural

|                           | <b>Energia elétrica<br/>(tonCO<sub>2e</sub>)</b> | <b>Gasóleo<br/>(tonCO<sub>2e</sub>)</b> | <b>Gás Natural<br/>(tonCO<sub>2e</sub>)</b> | <b>Total (tonCO<sub>2e</sub>)</b> |
|---------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| tonCO <sub>2e</sub> 5anos | 0,00                                             | 124,09                                  | 0,00                                        | 124,09                            |
| tonCO <sub>2e</sub> /ano  | 0,00                                             | 24,82                                   | 0,00                                        | 25                                |

# Capítulo 5

## Melhorias Propostas

### 5.1. Introdução

Como objetivo principal do presente projeto, pretendia-se analisar e apresentar um conjunto de melhorias a implementar no sistema de caldeiras do *site* EuroResinas, que poderão não só permitir uma redução de consumos e custos energéticos, como reduzir as emissões GEE da unidade. No Capítulo 5, são apresentadas medidas de melhoria que, dependendo não só do esforço financeiro requerido como da execução técnica, poderão ser alternativas de relevo para a empresa, com vista a uma futura certificação no âmbito da norma NP ISO 50001:2018.

A análise das melhorias propostas teve em consideração que a EuroResinas vende o excedente de licenças CELE. Por uma questão de confidencialidade, conforme analisado no subcapítulo 3.4, considerou-se um valor médio por licença de 75 €.

### 5.2. Melhoria 1 – Aquecedores elétricos

A evolução tecnológica e metodológica de operação de uma unidade industrial, associado às necessidades constantes de pensar o futuro e garantir o máximo de tempo de vida útil dos equipamentos, tem originado uma alteração estratégica das empresas do setor. A obtenção de certificações no âmbito das normas internacionais, como o caso da NP ISO 50001:2018, passou a ser um mecanismo de suporte e uma linha orientadora para as empresas, impulsionando a melhoria contínua.

Assim, após o tratamento dos dados no capítulo 4, uma das medidas de melhoria centrais no projeto em desenvolvimento é a redução da utilização de Gás Natural como combustível de queima nas caldeiras e substituição das respetivas caldeiras por aquecedores elétricos.

Tal melhoria envolve algumas alterações estruturais na instalação, nomeadamente cancelamento do contrato de Gás Natural, desativação da linha interna de distribuição de gás, demolição das caldeiras, aquisição de aquecedores elétricos, adaptação ao sistema de bombagem interno, aumento da potência contratada ou instalação de postos de transformação dedicados.

Estas seriam as alterações estruturais mais impactantes na instalação havendo ainda a considerar trabalhos de construção civil, alterações em termos de procedimentos de segurança internos, certificações legais, alterações de tubagens e de automação e controlo.

Considerando que a potência de aquecimento necessária tem de ser entre 4.000 kW a 6.000 kW, a aquisição de equipamentos para tal gama de potências, de acordo com a pesquisa efetuada, envolverá importação de equipamentos e consequentemente prazos de entrega alargados, dada a potência envolvida e a necessidade de adaptar o novo sistema às instalações físicas disponíveis, conforme exemplo da figura 19.



Figura 19 – Exemplo de um sistema de aquecimento elétrico [25]

Para avaliar o potencial de poupança de energia das medidas de melhoria propostas, foi determinada a energia útil anual necessária no processo de aquecimento do fluido térmico com base nas leituras das faturas de gás natural dos anos de 2020 a 2024 e na eficiência das caldeiras existentes, de 85,11%.

A partir dos valores de consumo energético em MWh, foi calculado o volume de gás natural consumido em Nm<sup>3</sup> utilizando o poder calorífico superior do gás natural (11,667 kWh/Nm<sup>3</sup>). Posteriormente, a energia térmica fornecida às caldeiras foi estimada multiplicando o consumo de gás natural pelo poder calorífico inferior do gás natural (10,528 kWh/Nm<sup>3</sup>), e o calor útil produzido pelas caldeiras foi obtido aplicando a eficiência atual das mesmas.

Conhecendo o calor necessário ao processo de aquecimento, a poupança de energia é então determinada pela seguinte equação:

$$Redução \% = 1 - \frac{\epsilon_{caldeira\ atual}}{\epsilon_{aquecedor\ elétrico}} \times 100 \quad (3)$$

Para a melhoria 1, considerando que a eficiência dos aquecedores elétricos é de 100%, conforme garantido pelo fornecedor, obtém-se uma poupança de energia de 14,89%.

Tabela 14 – Avaliação da medida de melhoria 1

| Caldeira atual com 85,11% de eficiência | Ano          | Consumo GN (MWh) | Custo faturado (€) | Custo (€/MWh) | Nm³ * 10³ | tonGN  | tep    | tonCO2e |
|-----------------------------------------|--------------|------------------|--------------------|---------------|-----------|--------|--------|---------|
|                                         | 2020         | 5365,71          | 188551,11          | 35,14         | 509,24    | 427,96 | 460,92 | 1236,96 |
|                                         | 2021         | 5985,85          | 224708,93          | 37,54         | 568,09    | 477,42 | 514,19 | 1379,92 |
|                                         | 2022         | 5086,16          | 666134,47          | 130,97        | 482,71    | 405,67 | 436,90 | 1172,52 |
|                                         | 2023         | 5054,00          | 295507,53          | 58,47         | 479,65    | 403,10 | 434,14 | 1165,10 |
|                                         | 2024         | 5307,13          | 282309,32          | 53,19         | 478,70    | 402,30 | 433,28 | 1162,78 |
|                                         | <b>Média</b> | 5359,77          | 331442,27          | 63,06         | 503,68    | 423,29 | 455,88 | 1223,46 |

| Aquecedor elétrico com 100% de eficiência | Ano          | Aumento consumo eletricidade(MWh) | Custo (€/MWh) | Consumo atual eletricidade (MWh) | Aumento da faturação de eletricidade (€) | Aumento dos custos com a energia (€) | Aumento dos custos considerando a venda de licenças (€) | Licenças Poupadas |
|-------------------------------------------|--------------|-----------------------------------|---------------|----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------|
|                                           | 2020         | 4563,11                           | 80,84         | 12194,23                         | 368 881,55 €                             | 180 330,44 €                         | 87 558,43 €                                             | 1236,96           |
|                                           | 2021         | 5090,49                           | 163,90        | 13902,13                         | 834 330,85 €                             | 609 621,92 €                         | 506 127,81 €                                            | 1379,92           |
|                                           | 2022         | 4325,37                           | 233,52        | 11854,46                         | 1 010 060,66 €                           | 343 926,19 €                         | 255 987,56 €                                            | 1172,52           |
|                                           | 2023         | 4298,02                           | 85,66         | 11670,36                         | 368 168,66 €                             | 72 661,13 €                          | 14 721,49 €                                             | 1165,10           |
|                                           | 2024         | 4289,47                           | 117,18        | 12139,06                         | 502 639,59 €                             | 220 330,27 €                         | 133 121,63 €                                            | 1162,78           |
|                                           | <b>Média</b> | 4513,29                           | 136,22        | 12352,05                         | 616 816,26 €                             | 285 373,99 €                         | 193 614,79 €                                            | 1223,46           |

O consumo de energia primária e as respetivas emissões de CO<sub>2e</sub> associadas ao consumo de gás natural foram determinadas com base nos valores de gás faturado, aos quais se procedeu à conversão em massa utilizando a massa específica do combustível. Posteriormente, o consumo foi convertido em energia primária recorrendo ao poder calorífico expresso em tep/ton. As emissões de CO<sub>2e</sub> foram então calculadas através da aplicação do fator de emissão do gás natural. Todos os parâmetros utilizados neste procedimento encontram-se apresentados na tabela 9.

O aumento do consumo de eletricidade associado à medida de melhoria 1 foi determinado com base no valor do calor útil necessário para o aquecimento do fluido térmico. Os respetivos custos energéticos líquidos foram posteriormente ajustados em função do custo médio da eletricidade e da receita prevista da venda de licenças CELE, atendendo a que a eletricidade adquirida pela EuroResinas é proveniente de fontes 100% renováveis. A tabela 15 apresenta a avaliação financeira e energética da medida de melhoria 1.

Tabela 15 – Simulação variação custo energia elétrica

| Aquecedor elétrico com 100% de eficiência | Ano          | Aumento consumo eletricidade(MWh) | Custo (€/MWh) | Consumo atual eletricidade (MWh) | Aumento da faturação de eletricidade (€) | Aumento dos custos com a | Aumento dos custos considerando a venda de licenças (€) | Licenças Poupadas |
|-------------------------------------------|--------------|-----------------------------------|---------------|----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------|
|                                           | 2020         | 4563,11                           | 61,65         | 12194,23                         | 281 323,11 €                             | 92 772,00 €              | 0 €                                                     | 1236,96           |
|                                           | 2021         | 5090,49                           | 64,47         | 13902,13                         | 328 203,04 €                             | 103 494,11 €             | 0 €                                                     | 1379,92           |
|                                           | 2022         | 4325,37                           | 174,34        | 11854,46                         | 754 073,08 €                             | 87 938,61 €              | 0 €                                                     | 1172,52           |
|                                           | 2023         | 4298,02                           | 89,09         | 11670,36                         | 382 890,15 €                             | 87 382,62 €              | 0 €                                                     | 1165,10           |
|                                           | 2024         | 4289,47                           | 86,15         | 12139,06                         | 369 517,95 €                             | 87 208,63 €              | 0 €                                                     | 1162,78           |
|                                           | <b>Média</b> | 4513,29                           | 95,14         | 12352,05                         | 423 201,47 €                             | 91 759,20 €              | 0 €                                                     | 1223,46           |

Como se pode observar na coluna "Aumento dos custos considerando a venda de licenças" a medida de melhoria 1 não é financeiramente atrativa, em 2023, em que os custos da energia elétrica (85,66 €/MWh) e do gás natural (58,47 €/MWh) se aproximam (ver figura 20), esta medida não acarreta um aumento dos custos energéticos da empresa.

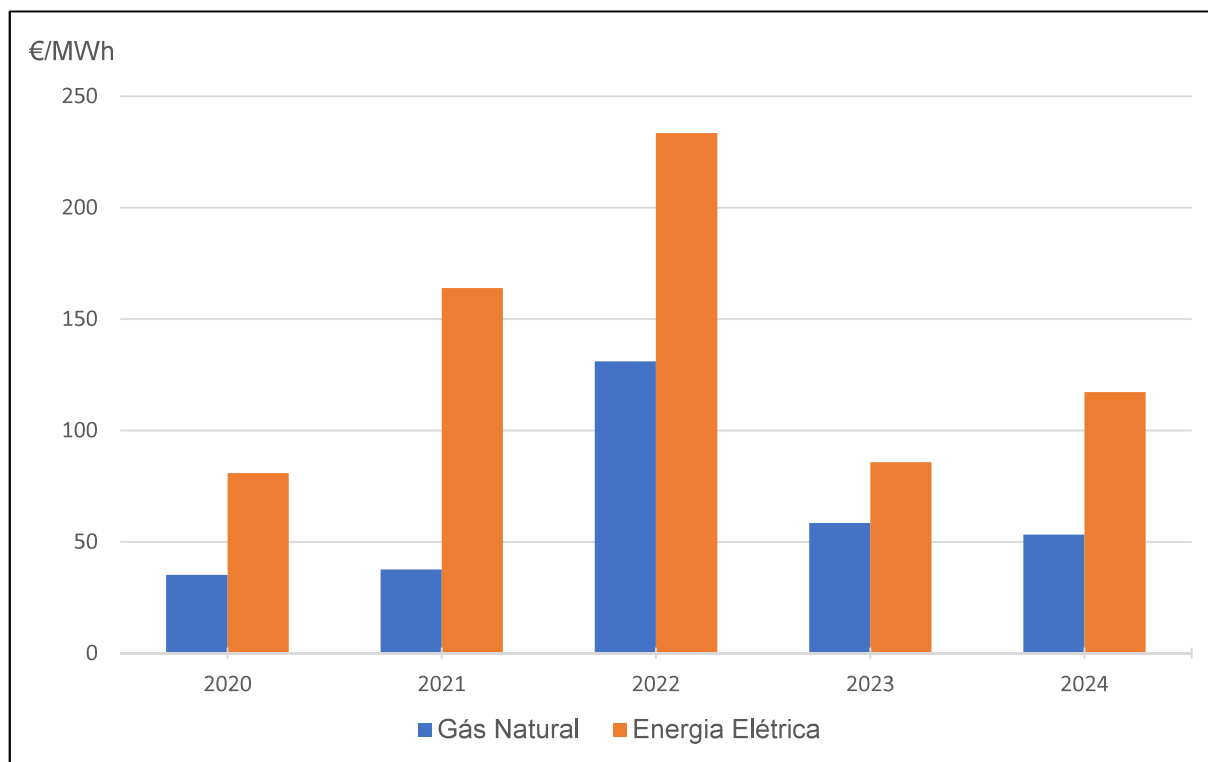


Figura 20 – Variação do custo faturado do Gás Natural e da Energia Elétrica (2020-2024)

Numa perspetiva de futura validação da melhoria 1, procedeu-se a uma simulação com base nos custos por MWh do gás natural e energia elétrica. Considerando as atuais políticas e perspetivas de descarbonização, para efeitos de simulação, considerou-se que o custo do MWh do gás natural seria fixo e que o custo por MWh da energia elétrica, renovável, sofreria uma queda.

Com base na simulação da tabela 15 conclui-se que a melhoria 1 só poderá tornar-se financeiramente atrativa quando a energia elétrica atingir um valor médio anual de 95,14 €/MWh, sendo que, neste ponto não trará custos adicionais para a empresa e abaixo deste valor permitirá reduzir os custos energéticos anuais da empresa.

### 5.3. Melhoria 2 – Substituição das caldeiras por novas caldeiras de gás natural

Uma das opções possíveis é a substituição das caldeiras existentes, atualmente com cerca de 25 anos, por uma tecnologia mais recente, mantendo a combustão de Gás Natural, e com possibilidades de rendimentos na ordem dos 92%, valor atestado pelo fornecedor para as condições de trabalho existentes, o que é um valor superior ao atual que se situa nos 85,11%.

Identicamente há melhoria 1 e seguindo o mesmo procedimento, foi elaborada uma tabela com a situação atual e a poupança estimada. Obteve uma redução do consumo de energia de 7,49%. A tabela 16 apresenta os dados de avaliação da melhoria 2.



Tabela 16 – Avaliação da medida de melhoria 2

|                                               |              |                   |                          |               |                                   |        |        |         |
|-----------------------------------------------|--------------|-------------------|--------------------------|---------------|-----------------------------------|--------|--------|---------|
| Caldeira atual<br>com 85,11%<br>de eficiência | Ano          | Consumo (MWh)     | Custo faturado (€)       | Custo (€/MWh) | Nm <sup>3</sup> * 10 <sup>3</sup> | tonGN  | tep    | tonCO2  |
|                                               | 2020         | 5365,71           | 188 551,11 €             | 35,14         | 509,24                            | 427,96 | 460,92 | 1236,96 |
|                                               | 2021         | 5985,85           | 224 708,93 €             | 37,54         | 568,09                            | 477,42 | 514,19 | 1379,92 |
|                                               | 2022         | 5086,16           | 666 134,47 €             | 130,97        | 482,71                            | 405,67 | 436,90 | 1172,52 |
|                                               | 2023         | 5054,00           | 295 507,53 €             | 58,47         | 479,65                            | 403,10 | 434,14 | 1165,10 |
|                                               | 2024         | 5307,13           | 282 309,32 €             | 53,19         | 478,70                            | 402,30 | 433,28 | 1162,78 |
|                                               | <b>Média</b> | 5359,77           | 331 442,27 €             | 63,06         | 503,68                            | 423,29 | 455,88 | 1223    |
| Caldeira nova<br>com 92% de<br>eficiência     | Ano          | Poupança<br>(MWh) | Poupança estimada<br>(€) | Custo (€/MWh) | Nm <sup>3</sup> * 10 <sup>3</sup> | tonGN  | tep    | tonCO2  |
|                                               | 2020         | 401,85            | 14 120,84 €              | 35,14         | 38,14                             | 32,05  | 34,52  | 93      |
|                                               | 2021         | 448,29            | 16 828,74 €              | 37,54         | 42,55                             | 35,75  | 38,51  | 103     |
|                                               | 2022         | 380,91            | 49 887,68 €              | 130,97        | 36,15                             | 30,38  | 32,72  | 88      |
|                                               | 2023         | 378,50            | 22 130,94 €              | 58,47         | 35,92                             | 30,19  | 32,51  | 87      |
|                                               | 2024         | 397,46            | 21 142,51 €              | 53,19         | 35,85                             | 30,13  | 32,45  | 87      |
|                                               | <b>Média</b> | 401,40            | 24 822,14 €              | 63,06         | 37,72                             | 31,70  | 34,14  | 92      |

Considerando o investimento indicado por fornecedores de 350.000 € e que a poupança estimada anual é de 24.822,14 €/ano obtém-se um prazo de retorno do investimento de 14,1 anos o que torna esta opção financeiramente desinteressante.

Para avaliar o potencial desta solução, estimou-se o valor necessário para atingir um prazo de retorno do investimento de 5 anos, considerado viável internamente. Nesse cenário, seria necessária uma poupança média anual de 70.000 €, o que corresponde a um preço do gás natural atinga o valor de 174,4 €/MWh.



# Capítulo 6

## Conclusões

Para o desenvolvimento do projeto houve a necessidade de analisar os dados dos consumos energéticos da unidade industrial da empresa EuroResinas. Por uma questão de disponibilidade de dados e aproximação real das conclusões considerou-se um período de faturação de 5 anos (de janeiro de 2020 a dezembro de 2024).

Esta unidade industrial é a principal fornecedora de resinas para todas as fábricas, do Grupo Sonae Arauco, de painéis de madeira aglomerada da Península Ibérica. Assim, para além dos custos diretos, os custos indiretos seriam extremamente elevados não só na EuroResinas como no Grupo Sonae Arauco. Intervenções de grande envergadura incrementam os riscos técnicos e financeiros de melhorias propostas para a empresa e para o restante Grupo.

Através dos resultados obtidos é possível concluir que, embora ambas as soluções permitam reduzir as emissões de CO<sub>2e</sub> da empresa, financeiramente não são atrativas.

A melhoria 1, que envolve a implementação de aquecedores elétricos, exigiria diversos ajustes estruturais e alterações significativas nos sistemas atualmente existentes, além de um elevado esforço financeiro, estimado pelo fornecedor em aproximadamente 1.000.000 €.

Do ponto de vista financeiro, verificou-se que esta solução é, na maioria dos cenários, desvantajosa, gerando custos energéticos adicionais para a empresa. A única exceção ocorreu no ano de 2023, quando os preços por MWh do gás natural e da energia elétrica se aproximaram.

Para que a implementação desta solução não implique um aumento dos custos energéticos, considerando um cenário em que o preço do gás natural se mantém estável e o custo da energia elétrica tende a reduzir, seria necessário que o custo médio da energia elétrica atingisse 95,14 €/MWh.

A melhoria 2, que consiste na substituição das caldeiras, envolve um investimento aproximado de 350.000 €. Em termos financeiros, estima-se que a poupança média proporcionada por esta solução seja de cerca de 24.822,14 € por ano, resultando num prazo de retorno do investimento de 14,1 anos. Para que o prazo de retorno seja reduzido para 5 anos, considerado aceitável pela empresa, seria necessária uma poupança anual de 70.000 €, o que implica que o custo do gás natural fosse superior a 174,4 €/MWh.

Alternativamente às soluções analisadas, seria recomendável proceder à revisão dos modos de operação do sistema de caldeiras, uma vez que de acordo com os dados analisados os regimes de funcionamento apresentam discrepâncias que não seriam exetáveis e eventualmente necessárias.

Conforme se verificou os regimes de funcionamento da caldeira 1 e da caldeira 2 aparentam ser diferentes não havendo uma razão operacional para tal. Assim seria de relevo equilibrar a utilização de ambos os sistemas, de forma a garantir as necessidades térmicas e prolongar o tempo de vida dos equipamentos.

De acordo com documentação interna, existe um procedimento de operação (Anexo II), muito simples e sem grande detalhe, datado de 2012, o que de acordo com o analisado necessitaria não só de uma revisão como um aprofundamento nos modos de operação do sistema.

Com o desenvolvimento do presente projeto verificou-se a existência de algumas lacunas e limitações de dados em tempo real e que poderá ser um aspeto a ter em consideração em futuros projetos de investimento. A integração de sistemas de leitura e controlo em tempo real permitem não só um controlo processual, como são importantes ferramentas de rastreamento e identificação de desvios.

Finalizando, embora fora do âmbito do projeto, conforme se verificou o sistema de cogeração nos últimos anos tem mostrado evidências de redução da sua eficiência, do retorno financeiro e maiores tempos de paragem para manutenções ou correções. Seria recomendável, no âmbito da própria norma e política de sustentabilidade uma análise técnico-financeira deste sistema, com vista a determinar pontos de melhoria.

# Bibliografia

- [1] <https://www.adene.pt/industria/> [Consultado a 22/04/2025]
- [2] <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/107-2019-122777644>  
[Consultado a 22/04/2025]
- [3] <https://apambiente.pt/clima/roteiro-para-neutralidade-carbonica-2050> [Consultado a 22/04/2025]
- [4] <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/destaques> [Consultado a 23/04/2025]
- [5] <https://apambiente.pt/clima/plano-nacional-de-energia-e-clima-pnec> [Consultado a 24/04/2025]
- [6] <https://www.sonaearauco.com/pt/sustentabilidade/acao-climatica/> [Consultado a 28/04/2025]
- [7] Broughton, J. (Ed.); (1994). Process Utility Systems - Introduction to design, operation and maintenance. UK: Institution of Chemical Engineers.
- [8] <https://www.ecoflam-burners.com/int/en/range/gas/40/blu/1/natural-gas/1838/blu-6000-1-pr>  
[Consultado a 07/04/2025]
- [9] ISQ (2019), *Manual de Auditorias Energéticas na Indústria*, ADENE, Junho de 2019 (ISBN:978-972-8646-74-5), Lisboa
- [10] EuroResinas (2024), *Relatório Emissões*, Sines, Outubro de 2024 [Consultado a 10/06/2025]
- [11] <https://www.apeg.pt/gas-natural/industria/#> [Consultado a 06/05/2025]
- [12] <https://apambiente.pt/clima/emissoes-gee> [Consultado a 26/04/2025]
- [13] <https://apambiente.pt/clima/inventario-nacional-de-emissoes-por-fontes-e-remocao-por-sumidouros-de-poluente-atmosfericos> [Consultado a 05/05/2025]
- [14] <https://apambiente.pt/clima/comercio-europeu-de-licencas-de-emissao-cele> [Consultado a 05/05/2025]
- [15] <https://www.publico.pt/2024/10/10/azul/noticia/fundo-ambiental-recebe-500-milhoes-euros-leiloes-emissoes-co2-2107469#> [Consultado a 15/11/2025]
- [16] [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=LEGISSUM:emissions\\_trading\\_system](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=LEGISSUM:emissions_trading_system)  
[Consultado a 02/06/2025]
- [17] <https://www.consilium.europa.eu/pt/infographics/fit-for-55-eu-emissions-trading-system/>  
[Consultado a 17/11/2025]
- [18] <https://pt.tradingeconomics.com/commodity/carbon> [Consultado a 18/11/2025]
- [19] <https://apambiente.pt/clima/atribuicao-gratuita-de-licencas-de-emissao> [Consultado a 04/06/2025]
- [20] ERSE (2024); *Boletim Comparação Preços Eletricidade Eurostat*, consultado a 24 de Junho de 2025 em: [https://www.erse.pt/media/gjkdc24l/boletim-eletricidade-eurostat\\_2024s1.pdf](https://www.erse.pt/media/gjkdc24l/boletim-eletricidade-eurostat_2024s1.pdf)
- [21] ERSE (2024); *Boletim Comparação Preços Gás Natural Eurostat*, consultado a 04 de Dezembro de 2025 em: [https://www.erse.pt/media/u4ufuzmv/boletim-g%C3%A1s-eurostat\\_2025s1.pdf](https://www.erse.pt/media/u4ufuzmv/boletim-g%C3%A1s-eurostat_2025s1.pdf)

[22] Despacho n.º 17313/2008 do Ministério da Economia e da Inovação, Direção-Geral de Energia e Geologia, Diário da República, 2.ª Série, n.º 122, 26 de Junho de 2008

[23] <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/auditorias-energeticas/sistema-de-gestao-dos-consumos-intensivos-de-energia-sgcie/> [Consultado a 07/04/2025]

[24] Decreto-Lei n.º 71/2008 do Ministério da Economia e da Inovação, Diário da República, 1.ª Série, n.º 74, 15 de Abril de 2008.

[25] <https://www.pirobloc.com/pt/produtos/aquecedor-eletrico-de-termofluido/> [Consultado a 19/11/2025]

# Anexo I

## Leituras temperaturas Caldeiras

Registo de temperaturas de entrada e saída do fluido térmico e da temperatura dos gases de exaustão das Caldeiras 1 e 2 da EuroResinas, no período de 22/07/2025 a 05/08/2025.

| Data       | Caldeira 1 |           | Caldeira 2 |           | T.Exaustão (°C) |
|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------------|
|            | Tin (°C)   | Tout (°C) | Tin (°C)   | Tout (°C) |                 |
| 05/08/2025 | 184,9      | 199       | 194,3      | 198       | 151             |
| 05/08/2025 | 206,3      | 232       | 217,8      | 221       | 178             |
| 05/08/2025 | 207,6      | 240       | 219,5      | 228       | 169             |
| 04/08/2025 | 185,5      | 200       | 195        | 200       | 151             |
| 04/08/2025 | 208,7      | 237       | 218,8      | 225       | 168             |
| 04/08/2025 | 212,1      | 229       | 223        | 227       | 156             |
| 03/08/2025 | 190        | 203       | 199        | 203       | 92              |
| 03/08/2025 | 190,2      | 193,9     | 200        | 204       | 91              |
| 02/08/2025 | 190        | 204       | 200        | 204       | 95              |
| 02/08/2025 | 189,2      | 202       | 198,8      | 202       | 113             |
| 01/08/2025 | 184        | 197       | 192        | 197       | 145             |
| 01/08/2025 | 218        | 203,8     | 214,1      | 210       | 112             |
| 31/07/2025 | 206        | 240       | 218        | 220       | 173             |
| 31/07/2025 | 207,1      | 231       | 218        | 222       | 173             |
| 31/07/2025 | 185,5      | 199       | 195,1      | 200       | 130             |
| 30/07/2025 | 206,5      | 238       | 219,5      | 210       | 177             |
| 29/07/2025 | 213,4      | 241       | 226,3      | 228       | 171             |
| 29/07/2025 | 185,8      | 199       | 194,4      | 198       | 145             |
| 29/07/2025 | 183        | 208       | 195        | 196       | 149             |
| 28/07/2025 | 185,3      | 210       | 195,8      | 198       | 139             |
| 28/07/2025 | 188        | 202       | 198        | 202       | 117             |
| 27/07/2025 | 186,5      | 200       | 196,6      | 200       | 92              |
| 27/07/2025 | 188,6      | 202       | 198,3      | 202       | 91              |
| 27/07/2025 | 190        | 202       | 199        | 202       | 94              |
| 26/07/2025 | 197,5      | 211       | 207        | 211       | 99              |
| 26/07/2025 | 207        | 232       | 220        | 224       | 177             |
| 25/07/2025 | 206,6      | 234       | 217,9      | 221       | 180             |
| 25/07/2025 | 204,2      | 229       | 215,7      | 219       | 179             |
| 24/07/2025 | 184,5      | 200       | 193        | 195       | 147             |
| 23/07/2025 | 204,6      | 220       | 214,4      | 221       | 178             |
| 23/07/2025 | 185        | 200       | 199        | 199       | 152             |
| 22/07/2025 | 245        | 230       | 214        | 219       | 180             |
| 22/07/2025 | 187        | 203       | 196        | 201       | 147             |
| 22/07/2025 | 206,3      | 234       | 214,3      | 222       | 175             |

# Anexo II

## Procedimento sistema caldeiras

Procedimentos de arranque, paragem e alarmes do sistema de caldeiras da Central Térmica da EuroResinas, referência interna MT – IT 012 Rev 0, de 26/10/2012.

| EuroResinas NBB     |                                      |
|---------------------|--------------------------------------|
| Theme               | OM - OPERATIONS MANAGEMENT           |
| Category            | Processo Operations Management       |
| Type of Information | 4. Instruções de Trabalho/Manutenção |
| Reference date      | 26/10/2012                           |
| Summary             | MT - IT 012 Rev 0                    |
| Description         |                                      |

### 1. OBJECTIVO

Os procedimentos a seguir descrevem as instruções do funcionamento das caldeiras de termofluido.

### 2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

### 3. PROCEDIMENTO

#### 3.1. Arranque da caldeira

- Ligar a alimentação, pondo a 1, caso esteja desligada;
- Ligar o serviço quadro eléctrico, carregando no botão;
- Ligar a bomba do termofluido, colocando em ON;
- Ligar a bomba, carregando no botão shunt vigiador caudal de termofluido;
- Define-se o set point da temperatura do termofluido de entrada da caldeira e define-se o set point da temperatura do termofluido de saída da caldeira; (no set point a temperatura do termofluido de entrada na caldeira 2, são cerca de 260°, que tem de ser mais alta do que a temperatura do termofluido de saída da caldeira de cerca de 240°, no painel da caldeira 1 costuma ser 260° de entrada e 220° de saída.
- Ligar o queimador, colocando em ON, de seguida acende a luz de aviso queimador com chama.

#### 3.2. Paragem da caldeira

- Caso queiramos colocar a caldeira apenas em stand by, desliga-se o queimador, colocando em OFF.
- Caso queiramos desligar a caldeira por muito tempo, desliga-se o queimador, desliga-se a bomba do termofluido e desliga-se a alimentação.

#### 3.3. Alarmes da caldeira (5)

- Avaria do queimador – Rearma-se o queimador, em caso de nova falha, subir ao queimador e inspeccionar visualmente;
- Disparo térmico do ventilador – Rearmar térmico do ventilador, em caso de nova falha, diagnosticar o motor do ventilador;
- Temperatura alta do termofluido – Inspeccionar linhas e bombas e informar o chefe de turno;
- Falta de caudal no termofluido – Inspeccionar bomba de termofluido;
- Disparo térmico da bomba do termofluido – Rearma-se a bomba e verificasse o motor.

#### 3.4. Painel da caldeira (mesa de controlo da caldeira)

