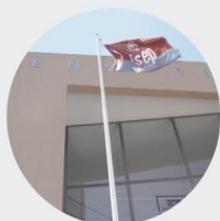




# Gestão Energética de Uma Indústria Alimentar

**BÁRBARA RENATA CUNHA CARDOSO**

novembro de 2017



# Gestão Energética de Uma Indústria Alimentar

**BÁRBARA RENATA CUNHA CARDOSO**

Novembro de 2017





Instituto Superior de Engenharia do Porto

Rua António Bernardino de Almeida,

431 4200 – 072 Porto

RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.

Rua Manuel Pinto de Azevedo,

272 4100 – 320 Porto

# Gestão Energética de uma Indústria Alimentar

**Dissertação**

Mestrado em Engenharia Química

**Orientadores:**

Doutor Christopher Silva Alves De Sá (ISEP)

Mestre Luís Miguel Domingos Peixoto Braga (RAR - Refinarias de Açúcar Reunidas S.A.)



## *Agradecimentos*

---

A presente dissertação marca o culminar de mais uma etapa da minha vida, sendo que tive o prazer de conhecer pessoas que me marcaram e fizeram com que a minha vida académica fosse inesquecível.

Desde já quero agradecer de uma forma especial ao Engenheiro Luís Braga que me deu a oportunidade de estagiar na RAR - Refinarias de Açúcar Reunidas S.A. e me orientou durante todo o meu percurso. Ao Engenheiro Christopher Sá agradeço toda a disponibilidade demonstrada, bem como a ajuda e orientação.

À RAR e a todas as pessoas que me ajudaram e me marcaram o meu obrigada. Ao Engenheiro Mário Nunes, agradeço toda a ajuda, compreensão, paciência e boa-disposição, ficará uma amizade.

Aos colegas, Ariana, Amaro, João e José agradeço todos os momentos de partilha. Um especial agradecimento à Filipa, também companheira de estágio, que disponibilizou parte do seu tempo, de bom grado, para me ajudar em momentos de maior necessidade.

Aos meus pais e irmã o mesmo obrigada de sempre.



## Resumo

---

Para qualquer empresa, o seu maior objetivo passa pela produção de lucro e, atualmente, esse aspeto está diretamente relacionado com a sua capacidade de manter uma gestão que incorpore a responsabilidade social, ambiental e económica, em prol de um desenvolvimento global mais sustentável.

Este trabalho teve como principal objetivo efetuar uma análise técnica e económica sobre diversas medidas que permitissem a redução do consumo de energia elétrica, essencialmente relacionadas com a iluminação, motores de alto rendimento, variadores eletrónicos de velocidade e analisadores de energia. Um apoio para a concretização da implementação das medidas estudadas foi a submissão de candidaturas ao Fundo de Eficiência Energética e ao Prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente.

A primeira fase do estudo consistiu no levantamento de dados previamente recolhidos que permitem caracterizar a empresa em termos energéticos. Trata-se de uma empresa que consome vapor, energia elétrica, gás natural, gasolina e gasóleo, sendo as duas primeiras formas os tipos de energia mais consumidos, correspondendo a mais de 84 % e 15 %, respetivamente. O consumo global de energia ultrapassa o limite legal de 1000 tep/ano, sendo considerada uma empresa consumidora intensiva de energia.

As faturas energéticas foram alvo de análise e interpretação efetuando-se a determinação dos indicadores de eficiência energética, consumo específico de energia de 143 kgep/t, 4,05 kgep/€ e 2,65 kgCO<sub>2</sub>/kgep. Os dados recolhidos foram tratados de modo a avaliar a evolução dos consumos energéticos desde a realização da primeira auditoria na empresa, em 1988.

Com a implementação das medidas de aumento de eficiência energética prevê-se uma poupança de 60 500 €/ano e um retorno de investimento de 11 meses. Na fatura energética anual da empresa espera-se uma redução de 5% dado o estudo realizado.

**Palavras-chave:** faturas energéticas, consumidora intensiva de energia, gestão, eficiência energética



## *Abstract*

---

For any company, its main objective involves the production of profit and currently this aspect is directly related to its ability to maintain a management that incorporates social, environmental and economic responsibility in favor of a more sustainable global development.

This work aimed to make a technical and economic analysis of several actions that would allow the reduction of electricity consumption, primarily related to the lighting, high-efficiency motors, electronic speed variators and energy analyzers. A support for the implementation of the measures studied was the submission of applications to the Fundo de Eficiência Energética and the Prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente.

The first phase of the study consisted of previously collected data collection that can characterize the company in terms of energy. It's a company that consumes steam, electricity, natural gas, gasoline and diesel, the first two forms being the most consumed types of energy, corresponding to more than 84% and 15%, respectively. The global energy consumption exceeds the legal limit of 1000 t/year, being considered an energy intensive consumer company.

The energy bills were the subject of analysis and interpretation making the determination of energy efficiency indicators, specific energy consumption of 143 kgep/t, 4,05 kgep/€ and 2,65 kgCO<sub>2</sub>/kgep. The collected data were analyzed to evaluate the evolution of energy consumption since the completion of the first audit company in 1988.

With the implementation of energy efficiency enhancement measures there will be a saving of 60 500 €/year with an investment return of 11 months. The company's annual energy bill is expected to be reduced by 6%.

**Keywords:** energy bills, energy intensive consumer, management, energy efficiency



# Índice

Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1. Organização da dissertação	2
1.2. Planificação de atividades	2
Capítulo 2	5
Revisão bibliográfica	5
2.1. Contextualização Energética	5
2.1.1. Energia elétrica	7
2.1.2. Indicadores energéticos	9
Intensidade energética	9
Emissões GEE	10
2.2. Eficiência energética	11
2.2.1. Metas nacionais em matéria de eficiência energética	12
2.3. Gestão Energética de uma Indústria	14
2.4. Enquadramento Legislativo	16
2.5. Empresa acolhedora: RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.	17
Capítulo 3	19
Levantamento Energético	19
3.1. Gestão de Consumos Energéticos	19
3.1.1. Análise da fatura energética	19
3.1.2. Análise de dados históricos	23
3.2. Prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente	26
Capítulo 4	29
Medidas de promoção da eficiência energética	29
4.1. Motores de elevado rendimento	30
4.1.1. Motores elétricos na indústria	30
4.1.2. Identificação de motores standard	32
4.1.3. Oportunidades de melhoria de eficiência em motores	37
4.2. Variadores eletrónicos de velocidade	47
4.2.1. Aplicações de VEV no acionamento de bombas centrífugas e ventiladores	48
Bombas centrífugas	48

Ventiladores	49
4.2.2. Controlo existente no sistema atual	50
4.2.3. Comparação entre tipos de funcionamento	53
4.3. Iluminação	57
4.3.1. Soluções energeticamente eficientes	57
Comparação das características dos diversos tipos de lâmpadas	58
4.3.2. Equipamento de iluminação existente	59
4.3.3. Cenário implementado	63
4.4. Analisadores de energia	71
4.4.1. Relevância da monitorização	72
4.4.2. Recolha de dados e instrumentação de medida	72
4.4.3. Identificação de locais de interesse	74
4.5. Resultados da implementação das medidas de eficiência energética	76
4.6. Fundo de Eficiência Energética	77
4.6.1. Submissão de candidatura	78
Capítulo 5	81
Conclusões Finais	81
Referências Bibliográficas	83
Anexos	87
Anexo A. Avaliação do consumo energético	87
A1. Caracterização do consumo de energia	87
A2. Indicadores energéticos	89
Anexo B. Motores Elétricos	91
B1. Motores elétricos em atividade na instalação	91
B2. Caracterização aprofundada dos motores elétricos consultados	92
B3. Consumo energético e rendimento associado a cada fabricante de motores IE3	94
B4. Consumo energético e rendimento associado a cada fabricante de motores IE4	96
B5. Cálculos realizados	97
Anexo C. Variadores Eletrónicos de Velocidade	99
C1. Carregamento do motor mediante regulação	99
C2. Exemplificação dos cálculos realizados	99
Anexo D. Iluminação	103
D1. Equivalência luminosa entre lâmpadas de descarga e LED	103

D2. Análise técnica e económica para as diferentes empresas consultadas	104
D3. Exemplificação dos cálculos realizados	109
Anexo E. FEE: Aviso 22 – Eficiência Energética na Indústria, Agricultura, Floresta e Pesca	111
E1. Formulário de candidatura	111
E2. Fundamentação da relevância e inovação do projeto	122
E2.1. Motores Eléctricos	122
E2.2. Variadores Electrónicos de Velocidade	122
E2.3. Iluminação	122
E3. Fundamentação das poupanças anuais de energia	123
E3.1. Motores Eléctricos	123
E3.2. Variadores Electrónicos de Velocidade	123
E3.3. Iluminação	125
Anexo F. Prémio EDP Energia Eléctrica e Ambiente 2017	127
F1. Regulamento do concurso	127
C2. Candidatura apresentada pela empresa (1ª fase)	129
C3. Candidatura apresentada pela empresa (2ª fase)	130



## Índice de Figuras

---

Figura 2.1. Evolução do consumo total de energia final por fonte (em tep)	6
Figura 2.2. Representação da quota-parte de consumo energético final por sector em Portugal	6
Figura 2.3. Evolução do consumo de eletricidade (GWh)	7
Figura 2.4. Consumo de energia elétrica por setor de atividade	8
Figura 2.5. Evolução dos preços médios da eletricidade com taxas ao consumidor final em Portugal, por setor (€/kWh)	8
Figura 2.6. Evolução da intensidade energética por setor	9
Figura 2.7. Evolução das emissões de GEE em Portugal (Mt CO <sub>2</sub> e)	10
Figura 2.8. Evolução da intensidade carbónica no consumo de energia (t CO <sub>2</sub> /tep)	11
Figura 2.9. Evolução da dependência energética de Portugal (%)	12
Figura 2.10. Evolução da meta de Portugal, para 2020, em matéria de eficiência energética (Mtep)	14
Figura 2.11. Processo de gestão de energia	15
Figura 2.12. Instalações da fábrica da RAR Açúcar, no Porto	17
Figura 3.1. Utilidades consumidas	20
Figura 3.2. Distribuição mensal dos consumos de energia em tep	21
Figura 3.3. Distribuição mensal das emissões de GEE por forma de energia	22
Figura 3.4. Entradas e Saídas de EE na instalação, no período 1987-2016	23
Figura 3.5. Relação entre o CEE e a produção de açúcar, entre 1987 e 2016	24
Figura 3.6. Evolução temporal da redução dos indicadores energéticos previsto e real	25
Figura 3.7. Influência da eficiência energética nos investimentos anuais	25
Figura 4.1. Rendimentos standard em função de diferentes potências de motores de 4 polos, para as várias classes existentes	32
Figura 4.2. Motores responsáveis pelas filtrações do processo, 1ª filtração e filtração Putsch, respetivamente	33
Figura 4.3. Motores elétricos do sistema de bombagem de licor para resinas	34
Figura 4.4. Distribuição das cargas de utilização dos motores em estudo	37
Figura 4.5. Motor elétrico associado ao secador de 10 toneladas, antes e depois do projeto, respetivamente	46
Figura 4.6. Motores elétricos dos compressores de gás	47
Figura 4.7. Consumos de potência numa bomba com controlo por válvula de estrangulamento vs. controlo com VEV	48
Figura 4.8. Consumo de potência relativo para diferentes métodos de controlo de fluxo de ar	49
Figura 4.9. Corrente alimentada ao motor MOTE-0358	51
Figura 4.10. Corrente alimentada ao motor MOTE-0365	51
Figura 4.11. Corrente do motor MOTE-0292	52
Figura 4.12. Potência consumida do motor MOTE-0311	52

Figura 4.13. Caudal de licor requerido em função da pressão de saturação do filtro	54
Figura 4.14. Variação da corrente alimentada para um sistema de filtração controlado por VEV	54
Figura 4.15. Consumo de corrente alimentada em função da velocidade do motor elétrico acoplado ao sistema de ventilação: 3000, 2700 e 2500 rpm	55
Figura 4.16. Iluminação tubular LED e painéis LED	71
Figura 4.17. Iluminação LED exterior	71
Figura 4.18. Esquema explicativo do fluxo de informação para o sistema de aquisição de dados	73
Figura C1. Requisitos de energia de entrada para regulação efetuada por válvula de estrangulamento e VEV	100

## Índice de Tabelas

---

Tabela 1.1. Planificação das atividades realizadas no período de estágio	3
Tabela 4.1. Classificação dos motores segundo o seu rendimento	31
Tabela 4.2. Consumo energético anual de cada motor standard considerado	35
Tabela 4.3. Economias, Propostas e Período de Retorno com substituição de motores de alto rendimento (classe IE3)	38
Tabela 4.4. Economias, Propostas e Período de Retorno com substituição de motores de alto rendimento (classe IE4)	39
Tabela 4.5. Rentabilidade da classe IE4 em detrimento da classe IE3 (Empresas: 1 – WEG; 2 – Harker Solutions (Leroy Somer); 3 – Juncor; 4 – Apineq)	41
Tabela 4.6. Economias, Propostas e Período de Retorno com substituição de motores de alto rendimento (classe IE3) adicionais	43
Tabela 4.7. Estudo da viabilidade de substituição de motores standard por motores IE3 ou IE4	43
Tabela 4.8. Economia energética e económica conseguida para novos motores IE3	45
Tabela 4.9. Identificação dos locais de aplicação de VEV e respetivas características	50
Tabela 4.10. Economia encontrada no controlo inicial dos sistemas de bombagem e despoeiramento considerados	53
Tabela 4.11. Consumo previsto com a utilização de VEV em bombas centrífugas	55
Tabela 4.12. Caudais de ar obtidos em função da velocidade do motor	56
Tabela 4.13. Análise económica ao projeto VEV	56
Tabela 4.14. Comparação das características dos diferentes tipos de lâmpadas	58
Tabela 4.15. Levantamento efetuado ao sistema de iluminação ineficiente	61
Tabela 4.16. Consumo previsto com a implementação de iluminação LED	64
Tabela 4.17. Comparação global das propostas apresentadas	66
Tabela 4.18. Análise da viabilidade económica do projeto	68
Tabela 4.19. Comparação de critérios das diferentes propostas apresentadas para a aquisição de iluminação	70
Tabela 4.20. Identificação de locais prioritários a monitorizar	75
Tabela 4.21. Comparação de orçamentos para analisadores de energia	75
Tabela 4.22. Resumo dos estudos da viabilidade de aplicação de medidas para o aumento da eficiência energética	76
Tabela A1. Produção mensal de açúcar branco equivalente no ano 2015	87
Tabela A2. Consumo mensal de cada forma de energia	88
Tabela A3. Fatores de conversão utilizados	88
Tabela B1. Discriminação das diversas potências e quantidades de motores elétricos existentes atualmente, bem como a % de potências que possuem variação	91
Tabela B2. Identificação dos motores elétricos escolhidos para análise técnica	92
Tabela B3. Rendimento energético dos motores de classe IE3 propostos pelas diferentes empresas e respetivos consumos	94

Tabela B4. Rendimento energético dos motores de classe IE4 propostos pelas diferentes empresas e respetivos consumos	96
Tabela C1. Horas de funcionamento em cada carga dependente da abertura da válvula	99
Tabela C2. Horas de funcionamento em cada carga do VEV	99
Tabela D1. Tabelas de equivalências	103
Tabela D2. Análise da viabilidade económica para a empresa Megaluz	105
Tabela D3. Análise da viabilidade económica para a empresa Rexel	107

## Abreviaturas e Símbolos

---

ADENE	Agência para a Energia
AQS	Aquecimento de águas quentes sanitárias
AR	Alto rendimento
CEE	Consumo específico de energia
CEMEP	<i>European Committee of Manufactures of Electrical Machines and Power Electronics</i>
CIE	Consumidor intensivo de energia
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
DDC	Diagrama de carga
EDP	Energias de Portugal
EE	Energia elétrica
EFF1	Alta eficiência
EFF2	Eficiência padrão
EFF3	Eficiência baixa
FEE	Fundo de eficiência energética
FMLL	Fator de manutenção da luminosidade da lâmpada
FSL	Fator de sobrevivência
GEE	Gases de efeito de estufa
GN	Gás natural
GWh	Giga <i>watt</i> hora
IC	Intensidade carbónica
IE	Intensidade energética
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IE1	Eficiência padrão
IE2	Alta eficiência
IE3	Eficiência <i>premium</i>
IE4	Eficiência <i>Super Premium</i>
IFS	<i>International Food Standard</i>
IRC	Índice de Reprodução de Cores
IV	Infravermelho
K	Temperatura de cor
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MEE	Medidas de eficiência energética
MOTE	Motor elétrico

NEMA	<i>National Electrical Manufactures Association</i>
PIB	Produto interno bruto
PNAEE	Plano nacional de ação para a eficiência energética
PREn	Planos de racionalização do consumo de energia
PRI	Período de recuperação de investimento
QELE	Quadro elétrico
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
RAR	Refinarias de Açúcar Reunidas S.A.
RCM	Resolução do Conselho de Ministros
rpm	Rotações por minuto
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
SGE	Sistema de Gestão de Energia
Tep	toneladas equivalentes de petróleo
eu	União Europeia
URE	Utilização Racional de Energia
UV	Ultravioleta
VAB	Valor Acrescentado Bruto
VEV	Variador Eletrónico de Velocidade

## Lista de símbolos

€	Euro - Moeda europeia
%	Porcentagem
η	Rendimento

# Capítulo 1

## *Introdução*

---

O **contínuo crescimento** demográfico, a industrialização, a evolução tecnológica exponencial, o elevado consumismo e a efemeridade dos produtos originam grandes **impactos a nível ambiental e energético**, quer na sobre-exploração de recursos quer com os resíduos, emissões e efluentes originados ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos e serviços.

Ao olhar para a conjuntura atual do setor elétrico, e sendo a competitividade o argumento com maior influência na indústria, compreende-se a importância do **planeamento energético nas indústrias**. Este não deve estar restringido à preocupação com o aumento da procura ou à realização de ações de conservação de energia.

A **fatura energética** de uma empresa tem cada vez maior impacto nas decisões de compra (de novos equipamentos, novos fornecedores, entre outros), dado ser uma área onde se gasta grande parte do capital da empresa e não sendo este consumo monitorizado e acompanhado, podem ocorrer consumos desmesurados que não são explicáveis pelo aumento de produção.

Todavia, salienta-se que a **pressão ambiental** veio também reforçar a necessidade de utilização eficiente da energia. Para garantir a sustentabilidade do Planeta e em prol de um desenvolvimento mais consciente e responsável energética e ambientalmente, urge a necessidade de contrariar a tendência atual de consumo desmedido de energia. Para tal, as empresas já vão tomando consciência e assumindo responsabilidade de toda a problemática da energia e do ambiente que se atravessa.

Na sequência da estratégia e da política da empresa acolhedora que visa o constante desenvolvimento no sentido de responder ao mercado, à otimização dos recursos e o cumprimento das exigências ambientais, a elaboração da **presente dissertação** pretende promover a eficiência energética, demonstrando que existem tecnologias disponíveis que permitem atuação eficaz sobre a energia consumida, mantendo ou mesmo melhorando a qualidade do processo de produção de açúcar.

A dissertação enquadra-se no âmbito da disciplina Dissertação/Estágio do Mestrado em Engenharia Química, ramo de Energia e Biorrefinaria do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Como principal objetivo constou a implementação no processo de medidas que visem a redução de consumos energéticos, realizando-se análises técnicas e económicas para as referidas medidas. Adicionalmente, foi também objetivo a formalização das candidaturas ao Fundo de Eficiência Energética (FEE) e ao Prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente.

### 1.1. Organização da dissertação

O presente relatório encontra-se organizado em cinco capítulos.

No **primeiro** capítulo é realizada o enquadramento do projeto, definidos os principais objetivos e apresentada a empresa acolhedora.

No **segundo** capítulo são apresentados os conceitos e metodologias que serviram como base para o desenvolvimento do projeto, contextualizando a relevância da eficiência energética nas indústrias portuguesas.

No capítulo **três** são descritas todas as formas de energias consumidas pela empresa e todas as ações realizadas ao longo de duas décadas que validaram a redução do consumo energético. Apresenta-se, ainda, a candidatura ao Prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente.

No capítulo **quatro** são apresentados os estudos realizados que visaram a eficiência energética da instalação, a sua vertente teórica e a sua análise técnica-económica. As medidas foram alvo de candidatura ao FEE, sendo esse apresentado no referido capítulo.

O capítulo **cinco** condensa todas as conclusões retiradas do estudo efetuado nesta dissertação, quantificando em termos energéticos e monetários as poupanças atingidas, bem como a influência das ações no consumo energético anual da empresa.

### 1.2. Planificação de atividades

A seguinte tabela resume as atividades realizadas durante o período de trabalho, que teve início em finais de fevereiro e com término em início de novembro.

Tabela 1.1. Planificação das atividades realizadas no período de estágio

Tarefas	FEV	MAR				ABR				MAI				JUN				JUL				AGO				SET				OUT				NOV
	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1				
<b>Candidatura ao Prémio EDP</b>																																		
Histórico da faturação de eletricidade	█	█	█																															
Consumos das formas de energia		█	█	█																														
Investimentos realizados em EE			█	█	█																													
Medidas de eficiência energética										█	█	█	█																					
<b>Candidatura ao FEE</b>																																		
Iluminação			█	█	█	█	█	█	█																									
Motores Eléctricos			█	█	█	█	█	█	█																									
Variadores de Velocidade			█	█	█	█	█	█	█																									
<b>Estudo técnico-económico das MEE</b>																																		
Motores eléctricos			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																		
Iluminação			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																		
Variadores de Velocidade			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																	
Analísadores de Energia																		█	█	█														
<b>Implementação das MEE</b>																																		
Iluminação																		█	█	█														
Motores Eléctricos																																		
Variadores de Velocidade																																		
Analísadores de Energia																																		



## Capítulo 2

### *Revisão bibliográfica*

---

O **panorama** mundial **energético** está em constante **mudança**, quer por força da **economia**, diretamente ligada à procura de energia, quer por força das **alterações climáticas** que obrigam a uma ação imediata e concertada para **travar** o escalar das emissões de Gases com Efeito de Estufa (**GEE**).

Torna-se relevante, numa primeira etapa, contextualizar a situação energética Portuguesa, além de desmistificar determinados temas que foram sendo vulgarizados.

#### 2.1. Contextualização Energética

Cada vez mais as sociedades modernas estão dependentes deste bem tão importante e escasso que é a **Energia**. Associado à energia está o **consumo energético**. Entende-se por consumo energético o uso/gasto de energia como fonte de calor, potência ou de energia primária<sup>1</sup> para fins de processo de manufaturação. [1]

O consumo energético tem sido sempre uma grande preocupação a nível mundial. Observou-se, desde a década de 90, um aumento constante do consumo energético final<sup>2</sup> na Europa, facto que se relaciona pelo **constante aumento da população** e das suas **necessidades**. Esta realidade é transportada para a situação portuguesa como se pode observar na Figura 2.1. [1,2]

---

<sup>1</sup> Energia gerada a partir da utilização de fontes naturais (biomassa, carvão, entre outros) que, ao serem processadas e transformadas, produzem a energia necessária para outros fins.

<sup>2</sup> Toda a energia fornecida aos setores de indústria, residencial, serviços, transportes e agricultura.

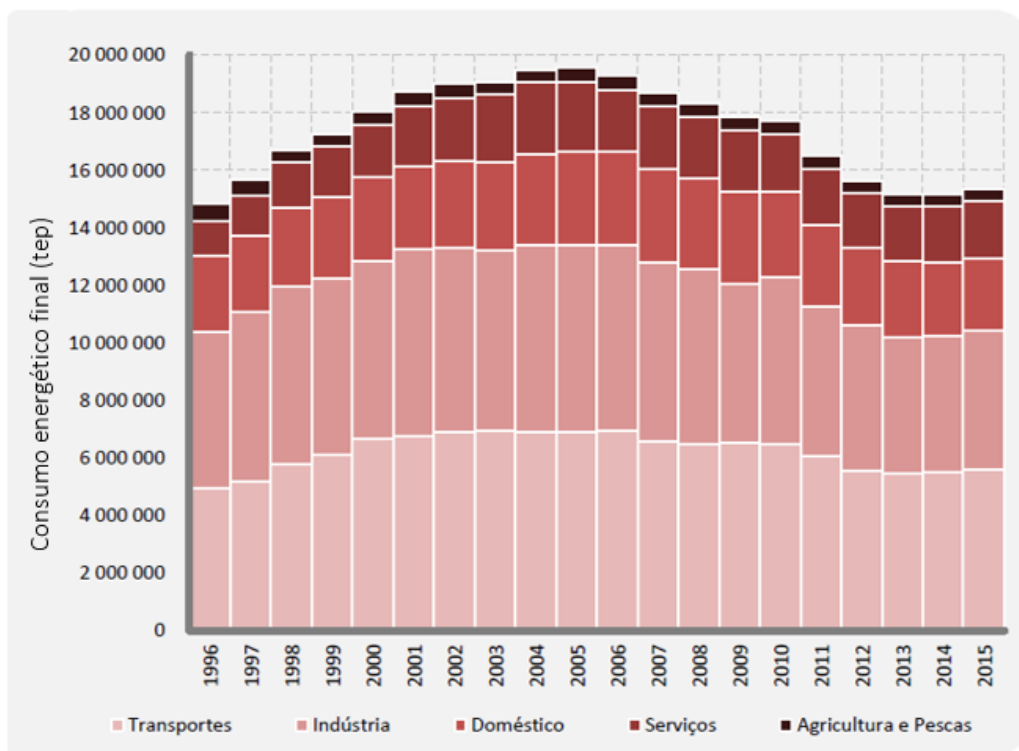


Figura 2.1. Evolução do consumo total de energia final por fonte (em tep) [2]

O consumo tem vindo a **decrecer** nos **últimos sete anos**, ainda que vagarosamente, o que pode ser representativo da preocupação crescente e da consequente intervenção nesta área com medidas e ações de eficiência energética; Porém, não é de excluir que a **recessão económica** que Portugal atravessou também teve impacto nos investimentos no sector energético, que viram o seu número e valor decrescido substancialmente, devido ao **aumento do custo de compra da energia**. [3]

Deste modo, torna-se necessário perceber quais os **setores** que possuem **necessidades energéticas mais elevadas**, encontrando-se essa informação resumida na figura 2.2. [2]

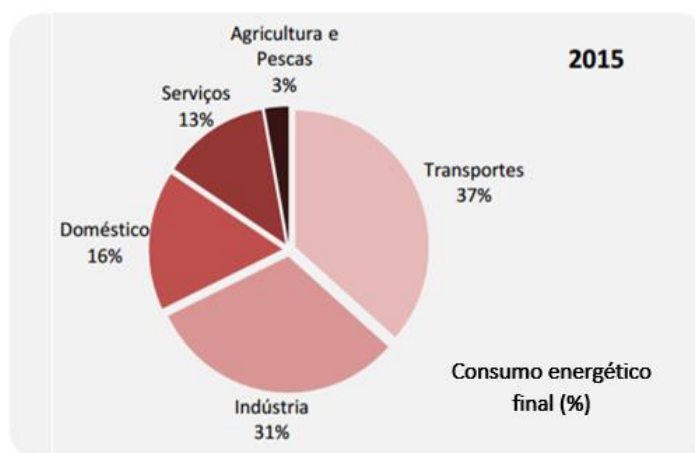


Figura 2.2. Representação da quota-parte de consumo energético final por sector em Portugal [2]

A figura 2.2. apresenta os setores onde ocorre um maior consumo energético e, conseqüentemente, a necessidade de fornecimento de energia aos diferentes sectores. Como tal, observa-se uma participação mais ativa por parte dos setores **industrial**, **doméstico** e **transportes**, pelo que se conclui que estes são os principais setores onde se deverá intervir, assumindo um papel fundamental na promoção da eficiência energética.

### 2.1.1. Energia elétrica

A energia elétrica é **produzida** a partir de **fontes de energia primária** - energia potencial (queda de água – barragens), **cinética** (movimento do vento – eólica) ou através da **produção por calor** (rotação de um rotor a partir de expansão de um fluido – térmica). É um tipo de energia com características bastante específicas, em relação às outras, principalmente pelo facto de não poder ser armazenada em elevadas quantidades, nem infinitamente. Para ser economicamente viável, **o seu consumo deve ser imediato**, ou seja, deve ser transportada ao cliente final imediatamente após a sua produção. [3]

A importância da eletricidade, para a manutenção da rotina mundial, exige a coordenação entre o lado da oferta de energia, pelos sistemas elétricos de potência e pelo lado da procura, consumidores dos segmentos industrial, comercial e residencial. Para o setor industrial, a energia elétrica tornou-se insumo fundamental para **assegurar o desenvolvimento económico e social de um país**. [3]

A figura 2.3. demonstra o consumo nacional de energia elétrica no período compreendido entre 2006 e 2015. [2]

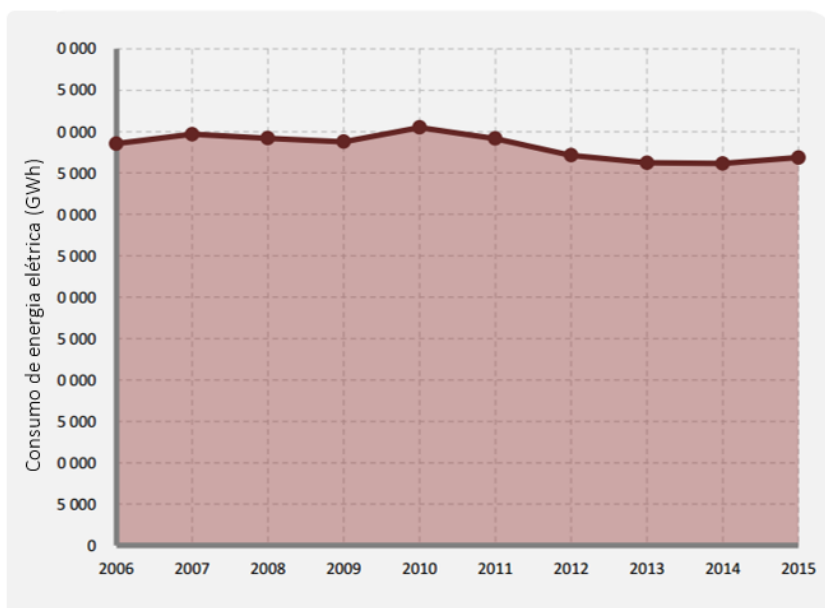


Figura 2.3. Evolução do consumo de eletricidade (GWh) [2]

O **consumo** de energia elétrica viu o seu valor **reduzir** de modo moroso nos últimos anos, sendo necessário adotar políticas e medidas de eficiência energética, de modo a combater a crise energética instalada.

Analisando o consumo por setor de atividade, Figura 2.4., verifica-se que o setor da **Indústria (37%)** é o principal consumidor. [2]

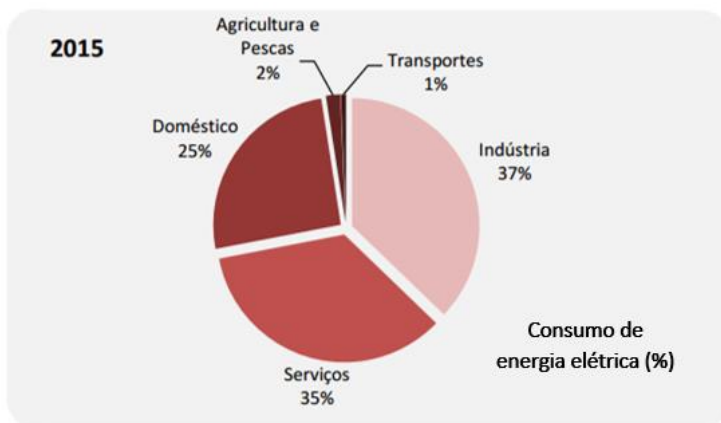


Figura 2.4. Consumo de energia elétrica por setor de atividade [2]

A indústria tem, incontestavelmente, de conduzir à exploração de **alternativas e oportunidades de melhoria**, visando atingir resultados energeticamente e ambientalmente superiores e com melhor relação custo-eficácia.

Diretamente relacionado com a maior procura e menor oferta consequente da diminuição das reservas de combustíveis fósseis, encontra-se o **custo médio da eletricidade** praticado. A sua evolução encontra-se acessível na figura 2.5. [2]

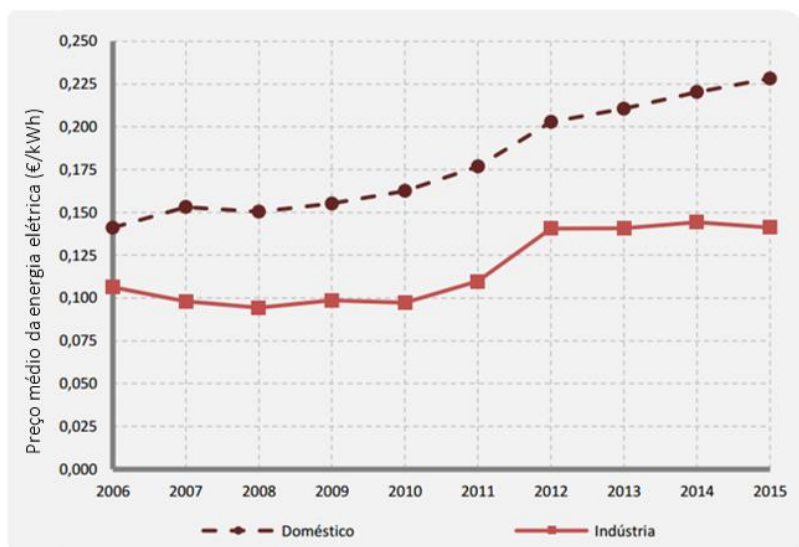


Figura 2.5. Evolução dos preços médios da eletricidade com taxas ao consumidor final em Portugal, por setor (€/kWh) [2]

Olhando para o desenvolvimento dos **preços médios da eletricidade** ao consumidor final em Portugal desde o ano 2006, verifica-se que, no setor industrial, **tem-se mantido relativamente constante** desde 2012.

### 2.1.2. Indicadores energéticos

Os principais objetivos da utilização de **indicadores** são a melhoria do desempenho de uma organização e a monitorização verificável, clara e relevante para todas as partes interessadas. [4]

#### Intensidade energética

Este indicador representa a relação entre o **consumo interno bruto de energia** e do **Produto Interno Bruto** (PIB) para um determinado ano civil. Mede o consumo de energia de uma economia e a sua eficiência energética global.

Pode também ser avaliada a intensidade energética de uma empresa, isto é, a relação entre o consumo final de energia e a produção (a título de exemplo, tep/tonelada de produto). Pelo que, quanto menor for a intensidade energética, maior será a eficiência energética de uma economia, empresa ou produto. [5]

Contextualizando a situação portuguesa, a figura 2.6. apresenta a diferença da intensidade energética entre 1996 e 2015, separada por setor de atividade. [2]

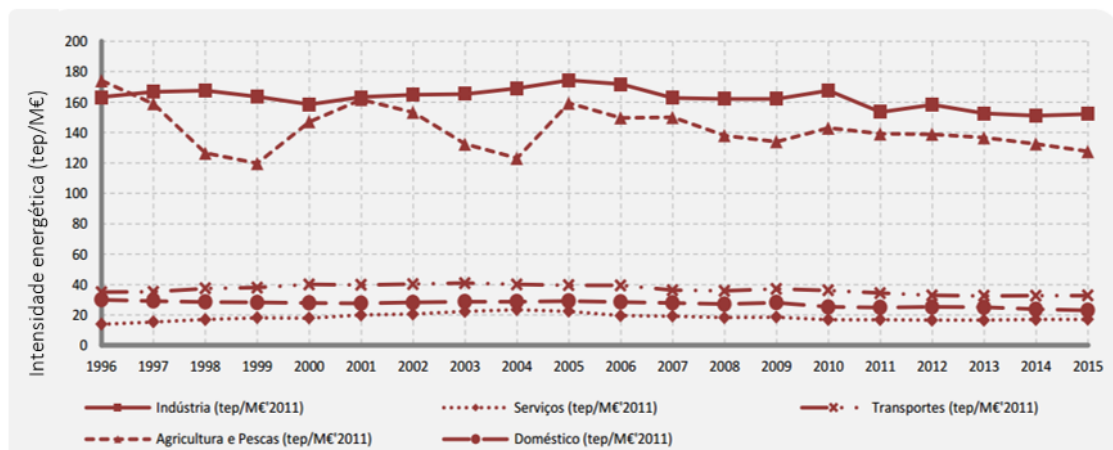


Figura 2.6. Evolução da intensidade energética por setor [2]

Verifica-se que o setor com **maiores níveis de intensidade energética** é o **industrial**, representando custos acrescidos associados a um crescimento económico baixo, tornando-se objetivo que o consumo energético seja o mais baixo possível em relação ao crescimento do PIB nacional.

## Emissões GEE

Para uma empresa os fatores mais importantes são permanecer lucrativa, competitiva e aumentar a quota de mercado, todavia, a responsabilidade e o interesse pelos seus impactos no meio ambiente e na sociedade têm sofrido um aumento considerável. Deste modo, tornou-se **imperativo organizar os processos e monitorizar as emissões de gases de efeito de estufa**.

Na Figura 2.7. encontra-se a evolução das emissões de GEE em Portugal, desde o ano 1990. [2]

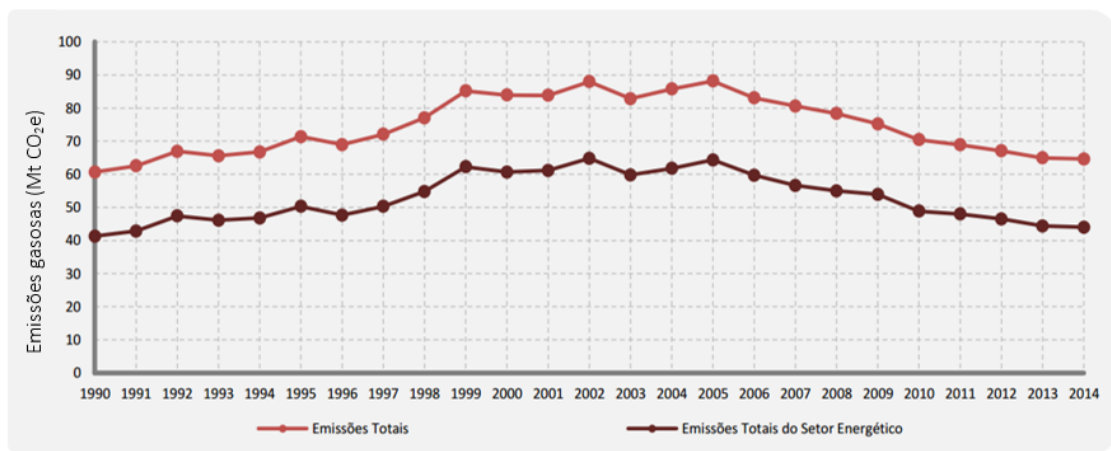


Figura 2.7. Evolução das emissões de GEE em Portugal (Mt CO<sub>2</sub>e) [2]

As emissões de GEE têm registado um **decréscimo** significativo **nos últimos anos**, fruto da adoção de **medidas** neste âmbito e em especial no setor da energia que constitui cerca de 70% das emissões totais de GEE, encontrando-se representado pelo indicador intensidade carbónica (IC) no consumo de energia, que resulta do rácio entre as emissões totais de GEE resultantes do consumo de energia e o consumo de energia primária, Figura 2.8. [2]

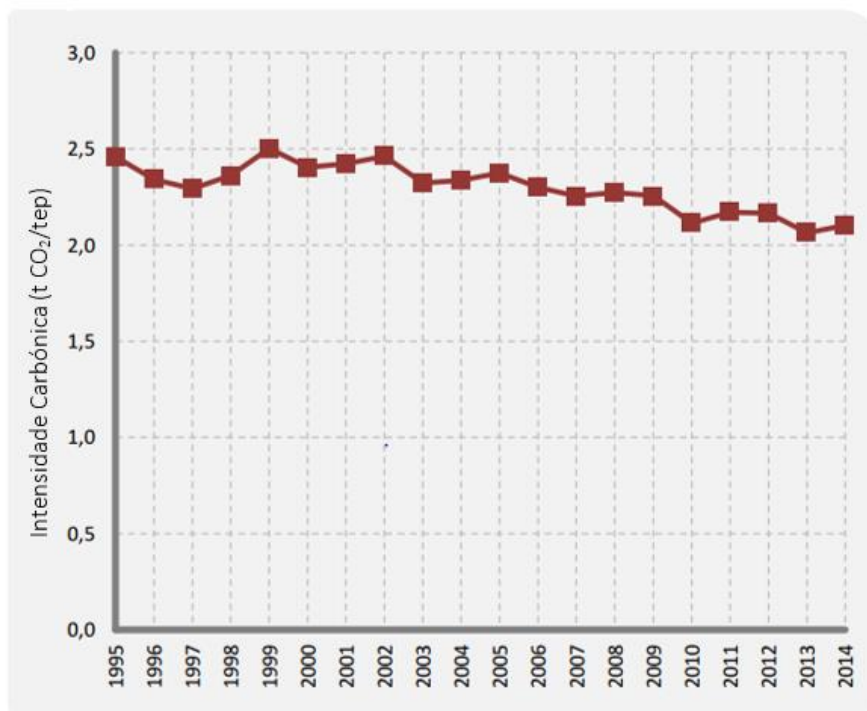


Figura 2.8. Evolução da intensidade carbónica no consumo de energia (t CO<sub>2</sub>/tep) [2]

## 2.2. Eficiência energética

A Eficiência Energética pode ser introduzida em todas as fases de produção, distribuição e utilização de energia, isto é, quando é transformada existem grandes desperdícios de energia muitas vezes por mau aproveitamento ou baixa otimização dos sistemas. É definida como a razão entre a energia útil entregue e a energia fornecida a um sistema energético. Isto é, quanto menor for esta razão, maior o grau de eficiência de um dado equipamento consumidor. [10, 11]

O aumento no interesse em **eficiência energética** prende-se com a histórica elevada dependência energética externa, Figura 2.9. Visto a atividade económica encontrar-se subordinada à importação de combustíveis fósseis e respetivas flutuações de preço nos mercados internacionais, a aposta em alternativas como energias renováveis e na eficiência energética surge como resposta atrativa e viável à exigência de redução de energia. Dito, a competitividade de um qualquer setor de atividade energeticamente intensiva é afetada pela fração elevada da energia nos custos de produção. [2, 6]

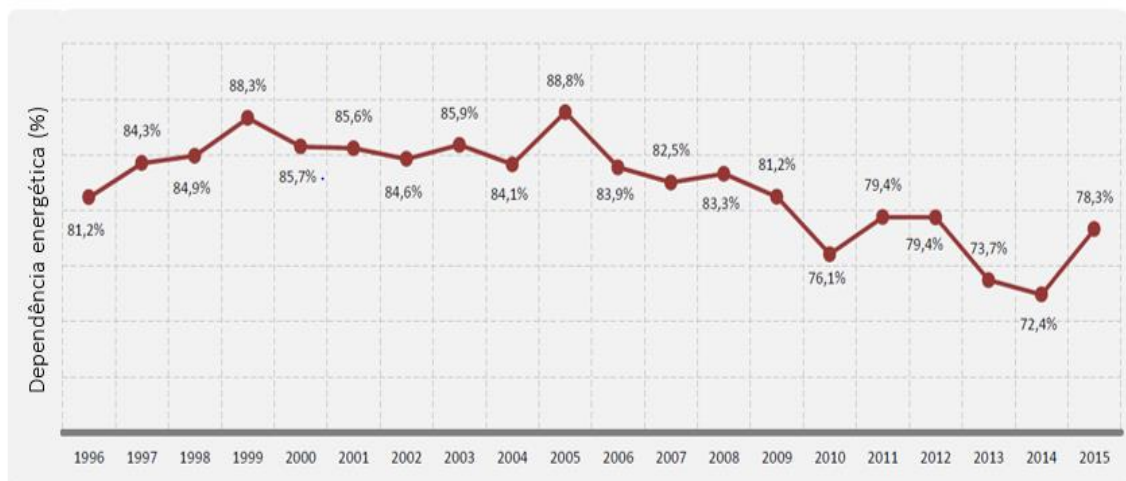


Figura 2.9. Evolução da dependência energética de Portugal (%) [2]

Tal como verificado na figura 2.9., Portugal é um país com fraca disponibilidade em recursos energéticos primários. A utilização eficiente da energia afigura-se assim como motor de desenvolvimento económico, com elevado potencial de poupança energética e financeira.

Em suma, a utilização mais eficiente dos recursos energéticos contribui para uma economia mais eficiente e competitiva. Assegura ainda um fornecimento energético mais seguro e contribui para uma redução das emissões de GEE.

### 2.2.1. Metas nacionais em matéria de eficiência energética

O impacto ambiental que o consumo de energia tem no ambiente levou à criação de diretivas por parte da União Europeia (UE) que deverão ser seguidas pelos países constituintes da mesma.

A **Diretiva n.º 2006/32/CE**, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril de 2006, relativa à **eficiência na utilização final** de energia e aos Serviços energéticos, transposta pelo Decreto-Lei n.º 319/2009, de 3 de novembro, exigia que os Estados-Membros adotem, e procurassem atingir, até 2016, um objetivo nacional indicativo de economia de energia de **9 %** através da **promoção de serviços energéticos** e da adoção de outras **medidas de melhoria da eficiência energética**. [7]

Adicionalmente, houve o compromisso de, até 2020, **reduzir as emissões de gases com efeitos de estufa em 20 %**, **aumentar** em igual percentagem a proporção de **fontes de energia renováveis** no cabaz energético da UE e alcançar a meta de aumento de **20 %** estabelecida para a eficiência energética. A estreita ligação entre os objetivos clima e energia expressa no pacote energia-clima de 2020 foi reafirmada e reforçada com os novos objetivos clima e energia aprovados pelos Chefes de Estado e de Governo da União

Europeia para **2030**, acrescentando às três referidas metas uma quarta meta relativa a **interligações**. [7]

No entanto, e apesar dos esforços e da evolução registada ao nível das políticas nacionais de eficiência energética, a Comissão Europeia concluiu, na sua comunicação sobre o Plano de Eficiência Energética de 2011, que a dificuldade no cumprimento do objetivo traçado no que respeita à eficiência energética exigia a **alteração do quadro jurídico europeu** nesta matéria (estimativas apontavam para um cumprimento de apenas metade do valor estipulado). [8]

Para ajudar os Estados-Membros a honrar os compromissos de redução das emissões de gases com efeito de estufa assumidos pela União, a Comissão propôs novas e reforçadas medidas para acelerar a melhoria da eficiência energética. A **Diretiva n.º 2012/27/UE**, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, transposta para o ordenamento jurídico nacional pelo **Decreto-Lei n.º 68-A/2015** de 30 de abril, relativa à Eficiência Energética (Nova Diretiva Eficiência Energética), responde a esse requisito, estabelecendo um novo enquadramento que **promove a eficiência energética** na UE e definindo ações que concretizem, por um lado, as **propostas incluídas no Plano de Eficiência Energética de 2011** e, por outro, contribui também para a realização dos objetivos estabelecidos no **Roteiro de Transição para uma Economia Hipocarbónica Competitiva em 2050**, em especial reduzindo as emissões de gases com efeito de estufa do setor da energia e atingindo uma **produção de eletricidade com emissões nulas até 2050**. [8]

Desde cedo fixou-se a obrigação de os Estados-Membros apresentarem à Comissão Europeia planos de ação de Eficiência Energética.

Neste contexto, foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros (RCM) n.º 80/2008, de 20 de maio, entretanto revogada, o **primeiro Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE)** para o período de 2008-2015, que contemplava um conjunto de medidas com o objetivo de alcançar até 2015, uma **melhoria da Eficiência Energética** equivalente a **9,8%** do consumo final de energia. [9]

A RCM n.º 20/2013, de 10 de abril, aprovou um **novo PNAEE** para o período **2013-2016** (Estratégia para a Eficiência Energética - PNAEE 2016). A maioria das medidas constantes no primeiro PNAEE têm continuação neste segundo plano, por vezes com alteração das respetivas metas ou com a inclusão ou extinção de algumas ações previstas nessas mesmas medidas, em função do seu estado de implementação. [10]

Para o horizonte **2020**, o objetivo foi redefinido para um **limite máximo ao consumo de energia primária** em 2020 (com base em projeções do modelo PRIMES para a Comissão Europeia realizadas em 2007) equivalente a uma **redução de 20%** (24,0 Mtep, excluindo

usos não-energéticos), tendo sido posteriormente adotado por Portugal uma meta mais ambiciosa de **redução de 25% (22,5 Mtep, excluindo usos não-energéticos)**. [10]

Olhando para a evolução do consumo de energia primária sem usos não-energéticos e incluindo o consumo na aviação internacional, na Figura 2.10., que serve de referência para aferir o cumprimento da meta de Eficiência Energética em 2020, verifica-se que o valor continua **abaixo do valor de referência** para Portugal (**22,5 Mtep** para garantir o cumprimento da meta de redução de 25%) pelo que nos encontra no bom caminho para cumprir a meta prevista para 2020. [2]

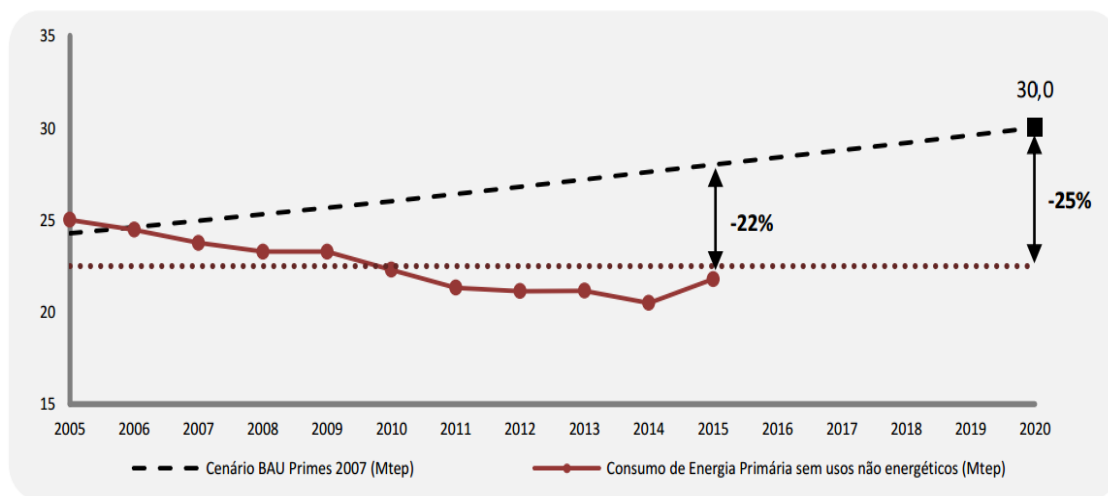


Figura 2.10. Evolução da meta de Portugal, para 2020, em matéria de eficiência energética (Mtep) [2]

### 2.3. Gestão Energética de uma Indústria

A energia usada em Portugal deriva, essencialmente, de fontes primárias fósseis e, como apresentado anteriormente, os seus preços têm vindo a aumentar e assim continuarão nos próximos anos, o que deterá uma grande influência na gestão de qualquer empresa.

A gestão da energia é um meio para atingir objetivos de produtividade e de competitividade nas empresas de todos os sectores de atividade económica. Contudo, esta gestão é muitas vezes ignorada por não representar, sobretudo no caso de indústrias, uma quota significativa dos seus gastos globais.

Antes de se proceder à realização de qualquer atividade, é necessário conhecer e **diagnosticar a realidade energética** de modo a estabelecer-se **prioridades**, implantar os projetos de melhoria e redução de perdas e acompanhar os resultados obtidos num processo contínuo. Esta abordagem é válida para instalações novas, em carácter preventivo, e também para instalações já existentes, em carácter corretivo. [3]

A gestão energética de uma instalação existente aborda as seguintes medidas [3]:

- ✓ Conhecimento das informações relacionadas com os fluxos de energia, as ações que influenciam esses fluxos, os processos e atividades que utilizam a energia;
- ✓ Determinar o peso da energia no preço final dos produtos fabricados;
- ✓ Acompanhamento dos índices de controle como consumos de energia, custos específicos, fatores de utilização e valores médios, contratados, faturados e registrados de energia;
- ✓ Atuação nos índices com vista a reduzir o consumo energético através da implementação de ações que procuram a utilização racional de energia.

A figura 2.11. apresenta uma **metodologia** para execução de um processo de gestão da energia, vocacionado especialmente para instalações já existentes. [3]

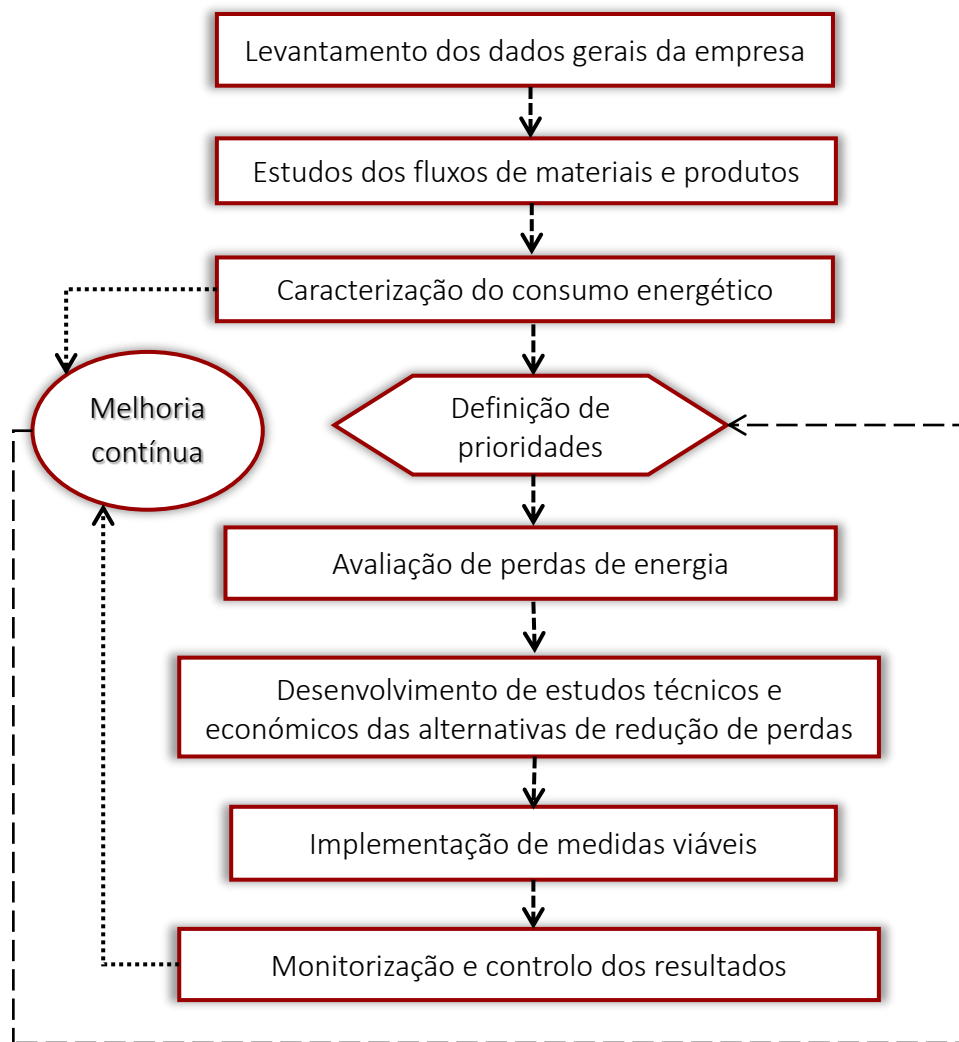


Figura 2.11. Processo de gestão de energia (adaptado de [3])

Tal como qualquer outro recurso ou bem, a energia deve ser monitorizada e gerida de forma contínua para que assim, a sua má gestão e desperdício não cause a diminuição da competitividade da empresa.

## 2.4. Enquadramento Legislativo

A energia deve ser gerida de forma eficaz e contínua, como qualquer outro fator de produção. É neste âmbito que foi criado o Decreto-lei n.º 71/2008 de 15 de abril que regula o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE). Este sistema tem como objetivo promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia (CIE). [11]

O SGCIE divide as instalações CIE em dois escalões [11]:

- ✓ Instalações com consumo anual igual ou superior a 500 tep e inferior a 1000 tep – Estas instalações estão obrigadas à realização de auditorias energéticas de 8 em 8 anos e têm como meta de redução de 4% de Intensidade Energética (IE) e Consumo Específico de Energia (CEE) e a manutenção da Intensidade Carbónica (IC);
- ✓ Instalações CIE com consumo anual igual ou superior a 1000 tep – Estas instalações estão obrigadas à realização de auditorias de 6 em 6 anos e têm como meta a redução de 6% de Intensidade Energética e Consumo Específico de Energia e a manutenção da Intensidade Carbónica.

São consideradas instalações consumidoras de energia, aquelas que no ano anterior tenham tido um consumo energético superior a 500 toneladas equivalentes de petróleo (tep).

As instalações consumidoras intensivas de energia ficam sujeitas às seguintes obrigações [11]:

- ✓ Promover o registo das instalações;
- ✓ Efetuar auditorias energéticas que avaliem todos os aspetos relativos à promoção do aumento global da eficiência energética, podendo incluir a substituição de algumas formas de energia por outras de origem renovável e também adotar outras medidas de redução da fatura energética;
- ✓ Elaborar Planos de Racionalização do Consumo de Energia (PREn), com base nas auditorias previstas no item anterior, visando o aumento global da eficiência energética pelo cumprimento de metas, apresentando-os à Agência para a Energia (ADENE);
- ✓ Executar e cumprir os PREn aprovados, sob a responsabilidade de um técnico credenciado.

## 2.5. Empresa acolhedora: RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.

O presente trabalho foi desenvolvido na RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas S.A. (Figura 2.12.), empresa privada do setor alimentar. Trata-se de um trabalho realizado diretamente na indústria o que possibilita um contato direto com a realidade do processo de fabrico e uma aplicação prática dos conhecimentos adquiridos durante o percurso académico.

A concentração de nove pequenas empresas produtoras de açúcar, na zona Norte de Portugal, em 1962, deu origem à RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas. Uma vez que estas não possuíam capacidade nem equipamentos capazes de dar resposta à procura do produto, procurou-se investir numa refinaria nova e moderna.

Em 1967, com a entrada da RAR em laboração, a capacidade de produção anual era de 25.000 toneladas, sendo que as vendas atingiram aproximadamente as 22.000 toneladas de açúcar (88% da capacidade). As vendas nesse ano corresponderam a 11,78% da procura do produto no País.

Com o crescimento acelerado da empresa, a RAR Açúcar adquiriu a Refinaria Angola, de modo a responder ao crescente aumento das vendas, que passou a representar aproximadamente 45% do mercado nacional. A união das refinarias possibilitou o aumento de funcionários e a especialização em tecnologias associadas ao processo de fabrico, garantindo desta forma um processo industrial com capacidade de obter um produto com qualidade e higiene.

Atualmente, como empresa de referência que é, detendo uma capacidade de produção superior a 130.000 toneladas por ano, com base numa laboração de cinco dias por semana, aposta numa política de qualidade nos seus produtos, sendo prova disso a certificação da qualidade pela norma NP EN ISO 9001:2000 em 1998 e em 2006 a certificação Ambiental pela norma ISO 14001:2004. Obteve-se, em 2009 e 2010, a certificação NP EN ISO 22000:2005 e a certificação IFS (*International Food Standard*), respetivamente, ambas Normas de Segurança Alimentar.



Figura 2.12. Instalações da fábrica da RAR Açúcar, no Porto



## Capítulo 3

# *Levantamento Energético*

---

Um levantamento ou diagnóstico energético assume uma importância considerável já que consiste numa análise primária ao processo da empresa, que de certa forma pode ser visto como um exame ao desempenho energético das instalações. [12]

Este capítulo possui duas fases distintas: levantamento do historial energético e financeiro da empresa, caracterização da instalação com ênfase na apresentação de indicadores energéticos e exposição da candidatura com interesse para a RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas S.A.: Prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente.

### 3.1. Gestão de Consumos Energéticos

A primeira fase do estudo consistiu na **recolha de elementos** que permitem **caracterizar** a empresa em termos energéticos. A contabilidade energética apresentada é referente a **2015**, ano de referência.

**Todos os valores** apresentados nesta dissertação sofreram alterações devido à **confidencialidade**.

Na fase seguinte, dada a importância que o fator Energia tem para a refinaria em questão, procedeu-se ao levantamento de dados que permitem observar o historial energético da empresa com o propósito de se conhecer a sua evolução em termos de maior rentabilidade da energia.

#### 3.1.1. Análise da fatura energética

Este diagnóstico permitiu identificar as **principais utilidades** consumidas pela empresa, sendo que na Figura 3.1. observam-se as entradas e saídas das diferentes utilidades associadas ao fabrico e acondicionamento de açúcar. Em anexo A1. encontram-se discriminados mensalmente os consumidos individualizados de cada forma de energia.

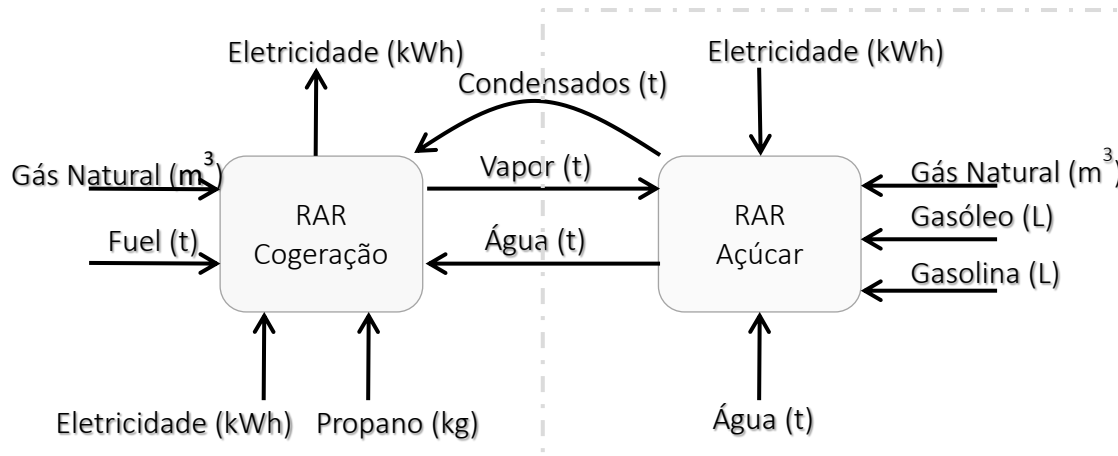


Figura 3.1. Utilidades consumidas

A empresa consome energia sob a forma de vapor, energia elétrica, gás natural, gasóleo e gasolina.

Atualmente, a RAR Açúcar encontra-se intimamente ligada à RAR Cogeração, uma vez que esta é responsável por fornecer vapor à refinaria. A totalidade do fornecimento no ano **2015** correspondeu a **164 160 toneladas** de vapor.

A empresa efetua aquisições pontuais de **gasóleo** à medida que que é necessária a sua reposição, dado que este é utilizado como combustível para as pás mecânicas, empilhadores e automóveis pertencentes à frota da RAR. O consumo total fixou-se em **54 674 litros** de gasóleo em **2015**.

A **gasolina** é apenas utilizada como combustível de veículos, pelo que o seu consumo apesar de contabilizado, **5 016 litros**, considera-se irrelevante.

O **gás natural** (GN) contabilizado diz respeito apenas ao adquirido pela RAR Açúcar para duas finalidades: **cantina** (preparação de refeições) e **balneários**. De referir que o sistema de aquecimento de águas quentes sanitárias (AQS) para os balneários consiste num sistema alimentado por calor procedente de três origens diferentes: um conjunto de 36 **painéis solares**, calor permutado pelos motores de cogeração e caldeira de apoio, consumidor final de gás natural. No ano em questão, o consumo correspondeu a **19 744 m<sup>3</sup>N** de GN.

A energia elétrica consumida no ano de referência era fornecida pela Galp Power, sendo esta recebida por um posto de transformação 15000/400-230V da propriedade da RAR Cogeração. A **energia elétrica** é usada em todo o processo de produção e iluminação, o que equivaleu a um consumo de **9 630 951 kWh** no ano 2015. É de salientar que a RAR opera em regime de três turnos com descanso semanal ao fim de semana na atividade fabril e na fração administrativa das 8h30 às 17h30 ou 9h às 18h, o que denota que em

termos de diagrama de carga (DDC) o consumo será constante e não dependente do tipo de horário, mas sim do nível de produção que se verifica no momento, daí a análise efetuada ser relativa ao consumo total.

O **consumo energético global** correspondeu a **14 320 toneladas equivalentes de petróleo (tep)**, sendo o **vapor** o vetor energético maioritário (**85%**), seguido da **energia elétrica (15%)**. As outras formas de energia quando comparadas com a totalidade da fatura energética apresentam valores de consumo residuais devido às suas reduzidas aplicações. Na figura 3.2. encontra-se discriminado o consumo das várias formas de energia consumidas mensalmente.

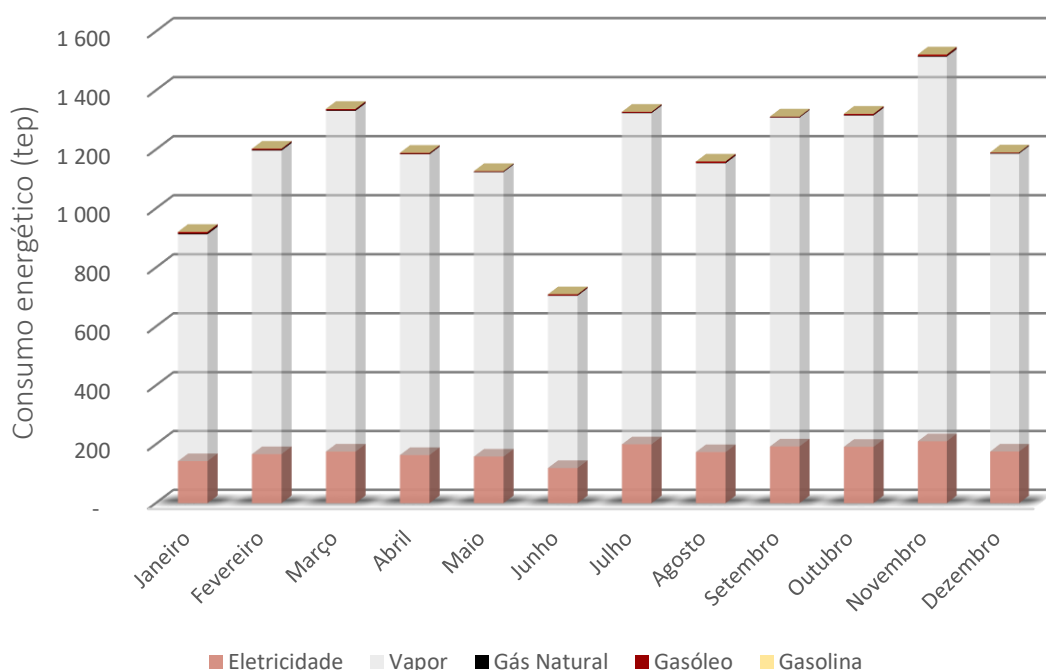


Figura 3.2. Distribuição mensal dos consumos de energia em tep

Fazendo uma **análise mensal** verifica-se a existência de uma tendência para a homogeneidade nos consumos energéticos, excetuando o mês de junho devido às paragens que ocorreram para manutenção da refinaria.

Com base nos consumos totais energéticos para o ano analisado, é possível determinar a quantidade de emissões de GEE produzidas. Na figura 3.3. verifica-se que as diferentes formas de energia, mesmo a possuírem fatores de emissão de GEE com pesos diferentes, mantêm a sua proporção sobretudo devido ao facto de se estar a falar de consumos muito elevados.

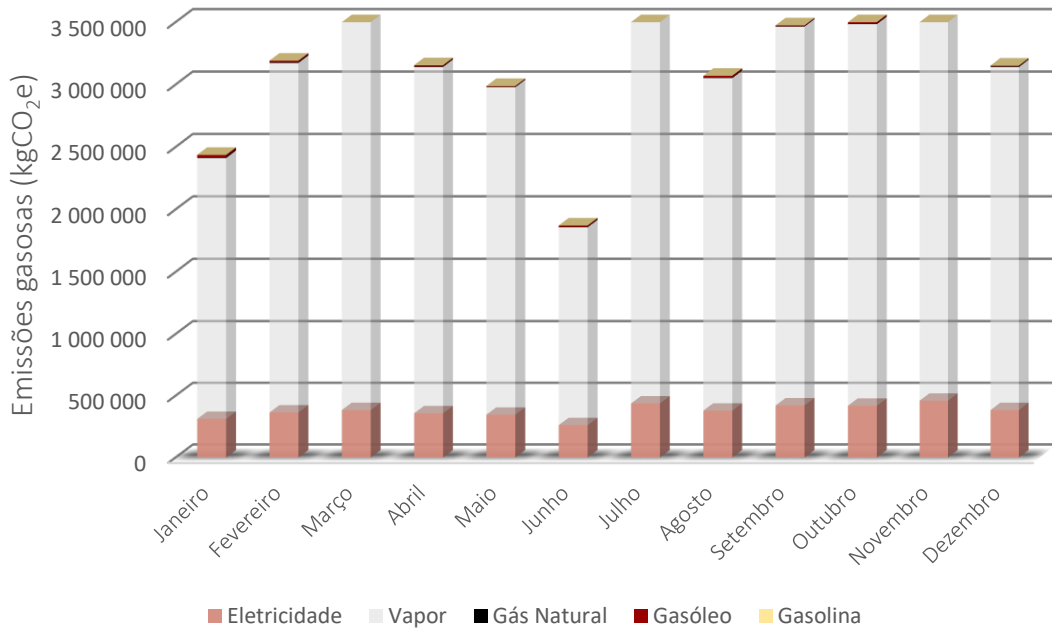


Figura 3.3. Distribuição mensal das emissões de GEE por forma de energia

No ano em observação foram libertados para o meio ambiente **37 958 852 kgCO<sub>2</sub>e**, sendo o **vapor** responsável por **88%** da emissão e a **eletricidade** responsável pelos restantes **12%** da emissão global. As emissões das restantes formas de energia mantêm-se exíguas quando comparadas ao bolo completo.

Em anexo, A1., encontram-se os fatores de conversão (de acordo com o previsto no Despacho nº 17313/2008 do Ministério da Economia e da Inovação) que permitiram determinar os equivalentes em tep e as emissões gasosas das várias formas de energia.

Enquadrando a instalação no Decreto-lei n.º 71/2008 de 15 de abril que regula o SGCI, esta é caracterizada como um **consumidor intensivo de energia** (CIE), uma vez que o **consumo anual de energia** é de **14 320 tep/ano**, ultrapassando o limite legal de 1000 tep/ano que obriga à realização de auditorias energéticas.

Por sua vez, é interessante observar que, apesar do vapor ser o maior consumidor, a energia elétrica consumida anualmente, **2 071 tep**, já conduziria a que a RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas S.A. fosse considerada uma indústria CIE.

Com base no levantamento energético, determinaram-se os **indicadores energéticos** para o referido ano: **CEE**, **IE** e **IC**, como descrito no apêndice A2. Os valores obtidos para estes indicadores são **143 kgep/t**, **4,05 kgep/€** e **2,65 kgCO<sub>2</sub>/kgep**, respetivamente, cuja determinação pode ser encontra em Anexo A2.

### 3.1.2. Análise de dados históricos

Uma vez que o maior ênfase deste estudo será dado à **energia elétrica**, a análise do seu consumo não se restringiu a um ano civil, mas sim à totalidade de anos desde a realização da primeira auditoria. Este diagnóstico energético é oportuno, na medida que a empresa se preocupa com a redução energética desde 1988, realizando auditorias energéticas periodicamente.

Os valores apresentados neste subtópico serão em kWh para maior facilidade de compreensão dos consumos relativos à energia elétrica. A conversão para tep é facilmente obtida (1 kWh corresponde a  $215 \times 10^{-6}$  tep).

Dadas as distintas necessidades dos clientes, o produto é comercializado sob diversas formas, das quais se salientam dois grupos: açúcar branco e açúcar amarelo. Contudo, para avaliação do volume de produção anual de açúcar, será considerado o **açúcar branco equivalente**, uma razão encontrada entre estes dois tipos de açúcar.

De modo a conhecer-se a energia consumida para assegurar a produção de açúcar equivalente, a empresa facultou documentação mensal que permitia distinguir a origem da energia consumida tendo sido necessário proceder à sua discriminação, entre proveniência e destino final, como é visível na Figura 3.4.

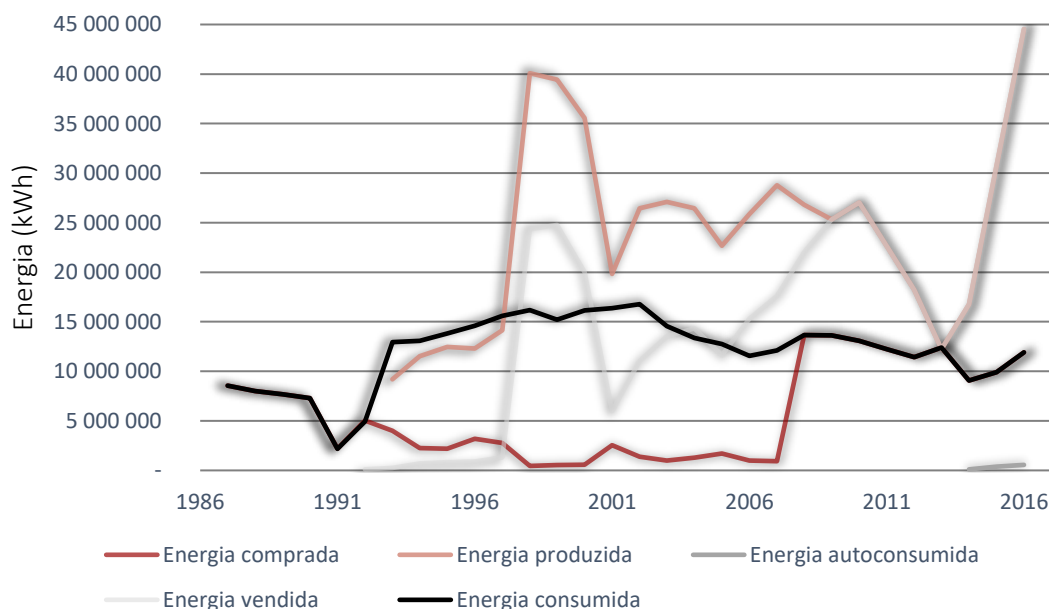


Figura 3.4. Entradas e Saídas de EE na instalação, no período 1987-2016

É de referir que até 1991 a instalação adquiria energia a uma empresa externa, sendo **1991** o ano em que se iniciou a **produção de energia elétrica para consumo próprio**. 1992 marca o ano em que a empresa iniciou a venda da energia excedente à rede elétrica. A

energia sempre se mostrou um fator de elevada importância para a empresa, uma vez que a partir de 1993, iniciou-se a documentação separada da energia produzida por cada equipamento produtor de EE, entenda-se turbinas a vapor. A incrementação de energia produzida, em **1998**, devido à **aquisição de motores a gás** traduziu-se num **aumento de 95% de energia vendida** face ao ano anterior. Até 2008, a energia produzida apresentou algumas oscilações que se deveram sobretudo às substituições de equipamentos produtores de energia; foi também o ano da criação da **RAR Cogeração**, cujo objetivo se deveu fundamentalmente ao fornecimento de vapor à refinaria. Desde então, a energia produzida pela cogeração tem como **destino final a venda à rede elétrica** e a RAR Açúcar voltou a adquirir toda a energia necessária ao funcionamento dos equipamentos a empresas produtoras de energia elétrica.

O conhecimento concreto do histórico da empresa permitiu quantificar exatamente qual a energia utilizada pela empresa no processo produtivo e retirar conclusões. A Figura 3.5. **relaciona o consumo específico de energia com a produção de açúcar**, o que permite averiguar se houve interesse em reduzir a energia requerida para produzir a mesma quantidade de produto, indo de encontro à utilização racional de energia pretendida.

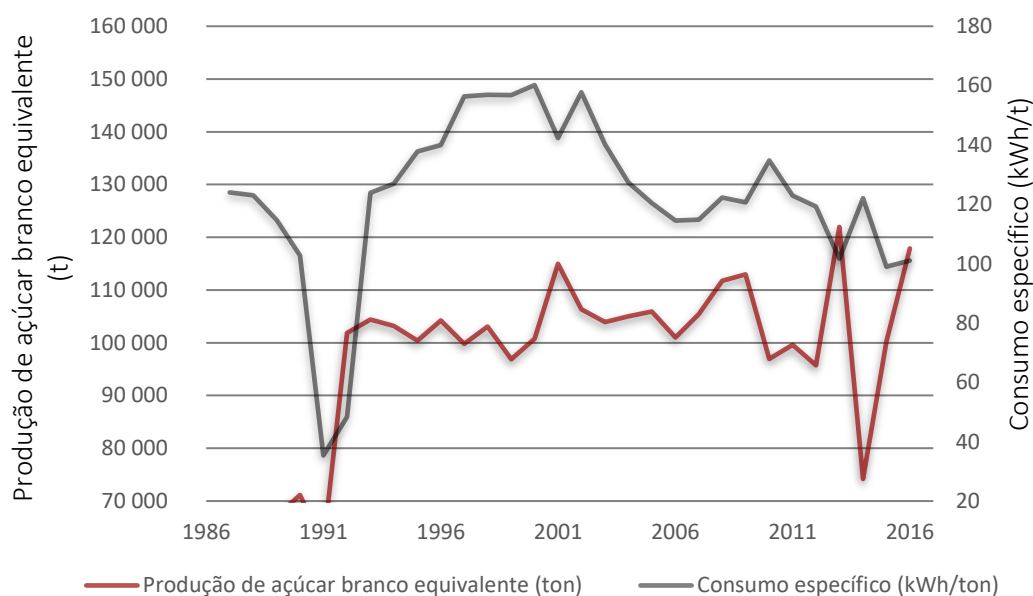


Figura 3.5. Relação entre o CEE e a produção de açúcar, entre 1987 e 2016

A empresa não se limitou a implementar medidas de melhor URE propostas nas várias auditorias realizadas e desde 2002 apresenta anualmente planos de investimento que visam a eficiência energética. Dito, dado o acesso ao consumo real de EE em cada ano e as reduções previstas em cada auditoria, é possível apurar o efeito das medidas executadas procedentes dos planos de investimento, como se pode observar na Figura 3.6.

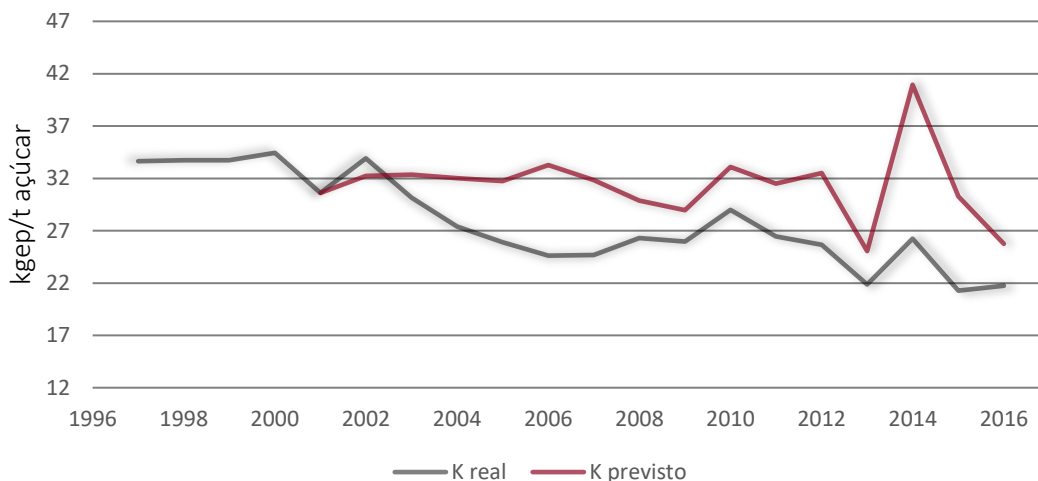


Figura 3.6. Evolução temporal da redução dos indicadores energéticos previsto e real

Pela análise efetuada, verifica-se que o acréscimo na otimização energética do processo permitiu reduzir substancialmente a energia necessária para produzir uma mesma quantidade de açúcar – cerca de **28 %**, ou seja, **os anos em análise do programa de eficiência energética** conseguiram economizar o equivalente a 4 anos de consumo de eletricidade.

Dado o volume de medidas para aproveitar a energia de modo mais eficiente, o acesso aos vários planos de investimento permitiu condensar a informação no gráfico presente na Figura 3.7.

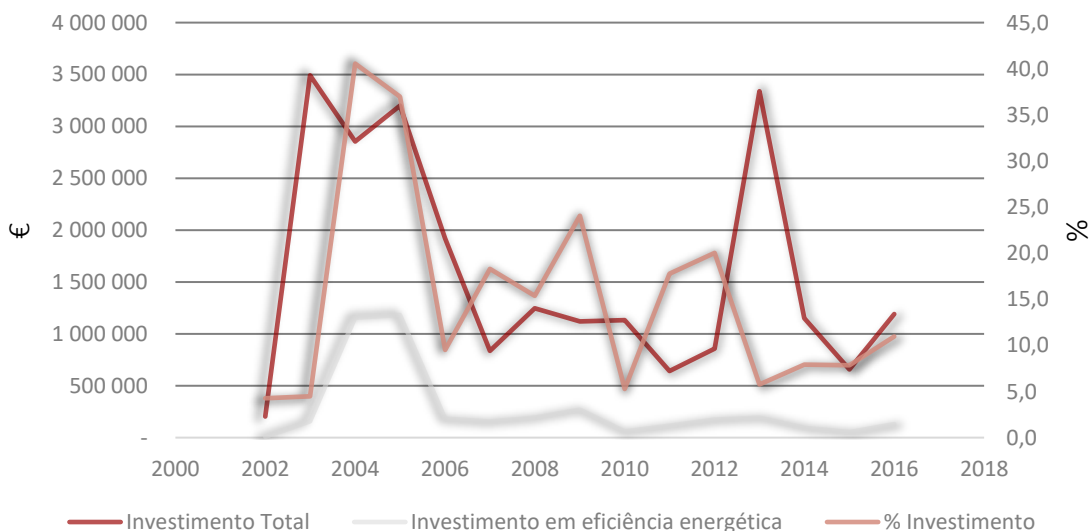


Figura 3.7. Influência da eficiência energética nos investimentos anuais

Da análise do gráfico verificou-se que o investimento em medidas de eficiência energética é uma **realidade permanente** ao longo do tempo e que em determinados anos assume uma percentagem relevante do total de investimento efetuado.

A análise da utilização de energia elétrica num período tão alargado também possibilitou responder a um outro objetivo deste trabalho: o prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente, sendo o seu conhecimento essencial para formalizar a candidatura.

### 3.2. Prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente

O Prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente 2017 visa distinguir as empresas portuguesas pelas boas práticas de eficiência e sustentabilidade no consumo de eletricidade. Para tal, a EDP reconhece e premeia as empresas que de um modo continuado trabalharam para **otimizar a eficiência energética** das suas instalações, apostando na **integração de equipamentos** que permitem uma utilização mais racional de energia e na organização de práticas educativas e formativas, no âmbito da energia elétrica, aplicáveis aos seus colaboradores, familiares e meio social em que se inserem, entre os anos 2014 e 2016.

O mérito é reconhecido por personalidades e entidades relevantes no setor elétrico e distingue quatro categorias de acordo com o consumo energético anual:

- ✓ Indústria
  - Categoria A1: Consumo anual > 1,5 GWh
  - Categoria A2: Consumo anual <= 1,5 GWh
  
- ✓ Serviços e outras atividades
  - Categoria B1: Consumo anual > 1,25 GWh
  - Categoria B2: Consumo anual <= 1,25 GWh

O regulamento da candidatura ao Prémio EDP 2017 encontra-se em anexo, apêndice F.1.

A RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas S.A pretende também aumentar a sua **competitividade** e esta candidatura permite conquistar maior visibilidade e notoriedade, criando valor para o tecido empresarial.

A candidatura consistiu no preenchimento de um formulário onde se pretendia enquadrar o projeto reportado, sendo que, no caso da instalação, se relacionava com a **utilização racional da energia** elétrica, **diminuição do consumo** energético, **redução do custo unitário de produção/atividade**, melhoria de gestão da procura energética, **melhoria do ambiente** e **qualidade do produto**. Informações adicionais, como as formas de energia

utilizadas, o seu consumo e custo anual, bem como valor e volume de produção eram requeridas para a caracterização da situação atual da instalação.

Apesar de se tratar de uma ficha *standard*, foi permitido anexar um documento complementar onde se descrevia o cenário de referência da empresa, os benefícios resultantes de iniciativas que tenham otimizado a eficiência da energia elétrica e a melhoria do ambiente e, por último, os resultados alcançados. Este documento pode ser consultado no apêndice F.2.

Tratando-se de uma empresa que aposta na gestão eficiente de energia desde 1988, optou-se por não apresentar apenas os resultados obtidos no período requerido, mas sim uma descrição detalhada do histórico da empresa em matéria de redução energética e no ênfase das medidas mais relevantes para a refinaria.

A RAR Açúcar encontra-se na **categoria A1**, com um **consumo anual de 8,4 GWh**. Entre o período 2002 e 2016, o **investimento** realizado totalizou **4 112 460 €**, o que se traduziu numa **economia de energia de 36 018 000 kWh, 7 700 tep, 17 000 tCO<sub>2</sub> e 4 999 000 €**. A relação **benefício/custo** das medidas adotadas manifestou-se num valor de **1,22**, o que de acordo com o regulamento, é concebível.

É de destacar que a formalização da candidatura comportou ainda um **vídeo** que enaltecia o interesse da empresa nesta matéria. Realça-se, igualmente, que a candidatura da empresa foi selecionada para apresentação ao Júri pela Comissão de Análise de Pré-seleção, tornando-se indispensável a entrega de uma segunda candidatura sintetizada, que se encontra acessível no apêndice F.3.

A submissão de uma candidatura mais sucinta limitava o conteúdo informativo a duas páginas, mas permitia o anexo ilimitado de informações complementares, que neste caso consistiu na apresentação de imagens representativas das diversas ações implementadas e uma tabela em que discrimina a totalidade de motores existentes em funcionamento por potências.



## Capítulo 4

# *Medidas de promoção da eficiência energética*

---

Em matéria de política energética e ambiental torna-se fundamental não só aplicar os conceitos de **consumo eficiente de energia a novas instalações** como será tanto ou mais relevante a sua aplicação a **unidades já existentes**. A análise do consumo de energia revela-se importante para **estabelecer tendências e direções futuras** em qualquer indústria. Permite **compreender os padrões de utilização** de energia, **identificar ineficiências** no uso de energia, **estimar o potencial para conservação e poupança** de energia e, não menos importante, conceber políticas que melhorem a economia da energia.

A gestão energética eficaz de uma instalação industrial implica **identificar medidas com viabilidade técnico-económica** possíveis de implementar, de modo a aumentar a eficiência energética e/ou a reduzir a fatura energética associadas às atividades da instalação em questão. Para as identificar, é **necessário monitorizar e registar** com precisão **os consumos energéticos**. [13]

As **análises física e financeira** possibilitam a determinação do potencial de melhoria de eficiência energética técnico, económico e financeiramente rentável. Estudos demonstram que apenas as **medidas de URE com período de recuperação de investimento (PRI) inferiores a três anos** são economicamente atrativas, já que permitem obter resultados a curto prazo quando comparadas às medidas de PRI superiores. [14]

A valorização das economias de energia alcançadas, possíveis de realizar pela via de gestão energética, conduz a benefícios que se podem repercutir, de forma global, a nível nacional e, de forma direta e imediata, a nível do consumidor com as seguintes vantagens entre outras [15]:

- ✓ Aumento da eficácia do sistema energético;
- ✓ Redução da fatura energética;
- ✓ Acréscimo de produtividade da empresa (e nos benefícios de exploração);
- ✓ Aumento da competitividade no mercado interno e externo ou aumento de disponibilidades financeiras para outros fins;

Existem imensas medidas propostas pelo SGCIE para a redução do consumo energético, umas são medidas transversais a qualquer tipo de indústria, outras são medidas de processo específicas a determinado sector da indústria. [11]

Relembrando que a empresa destina todos os anos uma parcela dos seus investimentos exclusivamente para ações que visam a redução energética, foram selecionadas medidas cuja aplicação era concretizável e que serão apresentadas detalhadamente e apreciadas neste capítulo.

## 4.1. Motores de elevado rendimento

Os motores antigos (classe *standard*) possuem rendimentos inferiores aos motores elétricos de alto rendimento.

As substituições, nestes casos, representam uma das ações em Eficiência Energética mais representativas para aplicação na indústria, com uma destacada economia de energia elétrica.

### 4.1.1. Motores elétricos na indústria

O **motor de indução** converteu-se no tipo de motor mais usado na indústria. Este facto deve-se à maioria de os sistemas atuais de distribuição de energia elétrica serem de **corrente alternada**. De construção bastante robusta, exigindo reduzida manutenção e custo de aquisição económico, possui poucas desvantagens: não varia a velocidade e operação degradada em baixa carga (baixo rendimento e fator de potência). [16]

Ao longo dos tempos, o motor elétrico tornou-se muito díspar entre fabricantes conduzindo a um mercado confuso para o consumidor. Para permitir a troca deste equipamento sem ser necessário recorrer ao mesmo fabricante, criaram-se normas e regulamentos internacionais.

A norma mais atual, IEC (*International Electrotechnical Commission*), e com aplicação a nível mundial, foi atualizada em maio de 2017, sendo que anteriormente a essa norma predominava, entre outras, as europeias com denominação CEMEP (*European Committee of Manufactures of Electrical Machines and Power Electronics*) e as americanas com denominação NEMA (*National Electrical Manufactures Association*). Todas estas normas foram criadas com o mesmo intuito, padronizar os motores, mas como foram reguladas por instituições diferentes, resultou em diferenças de valores e nomenclaturas. [17]

A classificação dos motores pode ser visualizada na Tabela 4.1. [18]

Tabela 4.1. Classificação dos motores segundo o seu rendimento (adaptado de [17])

Nomenclatura	CEMEP	IEC 60034-30/31
Eficiência <i>Super Premium</i>	-	IE4
Eficiência <i>Premium</i>	-	IE3
Alta Eficiência	EFF1	IE2
Eficiência Padrão	EFF2	IE1
Eficiência baixa	EFF3	-

Mediante o rendimento dos motores atribui-se a estes uma classificação. Primeiramente adotou-se a classificação de EFF3 para motores com menor rendimento, EFF2 para motores de rendimento médio e EFF1 para os motores com o melhor rendimento. Com a norma começou-se a adotar paralelamente a esta numeração de classificação as siglas IE seguidas por um número em que esse número para o pior rendimento tinha o valor de 1 ou seja IE1. As normas EFF terminaram no dia 16 de junho de 2011. Uma das razões de se abandonar essas siglas prendia-se com o facto de não poder haver continuação se houvesse evolução no rendimento visto a melhor eficiência ser a número 1. As normas que prevalecem atualmente são as da norma IEC 60034-30 ou seja as IEX em que X tem um valor de 1 a 4. Esta norma permite a evolução do rendimento tomando o valor X um valor superior. À norma IE1 dá-se o nome de Eficiência Padrão, à norma IE2 de Alta Eficiência, à IE3 de Eficiência Premium e à IE4 de Eficiência Super Premium. Foram implementados prazos para terminar com as eficiências mais antigas: Desde 16 de Junho de 2011 que os motores não devem possuir rendimentos inferiores a IE2; de 1 de Janeiro de 2015 os motores com potência nominal entre 7,5 e 375 kW não devem possuir níveis de rendimento inferiores a IE3 ou atender ao nível IE2 e ser equipados com inversor de frequência; de 1 de Janeiro de 2017 todos os motores com potência nominal entre 0,75 e 375 kW não devem possuir níveis de rendimento inferiores a IE3 ou atender a nível IE2 e ser equipados com um inversor de frequência. [17]

Na Figura 4.1. são visíveis os valores padrão para motores das classes de eficiência IE1, IE2, IE3 e IE4 em função das diversas potências mecânicas dos motores. A tendência gradual no incremento das potências é o aumento da eficiência em todas as classes e da diminuição da diferença entre elas, o que faz com que para motores de baixas potências seja mais sustentável a sua substituição. [17]

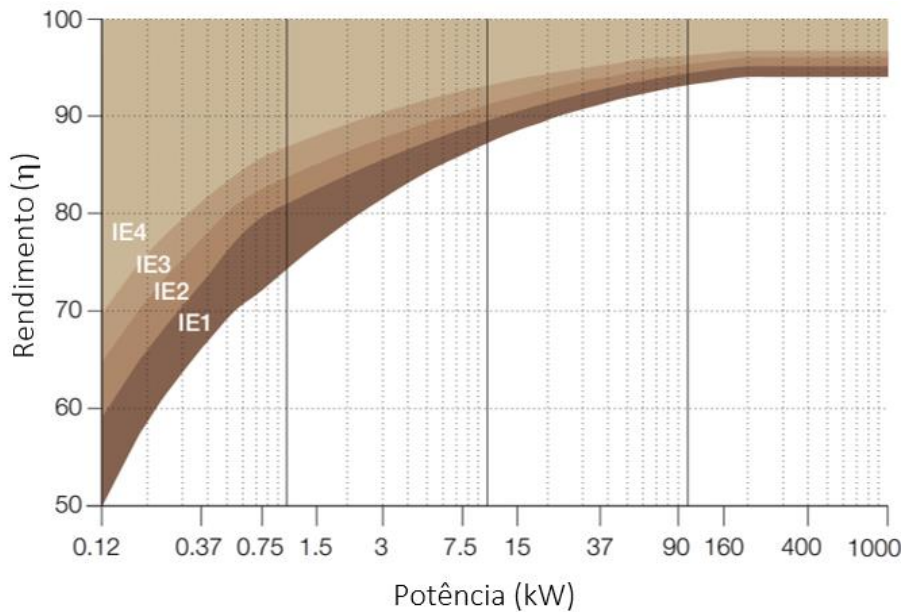


Figura 4.1. Rendimentos standard em função de diferentes potências de motores de 4 polos, para as várias classes existentes (adaptado de [17])

Um motor de alto rendimento possui rendimento superior ao motor padrão e, conseqüentemente, perdas mais reduzidas. O desejado aumento da eficiência energética é concretizado a partir de alterações que os componentes mecânicos constituintes do motor elétrico sofrem.

Como resultado das alterações a que são sujeitos, os motores de elevada eficiência apresentam diferentes rendimentos dependendo do fabricante, dado que nem todos adotam as mesmas medidas para elevar o rendimento. A análise econômica deve, desta forma, abranger motores de vários fabricantes, a fim que uma escolha mais abrangente possa ser feita. [18]

#### 4.1.2. Identificação de motores *standard*

O grande consumo energético em **eletricidade** da refinaria e empacotamento do produto é devido aos inúmeros motores instalados para acionamento de **bombas, compressores** instalados para a produção de ar comprimido e de gás, **ventiladores** e **transportadores**.

Para selecionar os motores que representam potencial economia na substituição é necessário conhecer as características de funcionamento, regime de operação e as especificações técnicas dos equipamentos, implicando também conhecimento do processo referente ao que ocorre no equipamento.

A metodologia utilizada é ordenada por cinco etapas para encontrar desvios e soluções quanto às oportunidades em economia de energia:

- ✓ Análise dos dados e definição dos motores potencialmente ineficientes;
- ✓ Visão geral dos processos;
- ✓ Diagnóstico das condições operacionais;
- ✓ Substituição dos motores;
- ✓ Medições para a avaliação de resultados.

A potência instalada atual é de 7,3 MW, substanciada maioritariamente em motores elétricos (91%). Com efeito, a Refinaria apresenta um elevado número de **motores elétricos – 910**, cuja quantia de motores por potência nominal encontra-se discriminada na Tabela B1, em apêndice B1.

Considerando que a empresa já investiu anteriormente em motores de alto rendimento, particularmente nos motores elétricos principais de cada setor, o levantamento realizado incidiu sobre os motores mais antigos, cuja vida útil teria já sido vencida, hipoteticamente. Outro ponto relevante na escolha dos motores a substituir foi o número de horas de funcionamento anuais, dado o facto da empresa trabalhar 24 horas diárias, cinco dias por semana (e ocasionalmente aos fins-de-semana, quando necessário).

A Figura 4.2. apresentam alguns motores propostos de substituição.



Figura 4.2. Motores responsáveis pelas filtrações do processo, 1ª filtração e filtração Putsch, respetivamente

Uma vez que muitos sistemas de bombagem possuem dois motores a trabalhar em semanas alternadas, também se procurou locais que já possuíam motores de alto rendimento para uma das bombas e motores *standard* para a outra, como se pode ver na Figura 4.3.



Figura 4.3. Motores elétricos do sistema de bombagem de licor para resinas

O motor proposto de substituição é o motor à direita, sendo o da esquerda já um motor de classe IE3. Esta avaliação é importante na medida que, semanalmente, o processo consome mais ou menos energia elétrica dependendo do motor responsável por fornecer energia útil à bomba centrífuga. A provável explicação para este caso é o motor elétrico à esquerda ter avariado e a empresa optar por adquirir um motor de alto rendimento em vez de colocar um de classe *standard* guardado em armazém.

Foi, então, constituída uma base de dados onde, que em função do nº de horas de funcionamento se pode estimar o consumo anual de energia; para melhor exatidão do consumo de cada motor, efetuaram-se diversas medições durante 24 horas com o analisador de energia FLUKE 435.

Uma vez que o interesse não era puramente académico, a implementação passou a ser imediata caso a poupança alcançada se mostrasse benéfica. É de referir que após um primeiro estudo realizado, a empresa disponibilizou um montante extra para motores de alto rendimento, tendo-se procedido a um acréscimo de motores.

Na Tabela 4.2. encontra-se uma listagem de todos os motores merecedores de estudo, com as respetivas informações necessárias à determinação do consumo energético anual e em que fase de investimento foram incluídos. Um inventário de motores mais aprofundado, encontra-se patente em anexo, apêndice B2, com informações relativas à sua localização e a outros parâmetros relevantes à sua caracterização.

Tabela 4.2. Consumo energético anual de cada motor standard considerado

Motor	Levantamento efetuado			Consumo		Fase de inv.	Substituídos
	Func. (h)	Pot. real cons. (kW)	Carga (%)	kWh	€		
1	3148	2,2	100	6 926	959,89	1	Sim
2	3148	2,2	100	6 926	959,89	1	Sim
3	3148	2,2	100	6 926	959,89	1	Sim
4	3148	2,2	100	6 926	959,89	1	Sim
5	2099	2,2	100	4 617	639,93	2	Sim
6	2099	2,2	100	4 617	639,93	2	Sim
7	2099	2,5	65	5 247	727,19	2	Sim
8	3148	3,3	80	10 388	1 439,83	1	Sim
9	3148	3,3	80	10 388	1 439,83	1	Sim
10	3148	1,8	45	5 666	785,36	1	Sim
11	3148	1,8	45	5 666	785,36	1	Sim
12	3148	3,2	75	10 074	1 396,20	-	Não
13	3148	3,2	75	10 074	1 396,20	-	Não
14	110	3,2	55	352	48,74	-	Não
15	110	3,2	55	352	48,74	-	Não
16	6296	4,1	75	25 814	3 577,76	2	Sim
17	6296	4,1	75	25 814	3 577,76	2	Sim
18	6296	4,1	75	25 814	3 577,76	2	Sim
19	6296	4,1	75	25 814	3 577,76	2	Sim
20	3148	3,0	55	9 444	1 308,94	2	Sim
21	3148	3,2	60	10 074	1 396,20	2	Sim
22	3148	4,9	65	15 425	2 137,93	2	Sim
23	3148	5,0	65	15 740	2 181,56	2	Sim
24	3148	5,5	75	17 314	2 399,72	2	Sim
25	3148	5,5	75	17 314	2 399,72	2	Sim
26	120	11,0	70	1 323	183,41	-	Não
27	120	11,0	70	1 323	183,41	-	Não
28	2458	7,9	45	19 418	2 691,36	1	Sim
29	4479	7,9	45	35 384	4 904,24	1	Sim
30	825	7,9	45	6 518	903,33	1	Sim
31	6296	8,4	60	52 886	7 330,06	1	Sim
32	6296	9,2	55	57 923	8 028,16	2	Sim
33	241	11,7	50	2 814	390,00	-	Não
34	241	11,9	45	2 862	396,67	-	Não
35	3148	18,9	85	59 497	8 246,31	1	Sim
36	1934	18,4	100	35 586	4 932,16	1	Sim
37	1934	18,4	100	35 586	4 932,16	1	Sim
38	118	17,5	60	2 062	285,80	-	Não
39	118	17,5	60	2 062	285,80	-	Não
40	39	30,0	75	1 180	163,55	-	Não

Tabela 4.2. Consumo energético anual de cada motor standard considerado (continuação)

Motor	Levantamento efetuado			Consumo		Fase	Substituídos
	Func. (h)	Pot. real cons. (kW)	Carga (%)	kWh	€		
41	3148	30,0	80	94 440	13 089,38	1	Sim
42	3148	30,0	80	94 440	13 089,38	1	Sim
43	6296	20,1	55	126 550	17 539,77	1	Sim
44	6296	26,7	50	168 103	23 299,10	1	Sim
45	3148	39,4	70	124 031	17 190,72	1	Sim
46	3148	39,4	70	124 031	17 190,72	1	Sim
47	3148	39,4	70	124 031	17 190,72	1	Sim
48	3148	39,4	70	124 031	17 190,72	1	Sim

Os motores de 4 pólos representam mais de 60% do universo, seguidos de 31% de 2 pólos e, apenas, 6% de 6 pólos, com idades compreendidas entre os 11 e os 52 anos. As classes dos motores considerados são, maioritariamente, EFF2 e IE2.

Dos 48 motores ponderados para o estudo, 9 não foram considerados energeticamente compensáveis, uma vez que os seus consumos são diminutos dado o reduzido número de horas anuais de funcionamento (tratam-se, essencialmente, de motores responsáveis por fornecer energia a bombas para lavagens). De notar que dois motores desconsiderados adicionalmente (12 e 13) apresentam consumos anuais na ordem dos 10 000 kWh, no entanto um requisito colocado pela empresa foi a aquisição de motores de alto rendimento com pés, e estes, após análise de consumo (não era visível o tipo de motor dada a existência de uma cápsula de proteção), confirmaram serem motores de flange.

A carga de utilização para cada motor foi determinada após medição do consumo de energia real, numa base de 24 horas, correspondendo à razão entre a potência medida e a nominal. Esta informação é útil porque permite identificar o rendimento do futuro motor através das fichas técnicas cedidas pelos fabricantes.

A média das cargas encontradas, visível na Figura 4.4., permite ter uma indicação da distribuição dos valores em operação na instalação.

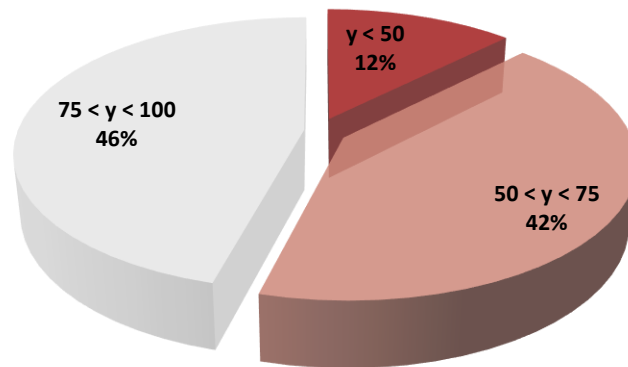


Figura 4.4. Distribuição das cargas de utilização dos motores em estudo

Observa-se a existência de duas parcelas semelhantes (a dos motores com cargas baixas e a de carga ideal) e uma pequena taxa de motores com carga muito baixa, ou abaixo da metade da potência nominal. Portanto, à primeira vista, 54 % dos motores apresentam oportunidades de otimização pela adequação à carga de utilização.

Os 37 motores apreciados para substituição representam um consumo anual global aproximado de 1 545 313 kWh, o que se traduz numa fatura de 214 180 €, considerando o custo médio do kWh de 0,1386 €.

#### 4.1.3. Oportunidades de melhoria de eficiência em motores

De modo a aferir quais os equipamentos em que se deveria apostar em soluções tecnológicas, procedeu-se à realização de um estudo financeiro para avaliar quais as substituições que se mostravam economicamente mais rentáveis.

Considerando que o mercado atual considera as classes IE3 e IE4 motores de alto rendimento, foram realizadas análises a ambas as classes, requerendo a diversos fornecedores o orçamento.

De salientar que, numa primeira fase de estudo, apenas 14 motores foram comparados em termos de economia obtida para cada classe (IE3 ou IE4). Estes encontram-se patentes nas Tabelas 4.3. e 4.4., para classe IE3 e IE4, respetivamente.

As economias foram determinadas de acordo com os rendimentos fornecidos pelos fornecedores para cada potência de motor investigada. Os rendimentos e respetivos consumos de cada motor proposto podem ser consultados em anexo B3 e B4, para as classes IE3 e IE4, respetivamente.

Tabela 4.3. Economias, Propostas e Período de Retorno com substituição de motores de alto rendimento (classe IE3)

Motor	Economias IE3 (€)					Propostas IE3 - Orçamento (€)					Período de Retorno (anos) IE3				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	55,17	56,20	52,04	52,04	52,04	140,31	133,50	195,60	180,10	348,23	2,5	2,4	3,8	3,5	6,7
2	55,17	56,20	52,04	52,04	52,04	140,31	133,50	195,60	180,10	348,23	2,5	2,4	3,8	3,5	6,7
3	77,23	78,25	74,18	74,18	74,18	140,31	133,50	195,60	180,10	348,23	1,8	1,7	2,6	2,4	4,7
4	77,23	78,25	74,18	74,18	74,18	140,31	133,50	195,60	180,10	348,23	1,8	1,7	2,6	2,4	4,7
5	295,14	295,14	295,14	295,14	292,54	514,48	574,37	680,19	599,10	892,40	1,7	1,9	2,3	2,0	3,1
6	537,82	537,82	537,82	537,82	533,07	514,48	574,37	680,19	599,10	892,40	1,0	1,1	1,3	1,1	1,7
7	725,53	725,53	709,36	709,36	709,36	925,33	816,37	1 070,97	911,97	1 251,30	1,3	1,1	1,5	1,3	1,8
8	381,03	381,03	371,24	371,24	371,24	925,33	816,37	1 070,97	911,97	1 251,30	2,4	2,1	2,9	2,5	3,4
9	381,03	381,03	371,24	371,24	371,24	925,33	816,37	1 070,97	911,97	1 251,30	2,4	2,1	2,9	2,5	3,4
10	1 265,82	1 278,37	1 240,63	1 240,63	1 240,63	1 538,58	1 296,34	1 615,02	1 395,79	2 032,15	1,2	1,0	1,3	1,1	1,6
11	1 265,82	1 278,37	1 240,63	1 240,63	1 240,63	1 538,58	1 296,34	1 615,02	1 395,79	2 032,15	1,2	1,0	1,3	1,1	1,6
12	1 439,55	1 662,45	1 713,01	1 713,01	1 474,25	1 159,76	1 262,55	1 823,26	1 534,32	1 930,30	0,8	0,8	1,1	0,9	1,3
13	1 397,77	1 431,05	1 464,19	1 464,19	1 414,43	2 158,48	1 850,05	2 673,71	2 357,13	2 764,50	1,5	1,3	1,8	1,6	2,0
14	1 397,77	1 431,05	1 464,19	1 464,19	1 414,43	2 158,48	1 850,05	2 673,71	2 357,13	2 764,50	1,5	1,3	1,8	1,6	2,0

Empresas que forneceram orçamento para motores de elevada eficiência:

- 1 – WEG
- 2 – Harker Solutions (motores Leroy Somer)
- 3 – Juncor (motores Siemens)
- 4 – Apineq (motores Siemens)
- 5 – SEW

Tabela 4.4. Economias, Propostas e Período de Retorno com substituição de motores de alto rendimento (classe IE4)

Motor instalado	Economias IE4 (€)					Propostas IE4 - Orçamento (€)					Período de Retorno (anos) IE4				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	-	-	80,44	80,44	-	-	-	198,00	193,15	-	-	-	2,5	2,4	-
2	-	-	80,44	80,44	-	-	-	198,00	193,15	-	-	-	2,5	2,4	-
3	-	-	101,89	101,89	-	-	-	198,00	193,15	-	-	-	1,9	1,9	-
4	-	-	101,89	101,89	-	-	-	198,00	193,15	-	-	-	1,9	1,9	-
5	318,33	318,33	331,02	331,02	-	658,73	1 090,00	778,10	729,52	-	2,1	3,4	2,4	2,2	-
6	580,07	580,07	603,19	603,19	-	658,73	1 090,00	778,10	729,52	-	1,1	1,9	1,3	1,2	-
7	828,99	749,66	828,99	828,99	-	1 278,58	1 691,25	1 109,58	1041,14	-	1,5	2,3	1,3	1,3	-
8	453,28	404,23	453,28	453,28	-	1 278,58	1 691,25	1 109,58	1041,14	-	2,8	4,2	2,4	2,3	-
9	453,28	404,23	453,28	453,28	-	1 278,58	1 691,25	1 109,58	1041,14	-	2,8	4,2	2,4	2,3	-
10	1 402,43	1 402,43	1 402,43	1 402,43	-	1 909,63	2 553,75	1 846,15	1543,31	-	1,4	1,8	1,3	1,1	-
11	1 402,43	1 402,43	1 402,43	1 402,43	-	1 909,63	2 553,75	1 846,15	1543,31	-	1,4	1,8	1,3	1,1	-
12	1 611,56	1 846,29	1 862,79	1 862,79	-	1 416,15	1 987,26	1 944,74	1732,30	-	0,9	1,1	1,0	0,9	-
13	1 513,65	1 530,06	1 579,11	1 579,11	-	2 674,87	3 588,75	2 683,79	2518,29	-	1,8	2,3	1,7	1,6	-
14	1 513,65	1 530,06	1 579,11	1 579,11	-	2 674,87	3 588,75	2 683,79	2518,29	-	1,8	2,3	1,7	1,6	-

Empresas que forneceram orçamento para motores de elevada eficiência:

- 1 – WEG
- 2 – Harker Solutions (motores Leroy Somer)
- 3 – Juncor (motores Siemens)
- 4 – Apineq (motores Siemens)
- 5 – SEW



A diferença entre o rendimento atual do motor e o de um novo de alto rendimento, dá-nos o potencial da economia energética na sua substituição, quanto maior for esta diferença maior é a compensação. Comparando as economias alcançadas caso a sua substituição fosse por um motor de alto rendimento IE3 ou IE4, verifica-se que há uma economia superior nos de classe IE4, mas não de forma que permita retirar uma conclusão definitiva.

Quantificando as economias conseguidas, a substituição por motores de classe IE3 permitiria obter uma poupança média económica de 9 500 €, enquanto com os de classe IE4 atingiria os 10 500 € médios (10% de poupança acrescentada).

De notar ainda que, relativamente a motores IE4, nem todas as empresas apresentaram orçamento, por exemplo a SEW não fornece motores desta classe, enquanto a WEG e a Harker Solutions (revendedora da marca Leroy Somer) não produzem motores IE4 para potências inferiores a 5,5 kW.

Analisando as tabelas 4.3. e 4.4. verifica-se que as maiores economias encontradas dizem respeito a motores com potências nominais elevadas, e de uma classe para a outra a diferença de economias é inferior a 10%. Acrescenta-se que os orçamentos para as duas classes não apresentaram valores muito díspares e, por isso, se procedeu à determinação da rentabilidade de motores IE4 e IE3. A Tabela 4.5. exprime essa mesma avaliação, em anos.

Tabela 4.5. Rentabilidade da classe IE4 em detrimento da classe IE3 (Empresas: 1 – WEG; 2 – Harker Solutions (Leroy Somer); 3 – Juncor; 4 – Apineq)

Rentabilidade (IE4/IE3) (anos)			
1	2	3	4
-	-	0,08	0,46
-	-	0,08	0,46
-	-	0,09	0,47
-	-	0,09	0,47
6,22	22,24	2,73	3,63
3,41	12,20	1,50	1,99
3,41	36,26	0,32	1,08
4,89	37,71	0,47	1,57
4,89	37,71	0,47	1,57
2,72	10,14	1,43	0,91
2,72	10,14	1,43	0,91
1,49	3,94	0,81	1,32
4,46	17,56	0,09	1,40
4,46	17,56	0,09	1,40

Percebeu-se em seguida que, atualmente, existe a vantagem de adquirir motores de classe IE4, uma vez que as empresas fornecedoras mostram mais interesse na venda desta classe, com preços mais competitivos. Desta análise exclui-se a empresa Harker Solutions, cujo os motores de classe IE4 são mais caros porque não são de indução trifásicos de gaiola de esquilo, mas de ímã permanente (conhecidos por não perderem as suas características independentemente do seu tempo de funcionamento).

Por fim, verificou-se que a aquisição de motores de classe IE3 permite ainda comprar outros motores para perfazer o investimento disponível, ao contrário se a escolha recaísse nos de classe IE4. Dito isto, procedeu-se à avaliação final da economia conseguida com mais para 9 motores de classe IE3 (inscritos na Tabela 4.6.).

Apesar do valor económico recuperado ser um fator determinante nos investimentos a realizar, a economia energética conseguida com cada medida é também um fator relevante a documentar. Para tal, na Tabela 4.7., encontra-se um resumo das economias energéticas alcançadas, bem como o investimento a realizar, mediante a classe do motor e a empresa fornecedora. Em anexo B3, encontram-se as economias energéticas discriminadas por motor.

Tabela 4.6. Economias, Propostas e Período de Retorno com substituição de motores de alto rendimento (classe IE3) adicionais

Motor instalado	Economias IE3 (€)					Propostas IE3 - Orçamento (€)					Período de Retorno (anos) IE3				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	53,55	67,98	59,32	59,32	50,21	175,22	187,05	248,29	233,60	417,10	3,27	2,75	4,19	3,94	8,31
2	53,55	67,98	59,32	59,32	50,21	175,22	187,05	248,29	233,60	417,10	3,27	2,75	4,19	3,94	8,31
3	85,29	107,84	95,59	95,59	86,77	175,22	187,05	248,29	233,60	417,10	2,05	1,73	2,60	2,44	4,81
4	85,29	107,84	95,59	95,59	86,77	175,22	187,05	248,29	233,60	417,10	2,05	1,73	2,60	2,44	4,81
5	88,44	104,87	91,12	91,12	92,01	514,48	574,37	680,19	599,10	892,40	5,82	5,48	7,46	6,57	9,70
6	582,39	640,67	582,39	582,39	-	633,40	593,81	753,43	708,22	-	1,09	0,93	1,29	1,22	-
7	2 253,32	2 275,67	2 208,49	2 208,49	-	1 538,58	1 296,34	1 615,02	1 395,79	-	0,68	0,57	0,73	0,63	-
8	1 397,77	1 431,05	1 464,19	1 464,19	1 414,43	2 158,48	1 850,05	2 673,71	2 357,13	2 764,50	1,54	1,29	1,83	1,61	1,95
9	1 397,77	1 431,05	1 464,19	1 464,19	1 414,43	2 158,48	1 850,05	2 673,71	2 357,13	2 764,50	1,54	1,29	1,83	1,61	1,95

Tabela 4.7. Estudo da viabilidade de substituição de motores standard por motores IE3 ou IE4

	Propostas IE3					Propostas IE4			
	WEG	HARKER SOLUTIONS (Leroy Somer)	JUNCOR (Siemens)	APINEQ (Siemens)	SEW	WEG	HARKER SOLUTIONS (Leroy Somer)	JUNCOR (Siemens)	APINEQ (Siemens)
Economia (kWh)	110 746	114 760	113 854	113 854	90 253	72 711	73 361	78 357	78 357
Economia (€)	15 349,43	15 905,68	15 780,11	15 780,11	12 509,06	10 077,68	10 860,29	10 167,82	10 860,29
Orçamento total (€)	20 624,37	18 600,00	25 145,63	22 046,46	26 545,02	15 738,35	21 526,01	16 681,56	15 210,57
PRI (anos)	1,34	1,17	1,59	1,40	2,12	1,56	1,98	1,64	1,40
PRI (meses)	16	14	19	17	25	19	24	20	17



Considerando um investimento para motores de alto rendimento na ordem dos 20 000 € já com uma parcela para montagem dos motores, verificou-se que escolhendo os 14 motores IE4 o orçamento disponível esgotava, mas com os da classe IE3 permitia acrescentar outros 9 motores de elevado rendimento (dependendo da empresa).

Quanto à SEW, esta apresenta uma discrepância de valores de economia energética encontrada para os motores IE3, isto porque o orçamento adicional não foi analisado pela empresa mas é uma extrapolação da primeira proposta.

Em suma, considerando apenas um motor, independentemente do seu motivo de substituição, a opção mais vantajosa é efetivamente a escolha de motores de classe IE4, cuja poupança económica rentabiliza facilmente o investimento realizado. No entanto, como foi fornecido um orçamento a esgotar, o objetivo passou a ser o de alcançar o máximo de ganhos de eficiência energética.

A empresa escolhida para o fornecimento de motores de classe IE3 foi a Harker Solutions, que permitiu uma poupança adicional de 46,5% de energia consumida. Esta empresa, para além de ser a que apresenta motores com melhor rendimento, foi a que apresentou o melhor orçamento dado o interesse em estabelecer uma relação profissional futura.

Após a compra dos motores supracitados, surgiu uma nova verba com a mesma finalidade, substituição de motores, ainda durante a execução deste trabalho. Dada a relação profissional estabelecida anteriormente, a aquisição destes 14 novos motores foi efetuada à mesma empresa. Na Tabela 4.8. encontram-se as poupanças atingidas para esses motores, bem como o orçamento individual e o período de retorno.

Tabela 4.8. Economia energética e económica conseguida para novos motores IE3

Motor instalado	Economia		Orçamento	PRI
Código	kWh	€	€	Anos
1	270	37,47	146,25	3,90
2	270	37,47	146,25	3,90
3	393	54,47	210,00	3,86
4	1 840	255,01	395,80	1,55
5	2 129	295,04	395,80	1,34
6	2 129	295,04	395,80	1,34
7	2 129	295,04	395,80	1,34
8	940	130,23	275,00	2,11
9	892	123,58	275,00	2,23
10	1 467	203,26	375,00	1,84
11	1 496	207,41	375,00	1,81
12	1 269	175,82	360,00	2,05
13	1 269	175,82	360,00	2,05
14	4 417	612,24	593,81	0,97

Para um orçamento de 4 700 €, a aquisição suplementar de 14 motores de alto rendimento permitiu obter uma poupança energética anual de 20 908 kWh e económica de 2 898 €. Apesar de alguns motores possuírem um período de recuperação de investimento mais elevado, dada a disponibilidade de investimento e o facto de se tratarem de motores com vida útil superior a 14 anos, a sua substituição foi igualmente concretizada.

A totalidade do investimento realizado em motores de alto rendimento foi de 29 144 € (já inclui o custo da instalação), com uma previsão de consumo anual de energia de quase 1 409 901 kWh, ou seja, 195 412 €. Esta substituição permitirá uma economia de cerca de 135 668 kWh e 18 804 €. Em termos percentuais, a substituição dos 37 motores considerados permitiu uma redução, aproximada, de 9% do consumo inicial. O período de retorno médio do investimento realizado fixou-se em 1,2 anos (14 meses), o que se mostra economicamente viável.

Na Figura 4.5. é possível ver o motor elétrico que se encontrava associado ao secador de 10 toneladas e o motor de alto rendimento colocado em sua substituição.



Figura 4.5. Motor elétrico associado ao secador de 10 toneladas, antes e depois do projeto, respetivamente

Na Figura 4.6. encontra-se a sala dos compressores de gás que foram todos substituídos por motores de alto rendimento através deste projeto.



Figura 4.6. Motores elétricos dos compressores de gás

Em anexo B5 encontram-se exemplos de cálculo que permitiram a determinação dos consumos, economias e períodos de recuperação apresentados.

## 4.2. Variadores eletrónicos de velocidade

Os variadores eletrónicos de velocidade são uma das principais tecnologias usadas para diminuir o consumo de energia elétrica dos motores, apresentando-se como dispositivos que permitem variar a velocidade de um motor permitindo a otimização do funcionamento destes.

A variação da frequência de alimentação, que para o caso da rede elétrica nacional é de 50 Hz, é consoante a equação abaixo descrita. [19]

$$V_{me} = \frac{60 \times F}{P_{ar}} \quad (\text{equação 4.1.})$$

Onde:

$V_{me}$  – Velocidade do motor elétrico, em rpm;

$P_{ar}$  – Número par de pólos do motor elétrico;

$F$  – Frequência da corrente elétrica de alimentação ao motor, em Hz.

A otimização do funcionamento do motor realizado por este aparelho tem as seguintes características [20]:

- ✓ Ajuste da velocidade de rotação a cada momento de utilização, de forma a responder apenas às necessidades reais do processo;
- ✓ Otimização dos arranques e paragens evitando picos de tensão.

Outra das vantagens é o aumento da duração do motor, embora não seja consensual, pois algumas opiniões referem que a variação de frequência pode causar dano no motor por aumentar a vibração mecânica e o ruído acústico. [21, 22]

#### 4.2.1. Aplicações de VEV no acionamento de bombas centrífugas e ventiladores

Os variadores eletrónicos de velocidade detêm uma ampla variedade de possíveis aplicações. No setor industrial é possível identificar algumas funções típicas que cobrem a maior parte nomeadamente: robótica, manuseamento de materiais, máquinas-ferramentas, compressores, ventiladores e bombas centrífugas. Este estudo incidiu apenas em bombas centrífugas e ventiladores.

##### Bombas centrífugas

Em bombas centrífugas, a potência consumida é proporcional, aproximadamente, ao cubo da velocidade. Se o objetivo é reduzir o fluxo, pode-se recorrer a processos como o controlo através de válvulas de estrangulamento ou, então, um VEV. Embora ambas as técnicas cumpram o objetivo pretendido, a quantidade de energia consumida é significativamente maior quando se usa o controlo através de válvulas, como se verifica na Figura 4.7. [23, 24]

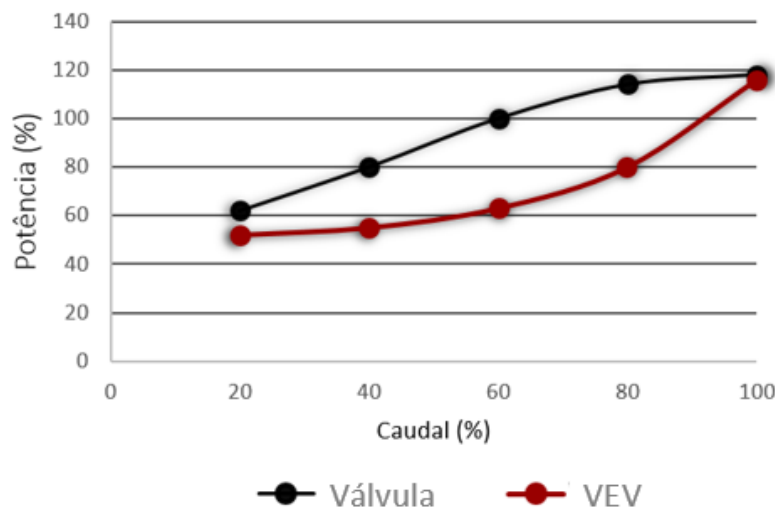


Figura 4.7. Consumos de potência numa bomba com controlo por válvula de estrangulamento vs. controlo com VEV [24]

A poupança é clara na aplicação de um VEV em bombas centrífugas, pois ao reduzir a velocidade da bomba, o caudal de fluido debitado baixa na mesma proporção e a altura manométrica reduz quadraticamente. Ao baixar a velocidade da bomba, desce-se a

potência elétrica à razão cúbica. Isto considera-se para o caso da instalação não ter perda de carga suficiente para alterar o ponto de funcionamento ou de rendimento hidráulico. A aplicação de VEV para fins de poupança energética nem sempre é viável, como o caso de instalações com caudais muito constantes, perto do nominal, e instalações na qual a redução da pressão afeta o processo.

### Ventiladores

As poupanças de energia resultantes da adição de um VEV a ventiladores podem ser significativas mesmo em alguns com cargas bastante elevadas. A figura 4.8. ilustra o potencial de poupança utilizando VEV em contraponto com outros métodos de controlo. [24]

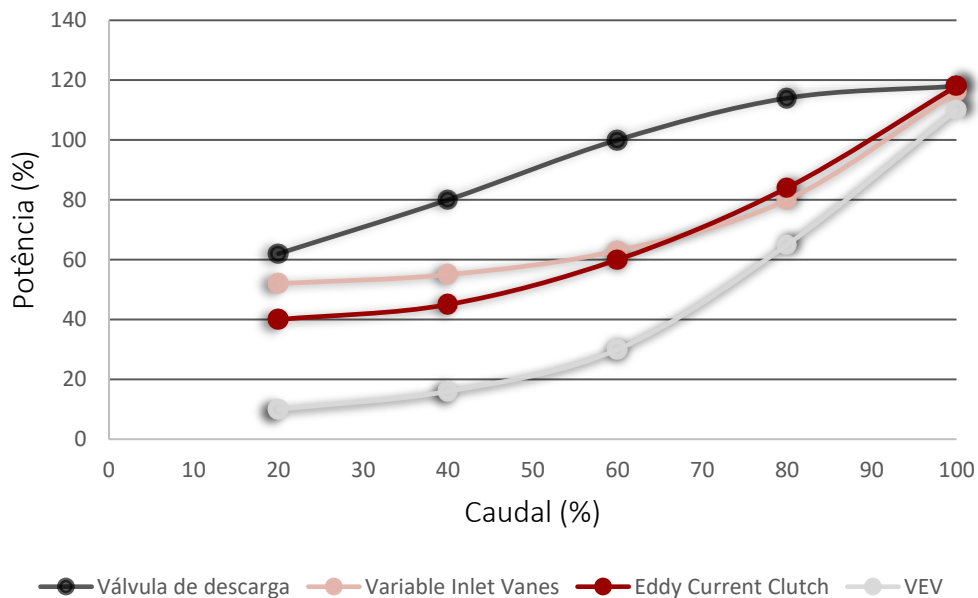


Figura 4.8. Consumo de potência relativo para diferentes métodos de controlo de fluxo de ar [24]

Pela análise da Figura 4.8. verifica-se o desaproveitamento da energia quando se efetua o controlo por métodos que recorrem a estranguladores de fluxo de ar, uma vez que estes apresentam elevado consumo de energia, contrapondo com a utilização da velocidade ajustável. O pior método é com válvulas de descarga, pois para um fluxo de 50%, um VEV ou as *Variable Inlet Vanes* podem economizar 75% ou 40%, respetivamente, da potência consumida nas *válvulas de descarga*. Acrescente-se que o consumo de energia em cargas baixas é tão sensível à velocidade, que o utilizador pode obter poupanças significativas mesmo com pequenos ajustes de velocidade. [24]

#### 4.2.2. Controlo existente no sistema atual

Um circuito de fluido ideal não deveria ter estrangulamentos, deveria ser dimensionado à medida. Mas na realidade da maior parte dos circuitos hidráulicos, há uma necessidade de controlo de caudal. Ainda é prática comum dimensionar a bomba para o caudal máximo e depois, processualmente, estrangular o circuito por meio de uma válvula obtendo o caudal desejado. Este é o caso das bombas desta instalação para os injetores de água de lavagem da torre de gás, injetores de despoeiramento e filtração do licor. Estudou-se, também, a colocação de VEV em ventiladores responsáveis pelo despoeiramento. A Tabela 4.9. reúne as informações relativas aos motores elétricos responsáveis por fornecer energia útil aos sistemas considerados. Na última coluna destacam-se os motores que tinham sido sujeitos a substituição por outros de melhor rendimento.

Tabela 4.9. Identificação dos locais de aplicação de VEV e respetivas características

Motor instalado	Local de instalação	Potência (kW)	Potência real (kW)	Horas func./ano	Aplicado motor AR
7	Bomba 1 Filtração	22	18,9	1934	Sim
8	Bomba 2 Filtração	22	18,9	1934	Sim
9	Ventilador desp. Papel/Saquetas	37	25	6296	Não <sup>3</sup>
10	Ventilador desp. Torre 36 m	37	25	6296	Sim
5	Bomba 1 Lavagem Torre Gás	4	3,3	3148	Sim
6	Bomba 2 Lavagem Torre Gás	4	3,3	3148	Sim
1	Bomba 1 desp. Torre 36 m	2,2	2,2	3148	Sim
2	Bomba 2 desp. Torre 36 m	2,2	2,2	3148	Sim
3	Bomba 1 desp. Papel/Saquetas	2,2	2,2	3148	Sim
4	Bomba 2 desp. Papel/Saquetas	2,2	2,2	3148	Sim

De referir que, apesar de todos os locais apresentados possuírem duas bombas para a mesma função, estas não funcionaram em simultâneo, mas sim em semanas alternadas de modo a preservar e a prolongar a sua vida útil. São exceção os ventiladores que se encontraram em funcionamento, com o número de horas totais de operação (no ano 2016).

Os motores de 2,2 kW responsáveis por fornecer energia mecânica às bombas responsáveis *pela injeção de água na torre de despoeiramento de 36 metros* funcionam atualmente a uma carga entre 80 a 100 %, cujo controlo é realizado por uma válvula manual de estrangulamento. Essa válvula permite a passagem de água para os injetores que formam um spray que arrasta as partículas de pó. A colocação de VEVs permitirá o

<sup>3</sup> O motor em questão já era de classe IE3, o benefício da sua colocação é que não é resultante deste estudo.

controlo da pressão de água nos aspersores, de modo a que o motor elétrico possa reduzir a sua velocidade e respetivo consumo energético. O mesmo se aplica às bombas de injeção de água no despoeiramento da área de papel/saquetas, cuja função é idêntica. Um exemplo do consumo energético de um dos motores referenciado pode ser observado na Figura 4.9.

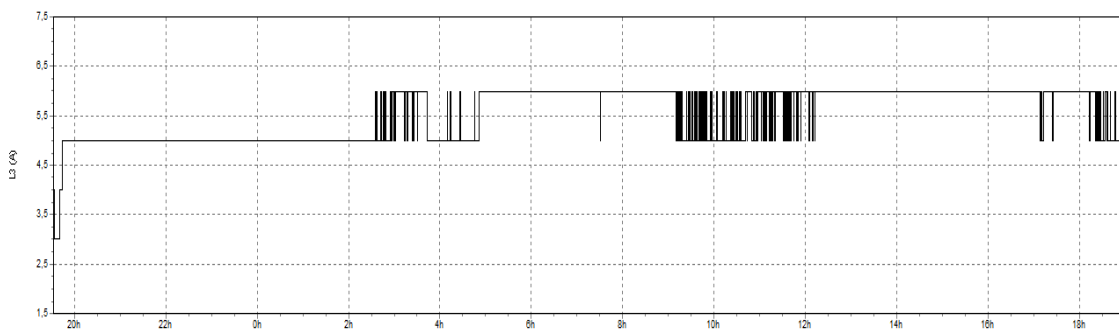


Figura 4.9. Corrente alimentada ao motor MOTE-0358

No sistema de bombagem responsável pela injeção de água para lavagem do gás, cujos motores elétricos são de 4 kW, o controlo é executado idênticamente ao de uma válvula de estrangulamento manual. O gás ( $\text{CO}_2$ ) é lavado numa coluna de pratos, sendo este proveniente das caldeiras e reaproveitado nos saturadores<sup>4</sup> da refinaria. Como as caldeiras não trabalham sempre em pleno, o caudal de gás enviado para lavagem acaba por não apresentar um valor constante. Ou seja, a necessidade de água para retirar impurezas do gás dependerá deste regime de funcionamento, o que justifica a utilização de um variador de velocidade.

Atualmente, o controlo pela válvula é efetuado pela variação da pressão de água e o consumo energético observado para esta situação é registado na Figura 4.10.

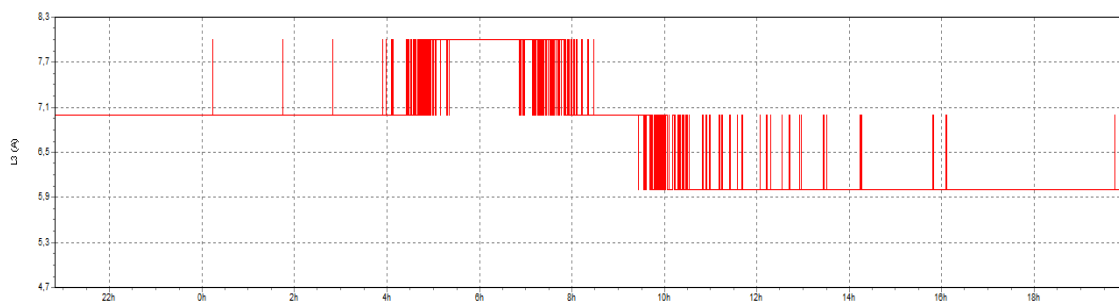


Figura 4.10. Corrente alimentada ao motor MOTE-0365

<sup>4</sup> Local onde ocorre a precipitação do carbonato de cálcio, através da adição de cal e do contacto com  $\text{CO}_2$ . A precipitação permite arrastar todas as impurezas contidas no licor.

Os motores responsáveis por alimentar as bombas da alimentação à 1ª filtração são de 22 kW. O consumo deste equipamento (Figura 4.11.) é função da carga do filtro e, naturalmente, da pressão no seu interior.

À medida que o filtro vai ficando colmatado a sua pressão sobe e, conseqüentemente, o consumo do motor associado à bombagem. O processo atual inclui uma válvula a jusante da bomba, que é utilizada pelos operadores para efetuar regulações de caudal. A utilização de um VEV neste sistema permite que o consumo energético do motor elétrico não seja superior ao necessário (encontrando-se dependente da pressão de saturação dos filtros).

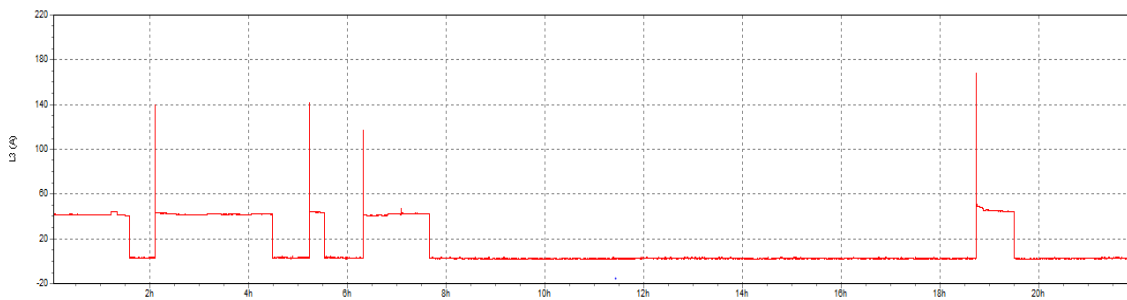


Figura 4.11. Corrente do motor MOTE-0292

Os motores acoplados aos ventiladores são de 37 kW, no entanto quase na totalidade do seu tempo de utilização o seu consumo é francamente inferior, observável na Figura 4.12. Há consumos até aos 37 kW, pontualmente, em alturas de maior aspiração.

Atualmente existe um registo na aspiração do ventilador que permite a correta regulação do caudal de ar nos sistemas de despoejamento. A utilização do VEV vai permitir que a aspiração ocorra normalmente, e que o consumo energético seja inferior.

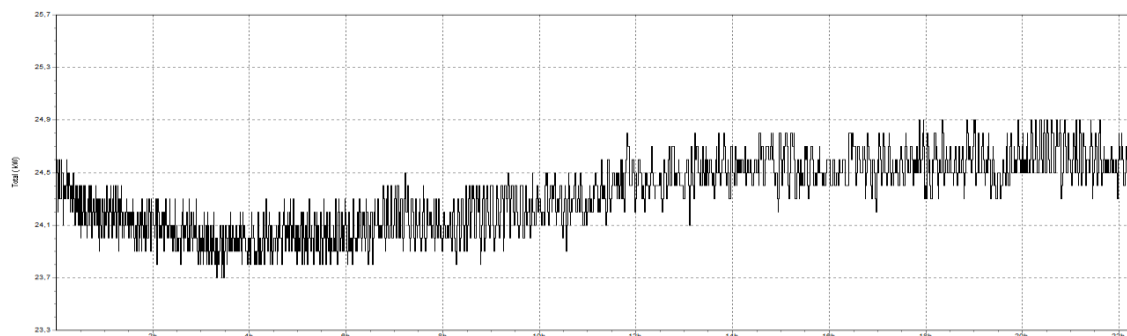


Figura 4.12. Potência consumida do motor MOTE-0311

Uma vez que todas as bombas centrífugas apresentam controlo por válvula de estrangulamento de ação manual, analisou-se a economia sem qualquer tipo de controlo e com o controlo efetuado pela válvula, sendo que a mesma pode ser observada na Tabela 4.10. Relativamente ao ventilador, a oscilação de caudal não se traduziu em

qualquer variação significativa no consumo do motor elétrico, como se pode ver na Tabela 4.10.

Tabela 4.10. Economia encontrada no controlo inicial dos sistemas de bombagem e despoeiramento considerados

Motor instalado	Func. consoante a carga (h)						Consumo (kWh)		Economia	
	0%	60%	75%	80%	85%	100%	Sem controlo	Controlo por válvula	kWh	€
1				1385		1763	6926	6316	609	84
2				1385		1763	6926	6316	609	84
3				1385		1763	6926	6316	609	84
4				1385		1763	6926	6316	609	84
5		1259	1259			630	10388	8940	1448	201
6		1259	1259			630	10388	8940	1448	201
7	600		1122			213	36553	23189	13364	1852
8	600		1122			213	36553	23189	13364	1852
9						6296	154252	-	-	-
10						6296	154252	-	-	-

O consumo inicial dos sistemas de bombagem considerados é de cerca de 121 584 kWh, mas a introdução de válvulas de estrangulamento reduziu o consumo em 26,8 %, para um valor de 89 019 kWh. A determinação do tempo empregue em cada carga é resultante da análise dos consumos de energia efetuados.

#### 4.2.3. Comparação entre tipos de funcionamento

Existem diversos estudos, que apontam para quando a válvula de estrangulamento está em média mais de 25 % fechada, existe uma compensação óbvia para a utilização de um VEV, e embora este valor varie consoante os estudos, o mais real é ter o apoio de um medidor de caudal, pois, por vezes, o estrangulamento da válvula não é fácil. Em termos genéricos a utilização de um VEV para poupança energética, é tanto mais compensatória quanto mais afastado está o seu ponto de funcionamento do valor nominal, isto pode dever-se à necessidade do processo solicitar vários regimes de carga ou porque o equipamento foi sobredimensionado.

No caso dos injetores de água, presentes nas torres de despoeiramento, e para ambas as secções do acondicionamento do açúcar, determinou-se experimentalmente o caudal de água máximo permitido, sem qualquer controlo, tendo se obtido 8,38 m<sup>3</sup>/s. A utilização habitual da válvula de estrangulamento, próximo de 60% fechada, conduz a um caudal de 6,26 m<sup>3</sup>/s, uma redução de 25,3%. Recorrendo às equações de semelhança, para se obter a mesma redução de caudal, o VEV terá de reduzir a velocidade do motor de 1500

para quase 1100 rpm, o que em termos de potência consumida corresponde a aproximadamente 1 kW.

Na bombagem de água de lavagem do gás, para se obter o consumo energético nas referidas cargas de 60, 75 e 85% com a utilização de válvula, o VEV tem de reduzir a velocidade para 2815, 2665 e 2500 rpm, respetivamente.

A existência de um sistema de filtração de licor na refinaria que, por sua vez, já possui variadores de velocidade instalados, permitiu analisar a variação da pressão esperada ao longo do tempo e o respetivo caudal requerido, visíveis na Figura 4.13.



Figura 4.13. Caudal de licor requerido em função da pressão de saturação do filtro

Considerando que a velocidade de rotação de todos os sistemas de bombagem será controlada por sensores de pressão, com *set-points* identificados, o VEV aumentará ou reduzirá a velocidade mediante as necessidades de operação. Na Figura 4.14., encontra-se a análise de consumo a um sistema de filtração idêntico ao estudado, mas que já possui o variador instalado.

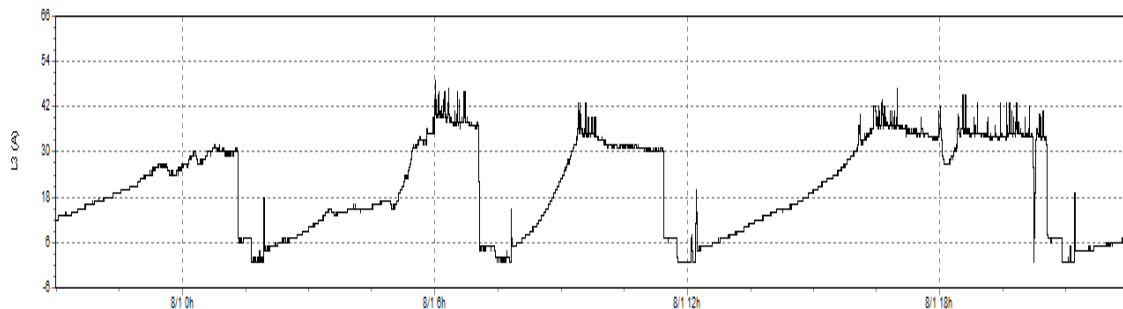


Figura 4.14. Variação da corrente alimentada para um sistema de filtração controlado por VEV

Há medida que o filtro fica saturado, o VEV aumenta a velocidade do motor de modo a aumentar a energia fornecida à bombagem, para que o caudal de filtrado se mantenha constante. Quando o caudal máximo é atingido, o filtro satura, o sistema desliga e é realizada a lavagem deste, para reiniciar o processo.

Recorreu-se à literatura para determinar a carga associada à regulação por VEV quando comparada com válvulas e respetivo número de horas em cada carga, a qual pode ser encontrada no apêndice C1. A Tabela 4.11. apresenta os consumos para todos os tipos de controlo – sem controlo, com controlo por válvula e com controlo por VEV, bem como a economia alcançada na substituição de válvulas por VEVs, para os sistemas de bombagem (exclui ventiladores).

Tabela 4.11. Consumo previsto com a utilização de VEV em bombas centrífugas

Código	Consumo (kWh)			Economia	
	Sem controlo	Controlo por válvula	Controlo por VEV	kWh	€
1	6926	6316	5097	1219	169
2	6926	6316	5097	1219	169
3	6926	6316	5097	1219	169
4	6926	6316	5097	1219	169
5	10388	8688	3904	4785	663
6	10388	8688	3904	4785	663
7	36553	23189	13318	9871	1368
8	36553	23189	13318	9871	1368

As maiores economias obtidas são nos motores de maior potência e a economia total para o sistema de bombagem situa-se nos 34 188 kWh, ou 4 738 €, isto é, uma redução de consumo de 38,4%.

Analogamente, nos ventiladores, a existência de equipamentos idênticos na instalação que já continha VEV, permitiu verificar que há possibilidade de reduzir a velocidade do motor e manter a velocidade do gás adequada no sistema de ventilação. Os resultados deste teste podem ser observados na Figura 4.15. e encontram-se documentados na Tabela 4.12.

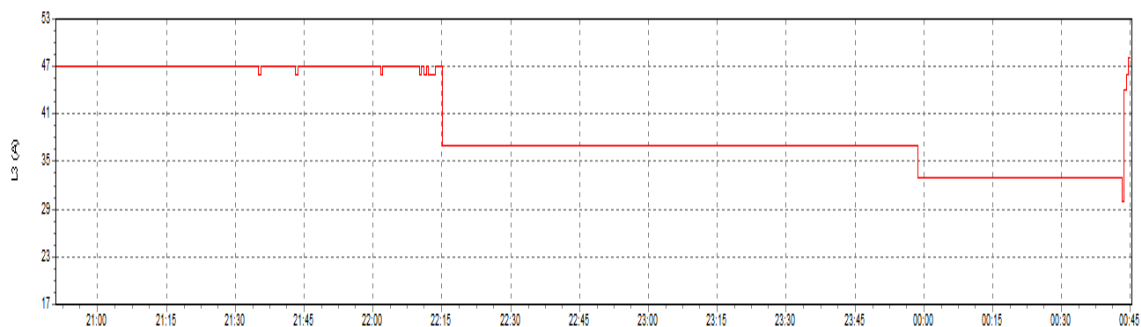


Figura 4.15. Consumo de corrente alimentada em função da velocidade do motor elétrico acoplado ao sistema de ventilação: 3000, 2700 e 2500 rpm

A 2500 rpm, o motor elétrico viu a sua potência reduzir-se para cerca de 14 kW, o que significa um consumo de 88 144 kWh e uma economia de 43%, em relação à potência de 24,5 kW inicial.

Tabela 4.12. Caudais de ar obtidos em função da velocidade do motor

Velocidade do motor RPM	Velocidade do ar (m/s)		Caudal de ar (m <sup>3</sup> /s)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo
3000	25	30	0,22	0,26
2700	22	25	0,19	0,22
2500	21	24	0,18	0,21

A velocidade do ar foi obtida com recurso a um anemómetro (sonda de molinete, diâmetro 60 mm, com telescópio) da marca Testo, na captação do transportador s/ fim 0201, o ponto mais distante do ventilador. Pela informação recolhida, percebe-se que uma redução de 17 % na velocidade de rotação do motor não será prejudicial para o bom funcionamento, pois assegura um caudal de ar suficiente. A título de curiosidade, sujeitou-se o motor elétrico do ventilador a uma velocidade de 2300 rpm, mas rapidamente se percebeu que poderia trazer graves problemas ao sistema de despoejamento, dadas as vibrações excessivas no ventilador, o que poderia conduzir a desgaste mecânico e redução de vida útil.

Ainda que efetivamente se verifique uma poupança relativa à substituição do sistema de controlo existente, é necessário um estudo económico para determinar se o investimento a realizar se mostra viável. Na Tabela 4.13. encontra-se o orçamento cedido por empresas fornecedoras para o conjunto dos variadores de velocidade a adquirir, o custo de instalação e o período de recuperação do investimento.

Tabela 4.13. Análise económica ao projeto VEV

Código	Economia €	Propostas de orçamento		
		HARKER SOLUTIONS	SEW	APINEQ
1	169	268	195	Foi dado um orçamento global, que inclui a totalidade dos VEV e a sua instalação. Não discriminada
2	169	268	195	
3	169	268	195	
4	169	268	195	
5	663	303	207	
6	663	303	207	
7	1368	907	1255	
8	1368	907	1255	
9	9163	1467	1460	
10	9163	1467	1460	
Total	23 064	6424	6624	
	Instalação	10 000	12000	
	Total	16 424	18 624	12750

Dado o investimento disponível pela empresa para esta medida de eficiência energética, cerca de 13 000 €, a APINEQ surgiu como o único fornecedor que permite o investimento na totalidade. O período de retorno corresponde a 0,55 anos, o equivalente a 7 meses.

Em apêndice C2. encontram-se patentes exemplos de cálculo para os resultados demonstrados.

### 4.3. Iluminação

A conceção das instalações de iluminação na perspetiva da utilização racional de energia pressupõe a verificação de alguns parâmetros essenciais para a redução do consumo energético, mantendo ou melhorando as condições globais de iluminação nos diversos espaços. Assim ter-se-á em consideração os seguintes aspetos [25]:

- ✓ Prioridade à luz natural, mantendo sempre limpas as áreas de entrada de luz;
- ✓ Dimensionar corretamente os níveis de iluminação necessários para os locais, de forma a prever níveis gerais de iluminação e níveis específicos para os diferentes postos de trabalho;
- ✓ Selecionar corretamente o tipo de iluminação mais ajustada para os locais em questão, tendo em conta as necessidades de restituição da cor das tarefas a executar;
- ✓ Utilizar sempre equipamentos de rendimento elevado, tanto ao nível de lâmpadas como as luminárias e acessórios;
- ✓ Usar sistemas de controlo e comando automático nas instalações de iluminação;
- ✓ Proceder regularmente às operações de limpeza e manutenção das instalações, de acordo com o plano estabelecido, e apoiados preferencialmente nos sistemas automáticos de gestão de iluminação.

#### 4.3.1. Soluções energeticamente eficientes

No sentido de ser possível proporcionar uma boa iluminação adequada aos requisitos de um local específico, é necessário proceder à escolha das lâmpadas que reúnam as especificações adequadas, em associação com uma luminária.

De modo geral, cada lâmpada apresenta as seguintes características [26, 27]:

- ✓ Fluxo luminoso [lm]: valor inicial do fluxo luminoso da lâmpada, declarada pelo fabricante ou vendedor responsável, sendo a lâmpada utilizada em condições específicas e após um curto período de utilização de 100 horas;
- ✓ Potência [W]: potência consumida pela lâmpada;

- ✓ Fator de sobrevivência (FSL): fração do número total de lâmpadas que continuam a funcionar num determinado tempo sob determinadas condições e determinadas frequências de troca;
- ✓ Fator de manutenção da luminosidade da lâmpada (FMLL): rácio entre o fluxo luminoso emitido pela lâmpada num dado momento da sua vida e o fluxo luminoso inicial;
- ✓ Eficácia luminosa de uma lâmpada [lm/W]: quociente do fluxo luminoso emitido pela potência elétrica absorvida;
- ✓ CIE 1974 índice geral de cores (Índice de Reprodução de Cores - IRC).
- ✓ Temperatura de cor (K);
- ✓ Luminância [cd/m<sup>2</sup>].

### Comparação das características dos diversos tipos de lâmpadas

Atualmente, e no que respeita a lâmpadas para utilização na iluminação industrial, existem diversos modelos e diferentes tecnologias disponíveis, nomeadamente vapor de mercúrio, vapor de sódio de alta e baixa pressão e LED.

A consulta de literatura permitiu condensar os valores associados aos diversos tipos de lâmpadas na Tabela 4.14. [26, 28, 29]

Tabela 4.14. Comparação das características dos diferentes tipos de lâmpadas [26, 28, 29]

	Vapor de mercúrio	Vapor de sódio	LED
Eficácia luminosa (lm/W)	40 – 60	80 – 150	Por vezes > 150
IRC	40 – 55	20 – 70	> 75
Duração média (h)	10 000 – 12 000	8 000 – 12 000	60 000
Tempo de arranque (min)	Aprox. 4	Aprox. 5	Instantâneo
Luminância (cd/m <sup>2</sup> )	4 – 15	25 – 500	3
Período de manutenção (anos)	2	3 – 4	12
Equipamento auxiliar	Balastro e condensador	Arrancador, balastro e condensador	Inexistente

Pela análise da tabela 4.14., é notória a diferença de características da tecnologia baseada em LED para as restantes.

Atualmente, a tecnologia LED está a ser aplicada quer em novas infraestruturas quer a instalações já existentes, por questões de poupança energética e baixa manutenção. A

grande barreira – o custo de aquisição, foi ultrapassada devido aos elevados progressos realizados em matéria de iluminação LED, que permitiram a sua redução de custo.

#### 4.3.2. Equipamento de iluminação existente

Considerando uma conceção correta do sistema de iluminação, procedeu-se a um levantamento exaustivo das tecnologias existentes.

A iluminação da instalação fabril e setores auxiliares, entenda-se oficinas da mecânica e elétrica, armazém dos acessórios e distintos gabinetes, é efetuada por LEDs de 250 W, lâmpadas fluorescentes T8 de 18, 36 e 58 W e por lâmpadas fluorescentes T5 de 28 e 35 W.

Na cobertura de uma zona do acondicionamento do produto estão colocadas telhas translúcidas que permitem um bom aproveitamento da luz natural, permitindo reduzir o tempo de funcionamento da iluminação artificial. Este setor é provido na sua maioria de iluminação LED à exceção da secção do empacotamento de açúcar amarelo cuja iluminação é assegurada por lâmpadas de descarga de vapor de mercúrio de 400 W e lâmpadas fluorescentes de 18 e 28 W, do tipo T8 e T5, respetivamente.

O edifício administrativo detém lâmpadas G24 de 18 W nos corredores e lâmpadas fluorescentes T5 de 28 W nos escritórios e laboratório. A análise ao cenário existente contemplou também a iluminação exterior, que é assegurada por lâmpadas de descarga de vapor de sódio de 250 W.

Todas as lâmpadas dispõem de balastros ferromagnéticos à exceção das T5 que detêm balastro eletrónico e a iluminação LED que não necessita de nenhuma qualidade de balastro. O levantamento efetuado possibilitou especificar o tipo de luminária (projetor, armadura simples ou armadura dupla), a dimensão desta (e da respetiva lâmpada, o que terá implicância na potência nominal), a quantidade de lâmpadas e luminárias a substituir e as horas de funcionamento de cada setor.

Todos os cenários referidos foram alvo de análise de consumo energético excluindo os locais que possuíam já iluminação LED (a tecnologia disponível no mercado mais eficiente energeticamente) e os escritórios e laboratório que se encontram no edifício administrativo. Estes foram alvo de reforma recente e implementaram lâmpadas fluorescentes tubulares T5 dada a cor mais suave que melhorava a qualidade de trabalho dos funcionários.

De assinalar a existência de sensores automáticos de presença, relógios temporizadores e dispositivos crepusculares que permitem já assegurar uma melhor eficácia na utilização racional da energia.

Na Tabela 4.15. encontra-se discriminado por setor e respetiva secção a energia consumida para cada qualidade de iluminação.

Tabela 4.15. Levantamento efetuado ao sistema de iluminação ineficiente

Setor	Secção	Tipo de lâmpadas	Tipo de armadura	Dimensão (m)	Horas func. (h/ano)	Quantidade		Iluminação atual				Consumo (kWh)	
						Lâmpada	Luminária	Tecnologia	Tipo	Potência (W)	Balastro (W)	Secção	Setor
Ed. Admin.	Corredor	Projedor	-	-	2600	13	0	G24		18	12	1 014	1 248
	Hall	Projedor	-	-	2600	3	0	G24		18	12	234	
Oficinas	Mecânica	Armadura	2x	0,60	3744	2	0	Fluorescentes	T8	18	12	225	25 050
		Armadura	2x	1,20	3744	70	0	Fluorescentes	T8	36	10	12 056	
		Armadura	2x	1,50	3744	50	1	Fluorescentes	T5	35	0	6 552	
		Armadura	2x	1,50	2496	6	0	Fluorescentes	T5	35	0	524	
	Elétrica	Armadura	2x	1,20	2496	18	4	Fluorescentes	T5	28	35	2 044	
		Armadura	2x	1,50	2496	4	0	Fluorescentes	T5	35	0	349	
		Armadura	2x	1,50	2496	22	0	Fluorescentes	T5	35	0	1 922	
Hall	Armadura	2x	1,20	3744	8	0	Fluorescentes	T8	36	10	1 378		
Empacotamento	Amarelo de kg	Armadura	2x	1,20	2080	2	0	Fluorescentes	T5	28	0	116	12 147
		Armadura	1x	1,50	2080	1	0	Fluorescentes	T8	58	13	148	
		Projedor	-	-	2080	3	Incluído	HPL		400	33	2 702	
	Gabinetes	Armadura	2x	0,60	2080	20	0	Fluorescentes	T8	18	12	1 248	
	Elevador monta-cargas	Armadura	1x	0,60	480	2	0	Fluorescentes	T8	18	12	29	
	Saquetas manuais	Armadura	2x	1,20	2080	12	0	Fluorescentes	T5	28	0	699	
	Corredor do Amarelo	Projedor	-	-	2080	8	Incluído	HPL		400	33	7 205	

Tabela 4.15. Levantamento efetuado ao sistema de iluminação ineficiente (continuação)

Setor	Secção	Tipo de lâmpadas	Tipo de armadura	Dimensão (m)	Horas func. (h/ano)	Quantidades		Iluminação atual				Consumo (kWh)	
						Lâmpada	Luminária	Tecnologia	Tipo	Potência (W)	Balastro (W)	Secção	Setor
Refinaria	Gab. Da carbonatação	Armadura	2x	1,20	7488	2	0	Fluorescentes	T8	36	10	689	138 864
	Gab. dos RP	Armadura	-	0,60	7488	24	6	Fluorescentes	T8	18	12	5 391	
	Quadros elétricos	Armadura	1x	1,20	600	9	0	Fluorescentes	T8	36	10	248	
	Gab. da cogeração	Armadura	2x	1,50	7488	6	0	Fluorescentes	T8	58	13	3 190	
	Fábrica	Armadura	2x	1,50	7488	170	14	Fluorescentes	T5	35	0	44 554	
		Armadura	2x	1,20	7488	240	11	Fluorescentes	T8	36	10	82 668	
	Sala dos compressores	Armadura	2x	1,20	1560	8	0	Fluorescentes	T8	36	10	574	
		Armadura	2x	1,50	1560	14	0	Fluorescentes	T8	58	13	1 551	
Acessórios	Entrada	Armadura	2x	1,20	2496	2	0	Fluorescentes	T8	36	10	230	2 894
	Armazém	Armadura	1x	1,20	1040	45	0	Fluorescentes	T8	36	10	2 153	
		Armadura	1x	1,50	1040	2	0	Fluorescentes	T8	58	13	148	
		Armadura	2x	1,50	1040	10	0	Fluorescentes	T5	35	0	364	
Exterior	Coberto	Armadura	1x	1,20	3650	9	9	TLD	T8	36	10	1 511	44 223
	Oficina elétrica	Armadura	2x	1,20	3650	2	1	Fluorescentes	T8	36	10	336	
	Todo o perímetro	Projetor	-	-	3650	42	Incluído	HPL		250	26	42 331	
	Lavagem de camiões	Campânula	-	-	104	1	Incluído	HPL		400	33	45	

A iluminação representa uma parcela do consumo elétrico da empresa e, apesar de não ser um fator determinante, o seu valor é constante e elevado. O levantamento realizado permitiu contabilizar um consumo energético total das tecnologias ultrapassadas, que se traduz em 224 406 kWh /ano e numa fatura de cerca de 31 100 €. Destes, salienta-se os setores *Refinaria* e *Exterior* que representam 62% e 20% do consumo, respetivamente.

#### 4.3.3. Cenário implementado

A melhoria a adotar foi a substituição da iluminação para LEDs dadas as vantagens inerentes: baixo consumo de energia, longa durabilidade e baixos requisitos de manutenção. Pela consulta das várias auditorias já realizadas na empresa, constatou-se que o desempenho luminotécnico era o adequado, pelo que para este tipo de lâmpadas e de modo a assegurar o mesmo fluxo luminoso existente, a potência nominal escolhida foi substancialmente inferior, como se pode confirmar na tabela D1, no anexo D.

De mencionar que a empresa definiu anteriormente uma temperatura de cor a ser aplicada em todos os locais de 6000 K, tonalidade branco frio.

A Tabela 4.16. ilustra as características da solução proposta. Os dados referentes a cada LED, como é o caso da potência nominal, foram facultados pelo próprio fabricante e neste caso dizem respeito à empresa Filotipo.

Tabela 4.16. Consumo previsto com a implementação de iluminação LED

Setor	Secção	Tipo de lâmpadas	Tipo de armadura	Dimensão (m)	Horas func. (h/ano)	Quantidades		Iluminação prevista			Consumo (kWh)	
						Lâmpada	Luminária	Tecnologia	Tipo	Potência (W)	Secção	Setor
Ed. Admin.	Corredor	Projedor	-	-	2600	13	0	LED	G24	6	203	249,60
	Hall	Projedor	-	-	2600	3	0	LED	G24	6	47	
Oficinas	Mecânica	Armadura	2x	0,60	3744	2	0	LED	T8	10	75	11 945,86
		Armadura	2x	1,20	3744	70	0	LED	T8	18	4 717	
		Armadura	2x	1,50	3744	50	1	LED	T8	22	4 118	
		Armadura	2x	1,50	2496	6	0	LED	T5	21	314	
	Elétrica	Armadura	2x	1,20	2496	18	4	LED	T8	18	809	
		Armadura	2x	1,50	2496	4	0	LED	T8	22	220	
		Armadura	2x	1,50	2496	22	0	LED	T5	21	1 153	
	Hall	Armadura	2x	1,20	3744	8	0	LED	T8	18	539	
Empacotamento	Amarelo de kg	Armadura	2x	1,20	2080	2	0	LED	T8	18	75	4 427,52
		Armadura	1x	1,50	2080	1	0	LED	T8	22	46	
		Projedor	-	-	2080	3	Incluído	LED	UFO (High BAY)	150	936	
	Gabinetes	Armadura	2x	0,60	2080	20	0	LED	T8	10	416	
	Elevador monta-cargas	Armadura	1x	0,60	480	2	0	LED	T8	10	10	
	Saquetas manuais	Armadura	2x	1,20	2080	12	0	LED	T8	18	449	
	Corredor do Amarelo	Projedor	-	-	2080	8	Incluído	LED	UFO (High BAY)	150	2 496	

Tabela 4.16. Consumo previsto com a implementação de iluminação LED (continuação)

Setor	Secção	Tipo de lâmpadas	Tipo de armadura	Dimensão (m)	Horas func. (h/ano)	Quantidades		Iluminação prevista			Consumo (kWh)	
						Lâmpada	Luminária	Tecnologia	Tipo	Potência (W)	Secção	Setor
Refinaria	Gab. Da carbonatação	Armadura	2x	1,20	7488	2	0	LED	T8	18	270	64 030,99
	Gab. dos RP	Armadura	-	0,60	7488	24	6	Painel LED	-	36	1 617	
	Quadros elétricos	Armadura	1x	1,20	600	9	0	LED	T8	18	97	
	Gab. da cogeração	Armadura	2x	1,50	7488	6	0	LED	T8	22	988	
	Fábrica	Armadura	2x	1,50	7488	170	14	LED	T8	22	28 005	
		Armadura	2x	1,20	7488	240	11	LED	T8	18	32 348	
	Sala dos compressores	Armadura	2x	1,20	1560	8	0	LED	T8	18	225	
Armadura		2x	1,50	1560	14	0	LED	T8	22	480		
Acessórios	Entrada	Armadura	2x	1,20	2496	2	0	LED	T8	18	90	1 206,82
	Armazém	Armadura	1x	1,20	1040	45	0	LED	T8	18	842	
		Armadura	1x	1,50	1040	2	0	LED	T8	22	46	
		Armadura	2x	1,50	1040	10	0	LED	T8	22	229	
Exterior	Coberto	Armadura	1x	1,20	3650	9	9	LED	T8	18	591	8 617,10
	Oficina elétrica	Armadura	2x	1,20	3650	2	1	LED	T8	18	131	
	Todo o perímetro	Projetor	-	-	3650	42	Incluído	LED	-	50	7 665	
	Lavagem de camiões	Campânula	-	-	104	1	Incluído	LED	UFO (High BAY)	100	10	
	Portaria	Projetor	-	-	3650	3	Incluído	LED	-	20	219	

A substituição do sistema de iluminação nos diversos setores da empresa traduziu-se num novo consumo anual de aproximadamente 90 478 kWh, o que se manifestou numa economia energética global de 133 928 kWh (redução do consumo em 59,7 %). A nível contabilístico traduziu-se numa poupança de quase 18 562 € anuais, dado que a fatura se situará agora em cerca de 12 540 €.

Com a substituição da iluminação por outra energeticamente mais eficiente, optou-se por fazer certas alterações adicionais. Na *Refinaria*, na secção *Gabinete dos RP*, a iluminação era assegurada por 24 lâmpadas fluorescentes tubulares de 600 mm distribuídas por seis luminárias. Com a possibilidade de alteração, propôs-se a introdução de 24 lâmpadas *LED* de 10 W e a substituição do sistema por 6 painéis *LED* de 36 W. Uma vez que a primeira opção representava um consumo final de 1 800 kWh, a escolha recaiu sobre os painéis (10% mais económico).

Outra alteração prendeu-se com a instalação de três projetores de exterior na *Portaria*, que antes não existiam. Apesar de não se traduzir na implementação de uma ação que visa a eficiência energética, o seu acréscimo fez todo o sentido pois melhora a visibilidade para os condutores e pessoal de serviço, além de, indiretamente, contribuir para o aumento da segurança. As alterações, por sua vez, não se cingiram à substituição de lâmpadas, houve também o cuidado de substituir luminárias que já apresentavam sujidade e corrosão, o que significa que nem toda a luz transmitida conseguia atravessar a luminária.

É de realçar que, dado tratar-se de uma indústria alimentar, a escolha do material das luminárias foi tida em consideração, optando-se por acrílico em detrimento do vidro. Esta opção deve-se ao facto do vidro ao estilhaçar, quando quebra, poder misturar-se com o açúcar, enquanto o acrílico mantém-se unido, não estilhaçando em fragmentos de proporções diminutas.

Determinado uma vez o potencial de poupança, foi necessário verificar se o projeto se mostrava economicamente viável. Para tal, a consulta de propostas de orçamento foi feita a três empresas. Na Tabela 4.17. encontra-se um resumo do custo total do investimento a realizar de acordo com cada orçamento facultado, bem como um resumo do consumo energético e poupança prevista.

Tabela 4.17. Comparação global das propostas apresentadas

	Filotipo	Megaluz	Rexel
Consumo existente (kWh)	224 406	216 569	215 321
Consumo previsto (kWh)	90 478	94 052	86 032
Poupança (kWh)	133 928	122 516	129 288
Investimento (€)	9 416	13 379	23 593

É de referir que a empresa Filotipo foi a única que apresentou iluminação *LED* para todas as potências desejadas e respetivo orçamento. Para as demais, o consumo existente e previsto foi determinado apenas para os locais onde foi apresentada uma opção energeticamente mais eficiente. É possível consultar em apêndice D2. as tabelas de consumos energéticos representativos de cada empresa e de acordo com os seus orçamentos, discriminando os vários setores.

Uma vez que o investimento disponível para esta medida era de 15 000 €, a Rexel foi desconsiderada por ter apresentado um orçamento elevado e que apenas contemplava 91 % da iluminação pretendida. Por sua vez, a Filotipo e a Megaluz apresentaram um orçamento similar, mas enquanto o da Filotipo contemplava toda a iluminação pretendida, o da Megaluz não incluía a instalação do sistema de iluminação total nem as lâmpadas *LED* T5, o que significa que se o orçamento fosse completo excederia o orçamento disponível da RAR. A Filotipo apresentou também o custo de instalação por uma equipa subcontratada de 3 929 €.

Para avaliar a viabilidade do projeto, conhecendo o custo de cada lâmpada e luminária, determinou-se o período de recuperação. Na Tabela 4.18. encontra-se esta viabilidade discriminada por secção, para a empresa Filotipo. Em anexo D2, encontra-se a mesma análise discriminada para as restantes propostas recebidas.

A determinação do consumo de energia por tipo de lâmpada e respetiva luminária para cada setor é demonstrado no anexo D3., bem como a economia alcançada e período de retorno.

Tabela 4.18. Análise da viabilidade económica do projeto

Setor	Secção	Tipo de lâmpadas	Tipo de armadura	Dimensão (m)	Horas func. (h/ano)	Quantidade		Economia		Custo unit. (€)		Custo tot. €	PR anos
						Lâmpada	Luminária	kWh	€	Lâmpada	Armadura		
Ed. Adm.	Corredor	Projedor	-	-	2600	13	0	811	112,43	4,63		60,22	0,54
	Hall	Projedor	-	-	2600	3	0	187	25,95	4,63		13,90	0,54
Oficinas	Mecânica	Armadura	2x	0,60	3744	2	0	150	20,76	2,81		5,61	0,27
		Armadura	2x	1,20	3744	70	0	7 338	1 017,08	3,66		255,85	0,25
		Armadura	2x	1,50	3744	50	1	2 434	337,30	5,36	17,01	284,76	0,84
		Armadura	2x	1,50	2496	6	0	210	29,06	11,81		70,84	2,44
	Elétrica	Armadura	2x	1,20	2496	18	4	1 236	171,24	3,66	23,09	158,15	0,92
		Armadura	2x	1,50	2496	4	0	130	17,99	5,36		21,42	1,19
		Armadura	2x	1,50	2496	22	0	769	106,55	11,81		259,74	2,44
	Hall	Armadura	2x	1,20	3744	8	0	839	116,24	3,66		29,24	0,25
Empacotamento	Amarelo de kg	Armadura	2x	1,20	2080	2	0	42	5,77	3,66		7,31	1,27
		Armadura	1x	1,50	2080	1	0	102	14,13	5,36		5,36	0,38
		Projedor	-	-	2080	3	Incluído	1 766	244,76	195,76		587,27	2,40
	Gabinetes	Armadura	2x	0,60	2080	20	0	832	115,32	2,81		56,10	0,49
	Elevador monta-cargas	Armadura	1x	0,60	480	2	0	19	2,66	2,81		5,61	2,11
	Saquetas manuais	Armadura	2x	1,20	2080	12	0	250	34,59	3,66		43,86	1,27
	Corredor do Amarelo	Projedor	-	-	2080	8	Incluído	4 709	652,68	195,76		1566,04	2,40

Tabela 4.18. Análise da viabilidade económica do projeto (continuação)

Setor	Secção	Tipo de lâmpadas	Tipo de armadura	Dimensão (m)	Horas func. (h/ano)	Quantidade		Economia		Custo unit. (€)		Custo tot. €	PR anos
						Lâmpada	Luminária	kWh	€	Lâmpada	Armadura		
Refinaria	Gab. Da carbonatação	Armadura	2x	1,20	7488	2	0	419	58,12	3,66		7,31	0,13
	Gab. do RP	Armadura	-	0,60	7488	24	6	3 774	523,07	43,53		261,17	0,50
	Quadros elétricos	Armadura	1x	1,20	600	9	0	151	20,96	3,66		32,90	1,57
	Gab. da cogeração	Armadura	2x	1,50	7488	6	0	2 201	305,12	5,36		32,13	0,11
	Fábrica	Armadura	2x	1,50	7488	170	14	16 548	2 293,62	5,36	17,01	1148,49	0,50
		Armadura	2x	1,20	7488	240	11	50 319	6 974,26	3,66	23,09	1131,14	0,16
	Sala dos compressores	Armadura	2x	1,20	1560	8	0	349	48,43	3,66		29,24	0,60
		Armadura	2x	1,50	1560	14	0	1 070	148,32	5,36		74,97	0,51
Acessórios	Entrada	Armadura	2x	1,20	2496	2	0	140	19,37	3,66		7,31	0,38
	Armazém	Armadura	1x	1,20	1040	45	0	1 310	181,62	3,66	17,01	164,48	0,91
		Armadura	1x	1,50	1040	2	0	102	14,13	5,36		10,71	0,76
		Armadura	2x	1,50	1040	10	0	135	18,74	5,36		53,55	2,86
Exterior	Coberto	Armadura	1x	1,20	3650	9	9	920	127,48	3,66	15,90	176,00	1,38
	Oficina elétrica	Armadura	2x	1,20	3650	2	1	204	28,33	3,66	23,09	30,40	1,07
	Todo o perímetro	Projeto	-	-	3650	42	Incluído	34 646	4 801,91	59,33		2491,86	0,52
	Lavagem de camiões	Campânula	-	-	104	1	Incluído	35	4,80	207,32		207,32	43,19
	Portaria	Projeto	-	-	3650	3	Incluído	- 219,00	- 30,35	41,99		125,97	4,15
<b>Instalação</b>											3 929		
										Extras	Suportes	22,5	

Da análise da execução desta proposta verifica-se que a economia gerada por setor se encontra na ordem dos 70%, sendo que a maior poupança é ao nível da iluminação exterior, com uma redução de 90% de consumo energético. Relativamente ao período de recuperação do investimento a efetuar, assinala-se que este só não é rentável em duas situações: na aquisição da campânula para o setor *Lavagem de camiões* (as horas de utilização anuais são muito reduzidas) e na aquisição dos projetores para a *Portaria* (não é efetivamente uma medida de melhoria de eficiência energética), contudo e dado o orçamento disponível, estas foram igualmente adquiridas.

Na Tabela 4.19. encontra-se um resumo de todos os parâmetros avaliados que permitiram a tomada de decisão entre as várias empresas fornecedoras de equipamento.

Tabela 4.19. Comparação de critérios das diferentes propostas apresentadas para a aquisição de iluminação

	Filotipo	Megaluz	Rexel
Sistema de iluminação apreciado (%)	100	93	91
Consumo existente (kWh)	224 406	216 569	215 321
Consumo previsto (kWh)	90 478	94 052	86 032
Economia energética (kWh)	133 928	122 516	129 288
Economia (€)	18 562	16 980	17 919
Custo de investimento total (€)	13 368	13 456	23 593
PRI (meses)	9	10	16

O projeto recebeu o aval pela gestão da RAR, de acordo com o orçamento e o período de recuperação do investimento. A solução escolhida foi considerada atrativa e permitiu adquirir 752 lâmpadas *LED* tubulares, 46 armaduras, 6 painéis *LED*, 42 luminárias de rua e 15 projetores para teto elevado. A poupança global fixou-se nos 133 928 kWh e 18 562 €, com o valor do investimento a ser recuperado em 0,72 anos (9 meses). Do plano de investimentos da RAR, disponível para 2017, ainda remanesceu 1 632 €, que permitiu adquirir iluminação para *stock*.

A Figura 4.16. apresenta uma amostra da iluminação colocada nas oficinas e gabinetes.



Figura 4.16. Iluminação tubular LED e painéis LED

Na Figura 4.17. apresenta-se parte da iluminação LED exterior colocada.



Figura 4.17. Iluminação LED exterior

#### 4.4. Analisadores de energia

A aplicação de medidas é fruto da análise ao processo produtivo, com base nos consumos energéticos específicos e as tecnologias disponíveis e aplicáveis, tais como as descritas nos pontos anteriores de forma reduzir este consumo específico. A cadeia só está concluída depois de monitorizar as medidas aplicadas, sendo necessário confirmar o alcance das metas propostas.

#### 4.4.1. Relevância da monitorização

A monitorização é a resposta para manter o ciclo de consumo racional de energia dentro dos parâmetros pretendidos. Quantificar a energia que se consome é um dos princípios básicos para se conhecer o funcionamento da instalação, quanto mais baixo se for na cadeia de consumo, zona, área, grupo e equipamento, mais fácil é encontrar desvios ou determinar padrões de utilização de energia. Todo este processo requer instrumentação em linha, ligado a sistemas de controlo e de aquisição de dados, de forma a analisar e atuar. A monitorização é fundamental porque possibilita a fixação de metas e objetivos para a redução de consumos energéticos. [25]

#### 4.4.2. Recolha de dados e instrumentação de medida

Os sistemas de monitorização de energia, são utilizados para o acompanhamento da operação de um sistema ou instalação. Através de leitura, medição e registo periódico, em tempo real, de variáveis que se revelem pertinentes, são reunidos dados essenciais para a implementação de estratégias de otimização energética e apoio nas auditorias energéticas. Os valores medidos podem ser verificados a nível local, no contador ou num servidor central, usando uma rede de comunicação.

A recolha de dados do funcionamento da instalação foi executada a partir de um software fabricado pela APINEQ em colaboração com a RAR Açúcar. Trata-se de um software/hardware de aquisição de dados, que recebe a informação dos diversos softwares de controlo de processo e grava os dados permanentemente com intervalos ajustáveis à configuração. O acesso ao histórico pode ser feito através de gráfico, com a apresentação visual dos valores gravados ao longo do tempo de forma simples ou manipulado através de cálculos estatísticos que o software permite. Existe outra forma de obter os dados do processo através do recurso à folha de cálculo Excel da Microsoft<sup>®</sup>, através da instalação de um *Plug-in* para acesso aos dados, assim consegue-se facilmente manipular os dados, em função do tempo desejado, e obter cálculos dos rácios, dos tempos de funcionamento, somatórios e outras grandezas.

A monitorização dos consumos de energia e do estado dos sistemas elétricos na empresa é feita com recurso a um sistema de gestão de energia com a arquitetura semelhante à da Figura 4.18.

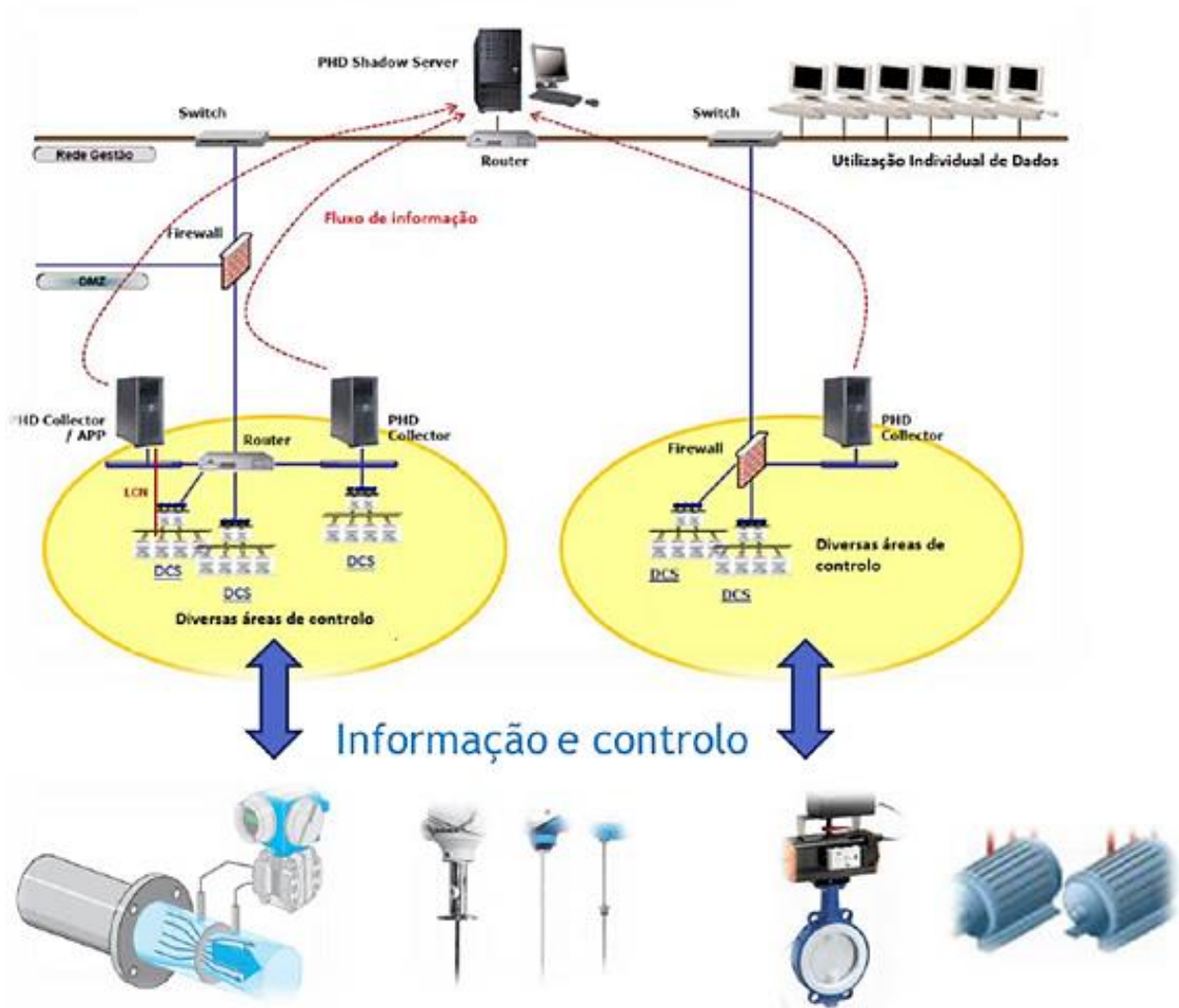


Figura 4.18. Esquema explicativo do fluxo de informação para o sistema de aquisição de dados

Os dados são recolhidos e posteriormente são analisados por um software de gestão de energia que permite:

- ✓ Programação remota de todos os equipamentos;
- ✓ Aquisição e monitorização em tempo real dos dados dos analisadores;
- ✓ Armazenamento em base de dados centralizada;
- ✓ Gestão de alarmes;
- ✓ Geração de relatórios pré-configurados e/ou criados à medida das necessidades;
- ✓ Construção de ecrãs personalizados.

O sistema de gestão de energia (SGE) da empresa assenta nas contagens individuais dos contadores de entradas das várias formas de energia e completado pela medição setorizada dos consumos de energia em todas as saídas de energia do quadro geral de baixa tensão (QGBT). Existe a contagem da energia para edifícios individualizada assim como de gás para os dois consumidores: cantina e balneários.

Os valores apurados são registados num sistema informático que guarda em DDC todas as saídas elétricas produzindo um relatório, que serve para a contabilização dos consumos de energia, determinação de consumos específicos e a obtenção de dados setoriais e desempenhos individualizados de máquinas e/ou setores que indiquem as razões para os desvios positivos ou negativos que possam surgir no consumo específico da refinaria.

#### 4.4.3. Identificação de locais de interesse

A instalação de analisadores de energia em quadros elétricos não traz uma poupança direta, possível de contabilizar. Contudo, permite identificar anormalidades de consumo energético precocemente, o que em equipamentos de elevado consumo pode mostrar-se proveitoso.

Apesar da instalação já possuir um sistema de gestão de energia constituído por 181 contadores de energia, 26 contadores de água, 9 contadores de gás, 7 de vapor e 5 de nafta, que permitem a verificação e acompanhamento dos consumos de energia e promoção da melhoria contínua, apurou-se a existência de monitorização centralizada em vários setores do empacotamento do açúcar. Tratando-se de uma zona essencialmente constituída por máquinas, a monitoração do consumo energético individual torna-se relevante e foi alvo de estudo económico.

Foram identificados 26 locais com interesse para aplicação, encontrando-se descrito na Tabela 4.20., o equipamento de interesse, a entidade do respetivo quadro elétrico e a sua potência.

Tabela 4.20. Identificação de locais prioritários a monitorizar

Equipamento	Quadro Elétrico	Potência (kW)
Embalar Bosch	QELE-0347	31
Embalar SIG	QELE-0186	30
Paletizadora Embalagens Papel	QELE-0215	18
Envolvedora Saquetas	QELE-0227	15
Paletizadora Sacos	QELE-0201	14
Envolvedora Plástico	QELE-0229	12
Agrupadora Bosch	QELE-0348	18
Agrupadora SIG	QELE-0187	18
½ box Papel	QELE-0310	10
Libra	QELE-0381	50
Enchimento Cisternas	QELE-0470	15
½ Box Plástico		18,5
Mesoma 1		10
Mesoma 2		10
Mesoma Pó	QELE-0161	15
Máquina Pó 250g		30
Agrupadora de Plástico		20
Amassadora	QELE-0269	40
Cristalizadores	QELE-0374	80
Abastecimento Água Quente centr. Ref.	QELE-0375	30
Dissolvedor	QELE-0270	25
Tacho 2		30
Tacho 3	QELE-0340	30
Tacho 4		30
Tacho 5	QELE-0295	30
Tacho 7		30

Evidentemente que a aquisição de 26 analisadores de energia seria impraticável dado o reduzido orçamento disponível para esta medida (5 000 €), mas a sua identificação permite que as mesmas zonas não sejam posteriormente esquecidas.

Para se conhecer a possível quantidade de analisadores a adquirir, recorreu-se a diversos fornecedores com o pedido de orçamento unitário, ou seja, o custo de aquisição de apenas um analisador de energia de encastrar na porta do quadro elétrico, com tipo de rede *ethernet*, sendo que os orçamentos cedidos por empresas fornecedoras podem ser consultados na Tabela 4.21.

Tabela 4.21. Comparação de orçamentos para analisadores de energia

Custo unitário (€)	APINEQ	Rxel	Filotipo	INOVASENSE
Analisador de Energia	465	512,85	535,84	599

A empresa escolhida para fornecer o equipamento em estudo foi a APINEQ, não apenas pelo facto de se ter mostrado como a mais competitiva no preço, mas porque todo o sistema de gestão e monitorização ter sido produzido pela APINEQ, o que não exige um adicional sistema de controlo e respetivo custo.

Este orçamento permite adquirir 10 analisadores de energia de embutir.

A zona escolhida para se iniciar a colocação de analisadores por equipamento foi a do empacotamento de plástico, cujo respetivo quadro elétrico, QELE-0161, é responsável por fornecer energia aos seis equipamentos considerados anteriormente na Tabela 4.21.

A inexistência de rede de comunicações nessa sala levou a que a empresa fornecedora propusesse a instalação de um *switch*, previamente preparado para interligar o sistema geral a outros subsistemas. Este é igual ao existente numa sala próxima e, por isso, ambos foram ligados por 100 a 120 metros de fibra ótica. Esta instalação de rede e parametrização apresentou um preço global de 3 900 € e fez com que a aquisição de analisadores de energia ficasse reduzida a apenas 2. É certo que se fica com a vantagem de num futuro investimento, a rede de comunicação já se encontrar instalada e só ser necessária a aquisição dos restantes analisadores.

#### 4.5. Resultados da implementação das medidas de eficiência energética

A implementação de medidas que visem a eficiência energética a partir deste projeto correspondeu a um investimento de 60 092 € por parte da empresa.

Considerando apenas o consumo de energia elétrica referente ao ano 2015, 9,9 GWh, que se traduz em 2 130 tep, é possível perceber que as medidas implementadas vão ter uma influência significativa na redução do consumo específico da empresa. A Tabela 4.22. apresenta um resumo de todas as reduções previstas, com a implementação das medidas supracitadas, energéticas, ambientais e económicas. Apresenta-se, igualmente, o impacto na economia do consumo anual de energia elétrica.

Tabela 4.22. Resumo dos estudos da viabilidade de aplicação de medidas para o aumento da eficiência energética

Equipamento	Medida associada	Redução energética kWh/ano	Redução energética tep/ano	Redução GEE tCO <sub>2</sub> /ano	Impacto	Poupança anual €/ano	PRI Anos
Motores de alta eficiência	Substituição	135 668	29	63,8	1,6%	18 804	1,2
VEVs	Aplicação	166 404	36	78,2	2,0%	23 064	0,55
Iluminação LED	Colocação	133 928	29	62,9	1,6%	18 562	0,72
Analisadores de energia	Implementação e controlo	-	-	-	-	-	-

Em suma, as ações resultantes deste exame conduziram a uma redução de 5,2% no consumo anual de energia elétrica. A aplicação de VEVs mostra-se benéfica em sistemas de controlo de níveis e caudais, tendo como única desvantagem o atual custo de aquisição e, principalmente, o custo da sua montagem.

Os analisadores não apresentam uma poupança direta já que a sua função é a deteção de consumos anormais em diversos equipamentos, que tanto podem estar a funcionar com alguma anomalia e apresentar um consumo fora do normal, como podem não detetar nada de relevante.

A totalidade das ações realizadas conduziram a uma redução energética anual de 436 MWh, 98 tep, 205 tCO<sub>2</sub>e e 60 430 €.

#### 4.6. Fundo de Eficiência Energética

O Fundo de Eficiência Energética, através do Decreto-Lei n.º 50/2010, constitui um instrumento financeiro capaz de financiar os programas e medidas previstas no PNAEE em todas as suas linhas de atuação.

A atividade do FEE encontra-se ainda alinhada com a política de desenvolvimento económico, social e territorial “Portugal 2020” a promover entre 2014 e 2020, com o apoio dos Fundos Europeus Estruturais e de Investimento e de acordo com as metas nacionais estabelecidas, no sentido de melhorar a eficiência energética do país.

O Fundo tem como objetivo suportar os programas e medidas previstas no PNAEE, constantes do anexo à RCM n.º 80/2008, de 20 de maio, nomeadamente:

- ✓ Apoio a projetos de cariz predominantemente tecnológico nas áreas dos transportes, residencial e serviços, indústria e sector público;
- ✓ Apoio a ações de cariz transversal indutoras da eficiência energética nas áreas dos comportamentos, fiscalidade e incentivos e financiamentos.

Há a possibilidade de apoiar projetos não previstos no PNAEE, mas que comprovadamente contribuam para a eficiência energética.

Encontra-se elegível para aprovação de candidatura qualquer instalação que obedeça às seguintes condições:

- ✓ Possua projetos que conduzam ao aumento da eficiência energética por via da implementação de medidas tangíveis de eficiência energética;
- ✓ Realize investimentos que visem promover a melhoria do desempenho energético das instalações, através da substituição de equipamentos existentes por outros mais eficientes, da

implementação de dispositivos de controlo e atuação que permitam otimizar as condições de uso e consumo de energia e/ou da reformulação e integração de processos;

- ✓ Detenha despesas incorridas com o fornecimento e montagem de equipamentos que permitam uma otimização efetiva do desempenho energético, incluindo todos os acessórios necessários à sua correta instalação e funcionamento;
- ✓ Os projetos apresentem um período de retorno simples inferior a 7 anos (84 meses).

#### 4.6.1. Submissão de candidatura

A formalização de candidaturas ao fundo de eficiência energética requereu documentação de suporte específica, nomeadamente:

- ✓ Preenchimento do Formulário de Candidatura Online referente ao correspondente Aviso FEE, disponível no portal eletrónico do FEE (que pode ser consultado em apêndice F1);
- ✓ Quando aplicável, faturas ou outros registos de fornecimento relativos a todos os vetores energéticos (eletricidade, gás natural, entre outras) em causa, respeitantes ao período de referência – ano 2015;
- ✓ Estabelecer e descrever sucintamente um cenário de referência, que caracterize energeticamente o edifício ou infraestrutura/equipamento na qual se pretende intervir, devendo esta descrição incluir, sempre que aplicável, a discriminação e análise de variáveis independentes que possam influenciar os respetivos consumos energéticos;
- ✓ Proposta(s) de orçamento apresentada(s) ao beneficiário, no âmbito da candidatura, com discriminação das despesas elegíveis;
- ✓ Fundamentar tecnicamente a relevância e/ou inovação da medida apresentada, caracterizando detalhadamente o seu processo de implementação, bem como as consequentes estimativas de poupança energética, em custos e consumos evitados.

As medidas anteriormente apresentadas neste estudo foram alvo de candidatura ao FEE, excluindo os analisadores de energia que não permitiam a contabilização da poupança energética tangível com a sua implementação.

Das três candidaturas apresentadas – motores elétricos, variadores eletrónicos de velocidade e sistema de iluminação, foram apresentados documentos de realce dos cenários de referência existentes para cada caso, a relevância e inovação e a estimativa de poupança atingida, podem ser consultados em anexo F2 e F3, respetivamente.

Como já referido, a RAR possuía um montante de investimento disponível para cada medida condutora de aumento da eficiência energética, valor esse a respeitar. Neste contexto, na data limite de submissão das candidaturas, nem todos os fabricantes consultados tinham já apresentado as suas propostas, o que conduziu a que a quantidade de equipamentos a adquirir para cada medida fosse influenciada pelos orçamentos recebidos até ao momento; dado o volume de equipamentos a adquirir, bem como o interesse das empresas fornecedoras em vender, foi possível para um mesmo

orçamento disponível adquirir mais equipamentos. A relevância destes acontecimentos prende-se com o facto de nem todos os equipamentos adquiridos estarem presentes nas candidaturas efetuadas, ou seja, a aprovação das candidaturas não irá cobrir todos os equipamentos comprados.

Na candidatura referente aos motores elétricos, para um investimento por parte da empresa de 20 000 €, o orçamento cedido pelos fabricantes só permitia a aquisição de 14 motores, sendo essa a quantidade apresentada. No entanto no final deste projeto, os mesmos 20 000 € permitiram a aquisição de 23 motores a um outro fabricante e sucedeu-se o mesmo com a iluminação e os VEVs. Na candidatura referem-se 676 sistemas luminosos e 6 variadores, mas no final do projeto adquiriram-se 861 lâmpadas e luminárias e 10 VEVs.

Por fim, na candidatura, menciona-se 352 256 kWh e 48 823 € poupados anualmente, que corresponde a 81% do que foi conseguido no projeto final. A aprovação das candidaturas cobrirá até 30% do valor total investido.



## Capítulo 5

### *Conclusões Finais*

---

Na primeira etapa deste trabalho foi necessário escolher os equipamentos dignos de avaliação energética, sendo que a escolha recaiu nos motores elétricos com elevado número de horas de funcionamento e cuja vida útil fosse, preferencialmente, superior a 14 anos. Adicionalmente, a necessidade de introduzir VEVs para diminuir o consumo de energia elétrica obrigou a escolher os locais onde é necessário o controlo de caudais e níveis de depósito. Foi, também, realizado um levantamento das necessidades luminotécnicas da empresa, tendo sido analisado a relação entre a energia consumida com determinados equipamentos e o retorno obtido. Por último, procurou-se encontrar os locais da instalação que possuíam análise de consumo de energia centralizada de modo a estudar a colocação de analisadores de energia em quadros elétricos.

O período de amortização e a viabilidade económica de várias propostas requeridas permitiu a decisão de aquisição de 37 motores de classe IE3 para substituição, 10 VEVs, 861 sistemas de iluminação que incluem lâmpadas LED, luminárias, campânulas, projetores de teto e exteriores e 2 analisadores de energia, que correspondeu a um investimento total de 60 092 €, repartido em 49, 21, 22 e 8%, respetivamente.

A recuperação média do investimento efetuado situou-se nos 11 meses, sendo os VEV a medida de eficiência energética mais vantajosa em termos de período de recuperação, com tempo médio de 7 meses, seguidos da iluminação *LED* e por último os motores elétricos, com 9 e 14 meses, respetivamente. Os analisadores de energia apesar de não permitirem a determinação do período de recuperação do investimento realizado, são essenciais para deteção de anomalias em máquinas com elevado consumo de energia elétrica, conduzindo a uma poupança energética indireta.

As economias anuais a obter com a substituição dos motores elétricos, o acréscimo de VEVs e a instalação de LEDs são de 135 668, 166 404 e 133 928 kWh, respetivamente, o que perfaz o valor de 436 000 kWh, o equivalente a 60 430 € poupados anualmente. Em termos percentuais, as economias obtidas corresponderam a 31, 38 e 31% do valor global, respetivamente.

A economia energética global obtida corresponde a 98 tep/ano e 205 tCO<sub>2</sub>e/ano. Considerando que o consumo anual de energia elétrica da empresa se situa em torno dos 9,6 GWh, as alterações efetuadas permitirão reduzir este consumo em 5%.

Em termos de consumo específico de EE da empresa, que no ano 2015 apresentou um valor de 21,3 kgep/t, a economia energética resultante deste projeto permitiu reduzir o valor em 4,4%, para 20,3 kgep/t.

Este projeto teve, ainda, como objetivos a candidatura ao Fundo de Eficiência Energética e ao Prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente.

Relativamente ao FEE foram apresentadas as medidas estudadas e implementadas, com ênfase na relevância da demonstração das poupanças alcançadas, cujo objetivo era recuperar 30% do investimento realizado.

Foram alvo de candidatura 14 motores elétricos de alto rendimento, 676 sistemas luminosos e 6 variadores eletrónicos de velocidade, o correspondente a 38, 79 e 60% da totalidade de equipamentos adquiridos no final do projeto, respetivamente. Os equipamentos considerados correspondem a 352 256 kWh e 48 823 € poupados anualmente, o correspondente a 81% do que foi conseguido no projeto final.

No Prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente, a candidatura concentrou-se numa demonstração do historial energético da empresa, cujo interesse em reduzir o consumo específico é diário, realçando a aplicação de diversas medidas de eficiência energética ao longo das últimas duas décadas resultantes de auditorias energéticas e planos de investimento anuais. Sendo a RAR uma empresa consumidora intensiva de energia, a candidatura inseriu-se na categoria A1. Os resultados comprovados com as diferentes medidas adotadas permitiram obter uma relação benefício/custo de 1,22.

A candidatura da empresa foi selecionada para apresentação ao Júri pela Comissão de Análise de Pré-seleção encontrando-se nos 10 primeiros lugares, num universo de 267 candidaturas.

## Referências Bibliográficas

---

- [1] Eurostat, 2015. *Final energy consumption by sector*. Disponível em: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tsdpc320> (Acedido em março de 2017)
- [2] DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia, 2017. *Energia em Portugal – 2015*. Portugal. Disponível em: <http://www.dgeg.gov.pt/> (Versão PDF do documento descarregada em março de 2017)
- [3] eds.Norte – Energia e Desenvolvimento Sustentável na Região Norte, 2006. *Eficiência Energética no Sector Empresarial*.
- [4] European Environment Agency, 2005. *EEA core set of indicators: Guide*. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities. ISSN 1725-2237.
- [5] OECD, 2008. *OECD Key Environmental Indicators 2008*. Paris: OECD Publications. Disponível em: <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/37551205.pdf> (Versão PDF do documento descarregada em março de 2017)
- [6] Ciscar, J. C., Russ, P., Parousos, L. & Stroblos, N. 2004. *Vulnerability of the EU Economy to Oil Shocks: a General Equilibrium Analysis with the GEM-E3 Model*. Joint Research Center, European Commission.
- [7] Diretiva n.º 2006/32/CE, 5 de abril de 2006. *Eficiência na utilização final de energia e serviços energéticos*. Parlamento Europeu e do Conselho. Jornal Oficial da União Europeia.
- [8] Diretiva n.º 2012/27/UE, de 25 de outubro de 2012. *Eficiência energética*. Parlamento Europeu e do Conselho. Jornal Oficial da União Europeia.
- [9] Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 20 de maio de 2008. Diário da República nº 97 - 1ª Série. Portugal.
- [10] PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética 2016. 2013. Diário da República nº70 - 1ª série. Portugal.
- [11] Decreto-Lei nº 71/2008, 15 de abril de 2008. Diário da República nº 74 - 1ª Série. Ministério da economia e da inovação. Portugal.

[12] GALP Energia. *Diagnóstico: Avaliação energética*. Soluções de Energia powered by galp energia. Disponível em:

<http://www.galpenergia.com/PT/ProdutosServicos/Servicos/Solucoesdeenergia/Paginas/Diagnostico.aspx> Acedido em abril de 2017.

[13] Despacho nº17449/2008 de 27 de junho de 2008. *Auditoria Energética e Plano de Racionalização de Consumo de Energia*. Direcção-Geral de Energia e Geologia. Portugal.

[14] Madeira, A. & Melo, J., 2003. *Caracterização do Potencial de conservação de energia eléctrica em Portugal*. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

[15] MACROTEC, Gabinete de Engenharia. A importância de gerir o consumo de energia. Disponível em: <http://www.macrotec.pt/a-importancia-de-gerir-o-consumo-de-energia> Acedido em junho de 2017.

[16] Freitas, Luiz., 2016. *Máquinas Elétricas*. Londrina. Editora e Distribuidora Educacional S.A. ISBN 978-85-8482-676-6

[17] ABB, 2014. *Technical note: IEC 60034-30-1 standard on efficiency classes for low voltage AC motors*. Disponível em:

[https://library.e.abb.com/public/1018a82e36b29462c1257d41002b3470/TM025%20EN%2008-2014%20IEC60034-30-1\\_lowres.pdf](https://library.e.abb.com/public/1018a82e36b29462c1257d41002b3470/TM025%20EN%2008-2014%20IEC60034-30-1_lowres.pdf) (Versão PDF do document descarregada em maio de 2017)

[18] Nadel, S., Shepard, M., Greenburg, S., Katz, G. & Almeida, A. 1992. *Energy-Efficient Motor Systems: a Handbook on Technology, Program, and Policy Opportunities*.

[19] Europump, Hydraulic Institute. *Variable speed pumping, a guide to successful applications*. U.S. department of energy.

[20] EDP. *Soluções de Eficiência PME: Variadores eléctricos de velocidade*. Disponível em:

[https://energia.edp.pt/pdf/pme/VariadoresEletronicosVelocidade\\_EDP\\_PME.pdf](https://energia.edp.pt/pdf/pme/VariadoresEletronicosVelocidade_EDP_PME.pdf) (Versão PDF do document descarregada em maio de 2017)

[21] Almeida, A., Ferreira, F. & Fong, J. 2011. *Considerações Técnico-Económicas sobre Variadores Electrónicos de Velocidade*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

[22] Costa, C., 2011. *Aplicações eficientes com motores eléctricos de elevado rendimento*. Colégio de Engenharia Geológica e de Minas. Disponível em:

[http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier\\_artigo/aplcacoeseficientesmotoreselectricoselevadorendimento\\_carlosribeirocosta15755722424da5b0a886962.pdf](http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/aplcacoeseficientesmotoreselectricoselevadorendimento_carlosribeirocosta15755722424da5b0a886962.pdf) (Acedido em junho de 2017)

[23] Ferreira, F., Fong, J. & Almeida, A. 2011. *Ecoanalysis on VSD for flow regulation in pumping systems*. ISSN 1557-9948.

[24] Prachyl, S., 2010. *Variable Frequency Drives and energy savings*. Siemens. Disponível em: [https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/electric-drives/ac-drives/Documents/DRV-WP-VFD\\_Energy\\_Savings.pdf](https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/electric-drives/ac-drives/Documents/DRV-WP-VFD_Energy_Savings.pdf) (Acedido em março de 2017)

[25] Gaspar, C.. 2004. *Eficiência energética na indústria*. ADENE - Agência para a energia. Disponível em: <http://horacio.no.sapo.pt/Eficiencia%20Energetica%20na%20Industria%20ADENE.pdf> (Acedido em abril de 2017)

[26] Tipos de lâmpadas, 2004-2005. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2589303/mod\\_resource/content/1/Fontes\\_Lumin%20%2081%29.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2589303/mod_resource/content/1/Fontes_Lumin%20%2081%29.pdf) (Acedido em abril de 2017)

[27] E Civil, 2011. *Como funcionam lâmpadas e reatores*. Disponível em: [http://www.ecivilnet.com/artigos/lampadas\\_e\\_reatores.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/lampadas_e_reatores.htm) (Acedido em abril de 2017)

[28] *Tipos e características de lâmpadas: Sistemas de iluminação*. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/cerejn/tipos-e-caracteristicasdelampadas> (Acedido em abril de 2017)

[29] Energias Renováveis, 2014. *Guia de compra de lâmpadas*. Disponível em: <http://www.xn--energiasrenovveis-jpb.com/etiqueta/lampadas-fluorescentes-tubulares/> (Acedido em julho de 2017)

[30] Despacho nº17313/2008 de 27 de Junho de 2008. *Poderes Caloríficos Inferiores e Factores de Emissão para Combustíveis*. Direcção-Geral de Energia e Geologia. Portugal.

[31] Indusmelec, 2015. *Variação de Velocidade*. Disponível em: [www.indusmelec.pt](http://www.indusmelec.pt) (Acedido em março de 2017)

[32] Entre. *Tabela de equivalências*. Disponível em: <http://www.led.entre.com.pt/chart-equivalence> (Acedido em março de 2017)



## Anexos

### Anexo A. Avaliação do consumo energético

#### A1. Caracterização do consumo de energia

Para contabilizar a energia consumida para produzir determinada quantidade de açúcar, foi necessário recolher dados relativos à produção no ano de referência, 2015, que se encontram resumidos na Tabela A1.

Tabela A1. Produção mensal de açúcar branco equivalente no ano 2015

	Produção de açúcar branco equivalente (t)
Janeiro	5 812,12
Fevereiro	9 325,87
Março	9 371,56
Abril	8 449,49
Maiο	7 996,01
Junho	4 604,89
Julho	9 557,60
Agosto	8 362,59
Setembro	8 881,66
Outubro	9 578,72
Novembro	10 371,12
Dezembro	7 928,60
Total	100 240

Na Tabela A2 encontram-se os registos das faturas mensais de cada tipo de energia.

Tabela A2. Consumo mensal de cada forma de energia

Vetor Energético	Eletricidade	Vapor	Gás Natural	Gasóleo	Gasolina
Unidade	KWh	t	m <sup>3</sup>	L	L
Janeiro	664 516	10 374	2 611	6 849	473
Fevereiro	775 675	13 876	2 371	4 721	331
Março	815 833	15 571	1 883	5 602	543
Abril	760 898	13 749	1 666	3 688	496
Maio	736 690	13 005	1 381	2 326	544
Junho	555 945	7 882	1 327	4 316	408
Julho	930 684	15 135	1 409	3 772	447
Agosto	807 059	13 203	1 203	5 905	120
Setembro	897 000	15 032	1 097	2 761	421
Outubro	891 181	15 143	1 185	5 341	382
Novembro	978 800	17 573	1 503	7 068	427
Dezembro	816 673	13 616	2 109	2 325	426
<b>TOTAL</b>	<b>9 630 951</b>	<b>164 160</b>	<b>19 744</b>	<b>54 674</b>	<b>5 016</b>

Para apresentação dos consumos foi necessário recorrer a vários fatores de conversão para determinar os equivalentes em tep e as emissões gasosas das várias formas de energia.

Estes fatores de conversão estão de acordo com o previsto no Despacho nº 17313/2008 do Ministério da Economia e da Inovação e podem ser consultados na Tabela A3. [30]

Tabela A3. Fatores de conversão utilizados

Forma de energia	Emissões gasosas	Tep
Vapor	74,8 kgCO <sub>2</sub> e/GJ	0,07421 tep/t
Gasóleo	3 098,2 kgCO <sub>2</sub> e/tep	0,85337 tep/m <sup>3</sup>
Gasolina	2897,3 kgCO <sub>2</sub> e/tep	0,930125 tep/t
Gás natural	2683,7 kgCO <sub>2</sub> e/tep	1,077 tep/t
Eletricidade	0,47 kgCO <sub>2</sub> e/kWh	0,000215 tep/kWh

### Conversão das formas de energia para tep:

Para o vapor os índices de calculo são:

- ✓  $\eta$  da caldeira= 87,1 (de acordo com a auditoria efetuada).
- ✓  $H_{\text{vapor}} = 2706,3 \text{ kJ/kg}$

$$\text{Vapor (tep/t)} = \frac{\text{Entalpia específica do vapor } \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)}{\eta \times 41\,868}$$

Sendo que o valor 41 868 corresponde à conversão termodinâmica de tep em MJ utilizada pela Agência Internacional de Energia ( 1 tep = 41 868 MJ)

$$\text{Vapor (tep)} = \text{Vapor} \left( \frac{\text{tep}}{\text{t}} \right) \times \text{produção de vapor (t)}$$

$$\text{Gasóleo (tep)} = 0,85337 \left( \frac{\text{tep}}{\text{m}^3} \right) \times \text{consumo de gasóleo (m}^3\text{)}$$

$$\text{Gasolina} = 0,930125 \left( \frac{\text{tep}}{\text{t}} \right) \times \text{consumo de gasolina (t)}$$

$$\text{Gás natural} = \text{Consumo de GN (m}^3\text{)} \times \text{massa volúmica} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times \frac{1}{1000} \left( \frac{\text{t}}{\text{kg}} \right) \times 1,077 \left( \frac{\text{tep}}{\text{t}} \right)$$

$$\text{Massa volúmica de GN} = 0,8141 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Eletricidade} = 0,000215 \left( \frac{\text{tep}}{\text{kWh}} \right) \times \text{energia consumida (kWh)}$$

#### Determinação das emissões de gases de efeito de estufa:

$$\text{Vapor (kgCO}_2\text{e)} = \text{Entalpia específica do vapor} \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \times \frac{1}{1\,000\,000} \left( \frac{\text{GJ}}{\text{kJ}} \right) \times \frac{1\,000}{1} \left( \frac{\text{kg}}{\text{t}} \right) \times 74,8 \left( \frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{\text{GJ}} \right)$$

$$\text{Gasóleo (kgCO}_2\text{e)} = 3\,098,2 \left( \frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{\text{tep}} \right) \times \text{consumo de gasóleo (tep)}$$

$$\text{Gasolina} = 2\,897,3 \left( \frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{\text{tep}} \right) \times \text{consumo de gasolina (tep)}$$

$$\text{Gás natural} = 2\,683,7 \left( \frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{\text{tep}} \right) \times \text{consumo de gás natural (tep)}$$

$$\text{Eletricidade} = 0,47 \left( \frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{\text{kWh}} \right) \times \text{energia consumida (kWh)}$$

#### A2. Indicadores energéticos

Segundo o Decreto-Lei nº 71/2008, D.R. nº 74, I Série de 15 de abril calculou-se o Consumo Específico de Energia, a Intensidade Energética a Intensidade Carbónica, apresentados no capítulo 4, ponto 4.1.

$$\text{CEE} = \frac{\text{Consumo Total de Energia} \times 1000 \text{ (kgep)}}{\text{Produção (tonelada)}} \leftrightarrow \text{CEE} = \frac{14\,320 \cdot 1000}{100\,240}$$

$$\leftrightarrow \text{CEE} = 143 \text{ kgep/t}$$

O CEE é utilizado ao nível microeconómico das empresas e é essencialmente uma função da produção. Do ponto de vista da utilização racional de energia pretende-se a redução deste indicador através da eficiência energética.

De acordo com o Decreto-Lei nº 71/2008, Intensidade Energética é definida pelo rácio entre o consumo total de energia (considerando apenas 50 % da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o valor acrescentado bruto (VAB) das atividades empresariais diretamente ligadas a essas instalações industriais.

$$IE = \frac{\text{consumo Total de Energia x 1000 (kgep)}}{\text{VAB (€)}} \leftrightarrow IE = \frac{14\,320 \cdot 1000}{3\,532\,385}$$

$$\leftrightarrow IE = 4,05 \text{ kgep/€}$$

O valor acrescentado bruto é definido por:

VAB = Vendas + Prestações de serviços + Proveitos suplementares + Trabalhos para a própria empresa  
— Custo das mercadorias vendidas e das matérias consumidas — Fornecimentos e serviços externos  
— Outros custos e perdas operacionais

A Intensidade Carbónica é definida como sendo a medida entre o quociente do valor das emissões de gases de efeito de estufa resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo e o respetivo consumo total de energia.

$$IC = \frac{\text{Emissões GEE (kgCO}_2\text{e)}}{\text{Consumo Total de Energia x 1000 (kgep)}} \leftrightarrow IC = \frac{37\,958\,852}{14\,320 \cdot 1000}$$

$$\leftrightarrow IC = 2,65 \text{ kgCO}_2\text{e/kgep}$$

## Anexo B. Motores Elétricos

No atual anexo serão expostas informações complementares ao capítulo 4.1.1. Motores Elétricos e exemplos de cálculo que permitiram essa mesma obtenção.

### B1. Motores elétricos em atividade na instalação

Os motores elétricos são equipamentos responsáveis pela maior parte do consumo de energia elétrica nas indústrias, tornando-se interessante conhecer a quantidade existente na instalação em estudo e as respectivas potências, que podem ser conhecidas na Tabela B1.

Tabela B1. Discriminação das diversas potências e quantidades de motores elétricos existentes atualmente, bem como a % de potências que possuem variação

Potência do motor (kW)	Quantidade	Motores com VEV (%)
0,074	4	-
0,18	46	-
0,25	17	12
0,37	155	38
0,55	72	27
0,75	59	100
1,1	69	7
1,5	48	81
2,2	58	11
3	68	25
4	49	29
5,5	79	3
7,5	53	26
10	18	11
15	28	25
18,5	8	63
22	12	42
30	8	-
37	26	69
55	16	75
75	3	100
90	4	-
120	3	100
152	6	100

## B2. Caracterização aprofundada dos motores elétricos consultados

Tabela B2. Identificação dos motores elétricos escolhidos para análise técnica

Tabela B2. Identificação dos motores elétricos escolhidos para análise técnica (continuação)

## B3. Consumo energético e rendimento associado a cada fabricante de motores IE3

Tabela B3. Rendimento energético dos motores de classe IE3 propostos pelas diferentes empresas e respetivos consumos

Motor existente					Motor IE3 ( $\eta$ )					Motor IE3 - Consumo (kWh)				
Número	Func./ano (h)	$\eta$	Produção (kWh)	Carga %	WEG	APINEQ	SEW	HARKER SOLUTIONS	JUNCOR	WEG	APINEQ	SEW	HARKER SOLUTIONS	JUNCOR
1	3148	82	5 679	100	87	86,7	86,7	87,1	86,7	6 528	6550	6550	6520	6550
2	3148	82	5 679	100	87	86,7	86,7	87,1	86,7	6 528	6550	6550	6520	6550
3	3148	80	5 540	100	87	86,7	86,7	87,1	86,7	6 368	6390	6390	6361	6390
4	3148	80	5 540	100	87	86,7	86,7	87,1	86,7	6 368	6390	6390	6361	6390
5	2458	82	15 923	45	92,1	92,1	92,0	92,1	92,1	17 289	17289	17308	17289	17289
6	4479	82	29 015	45	92,1	92,1	92,0	92,1	92,1	31 504	31504	31538	31504	31504
7	3148	85	50 573	86	93,2	93,0	93,0	93,2	93,0	54 262	54379	54379	54262	54379
8	1934	86	30 604	84	93,2	93,0	93,0	93,2	93,0	32 836	32907	32907	32836	32907
9	1934	86	30 604	84	93,2	93,0	93,0	93,2	93,0	32 836	32907	32907	32836	32907
10	3148	85	80 274	81	94,1	93,9	93,9	94,2	93,9	85 307	85489	85489	85217	85489
11	3148	85	80 274	81	94,1	93,9	93,9	94,2	93,9	85 307	85489	85489	85217	85489
12	6296	85	107 567	55	92,6	94,2	92,8	93,9	94,2	116 163	114190	115913	114555	114190
13	3148	87	107 907	71	94,7	95,1	94,8	94,9	95,1	113 946	113467	113826	113706	113467
14	3148	87	107 907	71	94,7	95,1	94,8	94,9	95,1	113 946	113467	113826	113706	113467

Tabela B3. Rendimento energético dos motores de classe IE3 propostos pelas diferentes empresas e respetivos consumos

Motor existente					Motor IE3 ( $\eta$ )					Motor IE3 - Consumo (kWh)				
Número	Func/ano (h)	$\eta$	Produção (kWh)	Carga %	WEG	APINEQ	SEW	HARKER SOLUTIONS	JUNCOR	WEG	APINEQ	SEW	HARKER SOLUTIONS	JUNCOR
1	3148	82	2 581	45	88	88,7	87,6	89,77	88,7	5 280	5238	5304	5176	5238
2	3148	82	2 581	45	88	88,7	87,6	89,77	88,7	5 280	5238	5304	5176	5238
3	3148	83	2 613	75	88,4	89,1	88,5	89,72	89,1	9 458	9384	9448	9610	9384
4	3148	83	2 613	75	88,4	89,1	88,5	89,72	89,1	9 458	9384	9448	9610	9384
5	825	82	677	45	90,9	91,2	91,3	92,77	91,2	5 879	5860	5854	5761	5860
6	6296	85	5 352	60	92,3	92,3	-	93,1	92,3	48 927	48927	-	48507	48927
7	6296	85	5 352	72	94,1	93,9	-	94,2	93,9	151 858	152181	-	151697	152181
8	3148	87	2 739	71	94,7	95,1	94,8	94,9	95,1	113 946	113467	113826	113706	113467
9	3148	87	2 739	71	94,7	95,1	94,8	94,9	95,1	113 946	113467	113826	113706	113467

## B4. Consumo energético e rendimento associado a cada fabricante de motores IE4

Tabela B4. Rendimento energético dos motores de classe IE4 propostos pelas diferentes empresas e respetivos consumos

Motor existente					Motor IE4 ( $\eta$ )					Motor IE4 - Consumo (kWh)				
Número	Func/ano (h)	$\eta$	Produção (kWh)	Carga %	WEG	APINEQ	SEW	HS	JUNCOR	WEG	APINEQ	SEW	HS	JUNCOR
1	3148	82	5 679	100	-	89,5	-	-	89,5	-	6345	-	-	6345
2	3148	82	5 679	100	-	89,5	-	-	89,5	-	6345	-	-	6345
3	3148	80	5 540	100	-	89,5	-	-	89,5	-	6190	-	-	6190
4	3148	80	5 540	100	-	89,5	-	-	89,5	-	6190	-	-	6190
5	2458	82	15 923	45	93	93,5	-	93	93,5	17 121	17030	-	17121	17030
6	4479	82	29 015	45	93	93,5	-	93	93,5	31 199	31032	-	31199	31032
7	3148	85	50 573	86	94,5	94,5	-	93,5	94,5	53 516	53516	-	54088	53516
8	1934	86	30 604	84	94,5	94,5	-	93,5	94,5	33 089	33089	-	33443	33089
9	1934	86	30 604	84	94,5	94,5	-	93,5	94,5	33 089	33089	-	33443	33089
10	3148	85	80 274	81	95,2	95,2	-	95,2	95,2	84 321	84321	-	84321	84321
11	3148	85	80 274	81	95,2	95,2	-	95,2	95,2	84 321	84321	-	84321	84321
12	6296	85	107 567	55	93,6	95,1	-	95	95,1	114 922	113110	-	113229	113110
13	3148	87	107 907	71	95,4	95,8	-	95,5	95,8	113 110	112638	-	112992	112638
14	3148	87	107 907	71	95,4	95,8	-	95,5	95,8	113 110	112638	-	112992	112638

## B5. Cálculos realizados

Todos os dados utilizados para exemplo de cálculo, nomeadamente rendimentos dos motores de elevada eficiência e custo do motor elétrico, são pertencentes à empresa fornecedora Harker Solutions.

### Características dos motores instalados na RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas S.A. atualmente:

Considerar o motor de 55 kW para o compressor de gás 1, com rendimento de 87 % e 3148 horas de funcionamento.

$$\text{Carga de funcionamento (\%)} = \frac{\text{Potência consumida medida (kW)}}{\text{Potência nominal (kW)}} \times 100$$

$$\text{Consumo anual (kWh/ano)} = \text{Potência consumida medida (kW)} \times \text{horas funcionamento (h/ano)}$$

$$\text{Consumo anual (€/ano)} = \text{Consumo anual (kWh/ano)} \times \text{custo do kWh (€/kWh)}$$

O preço do kWh considerado nos cálculos efetuados é de 0,1386 €/kWh;

Este valor foi obtido pela divisão do custo total de energia pelo total de energia adquirida da empresa.

$$\text{Consumo de energia útil anual (kWh/ano)} = \text{Consumo anual (kWh/ano)} \times \text{rendimento do motor atual } (\eta)$$

Este consumo refere-se aquele que é efetivamente convertido em energia mecânica.

### Pressupostos da substituição dos motores por outros de alto rendimento:

O rendimento admitido nos novos motores é o correspondente ao fator de carga atual;

$$\text{Novo consumo anual (kWh/ano)} = \frac{\text{Consumo de energia útil anual (kWh/ano)}}{\text{rendimento do motor de elevada eficiência}}$$

O novo consumo anual corresponderá à energia elétrica consumida da rede pelo novo motor de alto rendimento.

$$\text{Novo consumo anual (€/ano)} = \text{Novo consumo anual (kWh/ano)} \times \text{custo do kWh (€/kWh)}$$

$$\text{Economia anual (kWh/ano)} = \text{Consumo anual existente (kWh/ano)} - \text{Novo consumo anual (kWh/ano)}$$

$$\text{Economia anual (€/ano)} = \text{Economia anual (kWh/ano)} \times \text{custo do kWh (€/kWh)}$$

$$\text{Período de recuperação do investimento (anos)} = \frac{\text{Custo do motor de elevada eficiência (€)}}{\text{Economia anual (€/ano)}}$$

Por sua vez, o período de recuperação do investimento total dependerá da totalidade dos custos efetuados com a compra dos motores (mais a respetiva montagem), pelo somatório da economia anual conseguida com a substituição destes.

A determinação da rentabilidade de um motor IE4 em prol do motor de classe IE3 determinou-se do seguinte modo:

$$\text{Rentabilidade (IE4/IE3)} = \frac{\text{Custo do motor IE4, €} - \text{Custo do motor IE3, €}}{\text{Economia IE4, €} - \text{Economia IE3, €}}$$

## Anexo C. Variadores Eletrônicos de Velocidade

### C1. Carregamento do motor mediante regulação

A determinação da economia do sistema encontra-se depende das cargas a que os motores são sujeitos e respetivos números de horas em cada. Nas Tabelas C1 e C2 encontra-se a discriminação do número de horas por carga encontrada para cada situação de bombagem, com regulação por válvula e VEV, respetivamente.

Tabela C1. Horas de funcionamento em cada carga dependente da abertura da válvula

Motor	Local de instalação	Potência do motor (kW)	Horas de funcionamento conforme a potência utilizada com válvula (%)						
			0	60	70	75	80	85	100
1	Bomba 1 Inj. Água	2,2					1385		1763
2	Bomba 2 Inj. Água	2,2					1385		1763
3	Bomba 1 do Desp.	2,2					1385		1763
4	Bomba 2 do Desp.	2,2					1385		1763
5	Bomba 1 Torre Gás	4		1259	1259			630	
6	Bomba 2 Torre Gás	4		1259	1259			630	
7	Bomba 1 Filtração	22	600			1122			213
8	Bomba 2 Filtração	22	600			1122			213

Tabela C2. Horas de funcionamento em cada carga do VEV

Motor	Local de instalação	Potência do motor (kW)	Horas de funcionamento consoante a potência utilizada com VEV (%)						
			0	25	30	35	40	45	100
1	Bomba 1 Inj. Água	2,2					1385		1763
2	Bomba 2 Inj. Água	2,2					1385		1763
3	Bomba 1 do Desp.	2,2					1385		1763
4	Bomba 2 do Desp.	2,2					1385		1763
5	Bomba 1 Torre Gás	4		1259	1259			630	
6	Bomba 2 Torre Gás	4		1259	1259			630	
7	Bomba 1 Filtração	22	600			1122			213
8	Bomba 2 Filtração	22	600			1122			213

### C2. Exemplificação dos cálculos realizados

Como exemplo de cálculo, consideraram-se os casos da bomba de alimentação à 1ª filtração (22 kW) e o ventilador (kW).

**Características dos motores instalados na RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas S.A. atualmente:**

$$\text{Consumo anual, sem controlo (kWh/ano)} = \text{Potência consumida medida (kW)} \times \text{horas funcionamento (h/ano)}$$

**Pressupostos da colocação de válvula de estrangulamento:**

$$\text{Fator de Carga (\%)} = \frac{\text{Potência consumida medida (kW)}}{\text{Potência nominal (kW)}} \times 100$$

A análise do consumo do motor considerado, com a duração de 24 horas, permitiu obter um diagrama de cargas e a partir dele determinar o número de horas em cada carga.

Consumo anual, com válvula (kWh/ano) =  $\Sigma[\text{Potência nominal do motor (kW)} \times \text{Fator de carga (\%)} \times \text{N}^\circ \text{ horas de trabalho a essa carga}]$

$$\text{Economia anual (kWh/ano)} = \text{Consumo anual, sem controlo (kWh/ano)} - \text{Consumo anual, com válvula (kWh/ano)}$$

$$\text{Economia anual (€/ano)} = \text{Economia anual (kWh/ano)} \times \text{custo do kWh (€/kWh)}$$

O preço do kWh considerado nos cálculos efetuados é de 0,1386 €/kWh;

Este valor foi obtido pela divisão do custo total de energia pelo total de energia adquirida.

**Pressupostos da colocação de válvula de estrangulamento:**

A Figura C1 permitiu estimar a poupança energética esperada com a colocação de VEV em detrimento das válvulas de estrangulamento. [33]

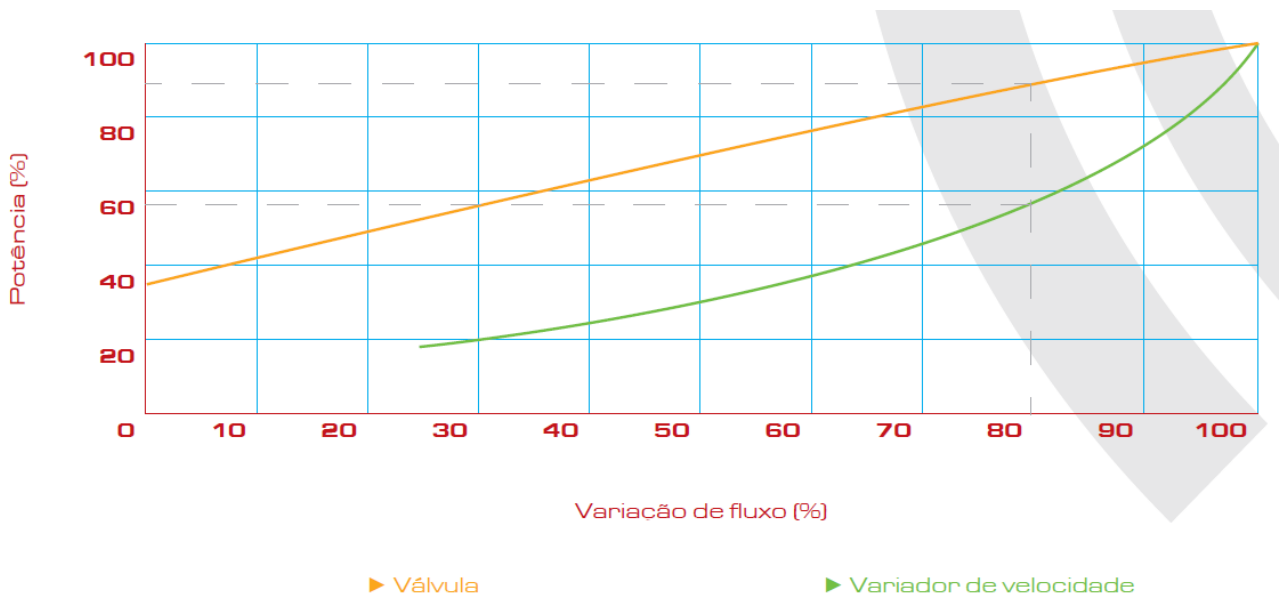


Figura C1. Requisitos de energia de entrada para regulação efetuada por válvula de estrangulamento e VEV [31]

Uma vez que a carga considerada no estudo efetuado corresponde à razão da potência consumida pela potência nominal, o eixo a considerar da Figura C. é efetivamente o eixo vertical.

A título de exemplo, com regulação efetuada por válvula, para uma carga de 75 % na bomba de 22 kW responsável pela filtração, é esperada que a substituição para VEV reduza a carga para 35 %.

Consumo anual previsto (kWh/ano) =  $\Sigma$ [Potência do motor (kW) x Fator de carga (%) x Nº horas de trabalho a essa carga]

Economia anual (kWh/ano) = Consumo anual, com válvula (kWh/ano) – Consumo anual, com VEV (kWh/ano)

Economia anual (€/ano) = Economia anual (kWh/ano) x custo do kWh (€/kWh)

Período de recuperação do investimento (anos) =  $\frac{\text{Custo dos VEV (€)}}{\text{Economia anual (€/ano)}}$

Para a determinação da economia encontrada na utilização de VEV no controlo do ventilador, recorreu-se às leis de semelhança para determinar a potência requerida.

Verificou-se que, nos ventiladores considerados, a 3000 rpm, a velocidade do ar é, no mínimo, 25 m/s e com possibilidade de a reduzir até 22 m/s para garantir o bom funcionamento deste. Para tal, o teste com VEV instalado constatou que essa velocidade se mantinha a uma velocidade do motor de 2500 rpm. Então:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

Consumo anual, com VEV (kWh/ano) = Potência consumida medida (kW) x horas funcionamento (h/ano)

Economia anual (kWh/ano) = Consumo anual, sem controlo (kWh/ano) – Consumo anual, com VEV (kWh/ano)

Economia anual (€/ano) = Economia anual (kWh/ano) x custo do kWh (€/kWh)



## Anexo D. Iluminação

### D1. Equivalência luminosa entre lâmpadas de descarga e LED

Tabela D1. Tabelas de equivalências [32]

<b>Lâmpadas e Focos de Teto</b>			
<b>LED</b>	<b>Incandescente</b>	<b>Halogéneo</b>	<b>Economizadora</b>
1W	10W	5W	2W
2W	20W	10W	4W
3W	30W	15W	6W
5W	50W	25W	9W
7W	60W	35W	13W
10W	80W	45W	18W
12W	100W	55W	20W
50.000 horas	1.000 horas	2.000 horas	15.000 horas

<b>Iluminação Industrial</b>	
<b>LED</b>	<b>Vapor de sódio de alta pressão</b>
30W	90W
60W	180W
100W	250W
120W	300W
180W	400W

T8	
LED	Fluorescente
10W	18W
20W	36W
25W	58W

T5	
LED	Fluorescente
4W	9W
8W	18W
12W	26W
16W	34W
20W	42W

É relevante referir que as tabelas de equivalências apresentadas são estimativas, uma vez que os próprios fabricantes informam qual a potência de LED das suas lâmpadas equivalente à que se pretende substituir. No entanto, os valores de potência são sempre muito próximos dos apresentados.

## D2. Análise técnica e económica para as diferentes empresas consultadas

A viabilidade económica do projeto de iluminação foi determinada, exaustivamente, para cada empresa fornecedora. Nas Tabelas D2 e D3 encontra-se essa mesma informação patente referente às empresas Megaluz e Rexel.

Tabela D2. Análise da viabilidade económica para a empresa Megaluz

Setor	Secção	Tipo de lâmpadas	Tipo de armadura	Dimensão (m)	Horas func. (h/ano)	Quantidade		Economia		Custo unit. (€)		Custo €	PR anos
						Lâmp.	Armad.	kWh	€	Lâmp.	Armad.		
Ed.	Corredor	Projektor	-	-	2600	13	0	777	107,75	8,90		115,70	1,07
Admin.	Hall	Projektor	-	-	2600	3	0	179	24,86	8,90		26,70	1,07
Oficinas	Mecânica	Armadura	2x	0,60	3744	2	0	157	21,79	5,56		11,12	0,51
		Armadura	2x	1,20	3744	70	0	7 338	1 017,08	6,48		453,60	0,45
		Armadura	2x	1,50	3744	50	1	2 434	337,30	9,30	14,80	479,80	1,42
		Armadura	2x	1,50	2496	6	0	-	-	-		-	-
	Elétrica	Armadura	2x	1,20	2496	18	4	1 236	171,24	6,48	11,70	163,44	0,95
		Armadura	2x	1,50	2496	4	0	1230	17,99	9,30		37,20	2,07
		Armadura	2x	1,50	2496	22	0	-	-	-		-	-
	Hall	Armadura	2x	1,20	3744	8	0	839	116,24	6,48		51,84	0,45
Empacotamento	Amarelo de kg	Armadura	2x	1,20	2080	2	0	42	5,77	6,48		12,96	2,25
		Armadura	1x	1,50	2080	1	0	102	14,13	9,30		9,30	0,66
		Projektor	-	-	2080	3	Incluído	1 142	158,27	254,00		762,00	4,81
	Gabinetes	Armadura	2x	0,60	2080	20	0	874	121,08	5,56		111,20	0,92
	Elevador monta-cargas	Armadura	1x	0,60	480	2	0	20	2,79	5,56		11,12	3,98
	Saquetas manuais	Armadura	2x	1,20	2080	12	0	250	34,59	6,48		77,76	2,25
	Corredor do Amarelo	Projektor	-	-	2080	8	Incluído	3 045	422,05	254,00		2032,00	4,81

Tabela D2. Análise da viabilidade económica para a empresa Megaluz (continuação)

Setor	Secção	Tipo de lâmpadas	Tipo de armadura	Dimensão (m)	Horas func. (h/ano)	Quantidade		Economia		Custo unit. (€)		Custo €	PR anos
						Lâmp.	Armad.	kWh	€	Lâmp.	Armad.		
Refinaria	Gab. Da carbonatação	Armadura	2x	1,20	7488	2	0	419	58,12	6,48		12,96	0,22
	Gab. do RP	Armadura	-	0,60	7488	24	6	-	-	-		-	-
	Quadros elétricos	Armadura	1x	1,20	600	9	0	151	20,96	6,48		58,32	2,78
	Gab. da cogeração	Armadura	2x	1,50	7488	6	0	2201	305,12	9,30		55,80	0,18
	Fábrica	Armadura	2x	1,50	7488	170	14	16548	2293,62	9,30	14,80	1788,20	0,78
		Armadura	2x	1,20	7488	240	11	50319	6974,26	6,48	11,70	1683,90	0,24
	Sala dos compressores	Armadura	2x	1,20	1560	8	0	349	48,43	6,48		51,84	1,07
		Armadura	2x	1,50	1560	14	0	1070	148,32	9,30		130,20	0,88
Acessórios	Entrada	Armadura	2x	1,20	2496	2	0	140	19,37	6,48		12,96	0,67
	Armazém	Armadura	1x	1,20	1040	45	0	1310	181,62	6,48	0,00	291,60	1,61
		Armadura	1x	1,50	1040	2	0	102	14,13	9,30		18,60	1,32
		Armadura	2x	1,50	1040	10	0	135	18,74	9,30		93,00	4,96
Exterior	Coberto	Armadura	1x	1,20	3650	9	9	920	127,48	6,48	0,00	58,32	0,46
	Oficina elétrica	Armadura	2x	1,20	3650	2	1	204	28,33	6,48	11,70	24,66	0,87
	Todo o perímetro	Projektor	-	-	3650	42	Incluído	30047	4164,49	108,00		4536,00	1,09
	Lavagem de camiões	Campânula	-	-	104	1	Incluído	35	4,80	207,32		207,32	43,19
	Portaria	Projektor	-	-	3650	3	Incluído	-	-	-		-	-

Tabela D3. Análise da viabilidade económica para a empresa Rexel

Setor	Secção	Tipo de lâmpadas	Tipo de armadura	Dimensão (m)	Horas func. (h/ano)	Quantidade		Economia		Custo unit. (€)		Custo €	PR anos
						Lâmp.	Armad.	kWh	€	Lâmp.	Armad.		
Ed.	Corredor	Projektor	-	-	2600	13	0	-	-	-	-	-	-
Adm.	Hall	Projektor	-	-	2600	3	0	-	-	-	-	-	-
Oficinas	Mecânica	Armadura	2x	0,60	3744	2	0	165	22,83	9,25	-	18,50	0,81
		Armadura	2x	1,20	3744	70	0	7862	1089,73	12,15	-	850,50	0,78
		Armadura	2x	1,50	3744	50	1	2808	389,19	16,46	76,09	899,09	2,31
		Armadura	2x	1,50	2496	6	0	-	-	-	-	-	-
	Elétrica	Armadura	2x	1,20	2496	18	4	1325	183,70	12,15	52,63	429,22	2,34
		Armadura	2x	1,50	2496	4	0	150	20,76	16,46	-	65,84	3,17
		Armadura	2x	1,50	2496	22	0	-	-	-	-	-	-
	Hall	Armadura	2x	1,20	3744	8	0	899	124,54	12,15	-	97,20	0,78
Empacotamento	Amarelo de kg	Armadura	2x	1,20	2080	2	0	50	6,92	12,15	-	24,30	3,51
		Armadura	1x	1,50	2080	1	0	106	14,70	16,46	-	16,46	1,12
		Projektor	-	-	2080	3	Incluído	1142	158,27	295,58	-	886,74	5,60
	Gabinetes	Armadura	2x	0,60	2080	20	0	915	126,85	9,25	-	185,00	1,46
	Elevador monta-cargas	Armadura	1x	0,60	480	2	0	21	2,93	9,25	-	18,50	6,32
	Saquetas manuais	Armadura	2x	1,20	2080	12	0	300	41,51	12,15	-	145,80	3,51
	Corredor do Amarelo	Projektor	-	-	2080	8	Incluído	3045	422,05	295,58	-	2364,64	5,60

Tabela D3. Análise da viabilidade económica para a empresa Rexel (continuação)

Setor	Secção	Tipo de lâmpadas	Tipo de armadura	Dimensão (m)	Horas func. (h/ano)	Quantidade		Economia		Custo unit. (€)		Custo €	PR anos
						Lâmp.	Armad.	kWh	€	Lâmp.	Armad.		
Refinaria	Gab. Da carbonatação	Armadura	2x	1,20	7488	2	0	449	62,27	12,15		24,30	0,39
	Gab. do RP	Armadura	-	0,60	7488	24	6	-	-	-		-	-
	Quadros elétricos	Armadura	1x	1,20	600	9	0	162	22,45	12,15		109,35	4,87
	Gab. da cogeração	Armadura	2x	1,50	7488	6	0	2291	317,58	16,46		98,76	0,31
	Fábrica	Armadura	2x	1,50	7488	170	14	19094	2646,48	16,46	76,09	3863,46	1,46
		Armadura	2x	1,20	7488	240	11	53914	7472,42	12,15	52,63	3494,93	0,47
	Sala dos compressores	Armadura	2x	1,20	1560	8	0	374	51,89	12,15		97,20	1,87
		Armadura	2x	1,50	1560	14	0	1114	154,38	16,46		230,44	1,49
Acessórios	Entrada	Armadura	2x	1,20	2496	2	0	150	20,76	12,15		24,30	1,17
	Armazém	Armadura	1x	1,20	1040	45	0	1404	194,59	12,15	0,00	546,75	2,81
		Armadura	1x	1,50	1040	2	0	106	14,70	16,46		32,92	2,24
		Armadura	2x	1,50	1040	10	0	156	21,62	16,46		164,60	7,61
Exterior	Coberto	Armadura	1x	1,20	3650	9	9	986	136,59	12,15	0,00	109,35	0,80
	Oficina elétrica	Armadura	2x	1,20	3650	2	1	219	30,35	12,15	52,63	76,93	2,53
	Todo o perímetro	Projektor	-	-	3650	42	Incluído	30047	4164,49	202,63		8510,46	2,04
	Lavagem de camiões	Campânula	-	-	104	1	Incluído	35	4,80	207,32		207,32	43,19
	Portaria	Projektor	-	-	3650	3	Incluído	-	-	-		-	-

### D3. Exemplificação dos cálculos realizados

A determinação do consumo anual atual, em kWh, é feito de igual modo para todas as tecnologias existentes, à exceção das lâmpadas fluorescentes T5, pelo que este caso será apresentado separadamente.

Todos os dados utilizados para exemplo de cálculo, nomeadamente potência do LED, custo de lâmpadas, luminárias e projetores, são pertencentes à empresa fornecedora Filotipo.

Setor *Oficinas*, secção *Mecânica*, duas lâmpadas fluorescentes T8 de 18 W e balastro de 12 W, que funcionam 3744 horas anuais.

$$\text{Consumo anual atual (kWh/ano)} = \frac{\text{Potência da lâmpada (W)} + \text{Potência do balastro (W)}}{1000} \times \text{horas de funcionamento (h/ano)} \times \text{quantidade de lâmpadas}$$

Setor *Oficinas*, secção *Mecânica*, 50 lâmpadas fluorescentes T5 de 35 W, que funcionam 3744 horas anuais.

$$\text{Consumo anual atual (kWh/ano), T5} = \left( \frac{\text{Potência da lâmpada (W)}}{1000} \right) \times \text{horas de funcionamento (h/ano)} \times \text{quantidade de lâmpadas}$$

O consumo anual previsto (kWh/ano) é determinado de igual modo para todos os tipos de LED instalados, uma vez que não existem balastros ferromagnéticos ou arrancadores eletrónicos. A opção de substituir as lâmpadas fluorescentes T8 e T5 por LED T8 deveu-se ao facto de os suportes já serem os adequados (no caso das fluorescentes T5 existia adaptadores). Houve apenas duas exceções em que a escolha recaiu sobre LED T5, uma vez que os suportes existentes eram T5 e não existiam adaptadores.

Setor *Oficinas*, secção *Mecânica*, duas lâmpadas fluorescentes T8 de 18 W e balastro de 12 W, que funcionam 3744 horas anuais a serem substituídas por duas LED de 10 W.

$$\text{Consumo anual previsto} = \frac{\text{Potência da lâmpada LED (W)}}{1000} \times \text{horas de funcionamento (h/ano)} \times \text{quantidade de lâmpadas}$$

**Determinação das economias conseguidas (idêntica em qualquer caso):**

Setor *Oficinas*, secção *Mecânica*, duas lâmpadas fluorescentes T8 de 18 W e balastro de 12 W, que funcionam 3744 horas anuais a serem substituídas por duas LED de 10 W.

$$\text{Economia anual (kWh/ano)} = \text{Consumo anual atual (kWh/ano)} - \text{Consumo anual previsto (kWh/ano)}$$

$$\text{Economia anual (€/ano)} = \text{Economia anual (kWh/ano)} \times \text{Custo do kWh (€/kWh)}$$

As economias totais correspondem ao somatório das economias conseguidas em cada setor.

O preço do kWh considerado nos cálculos efetuados é de 0,1386 €/kWh;

Este valor foi obtido pela divisão do custo total de energia pelo total de energia adquirida pela empresa.

**A determinação do custo total gasto na substituição da iluminação, em cada setor, depende também do tipo de lâmpada.**

No caso da instalação de projetores, campânulas e painéis LED:

$$\text{Custo total (€), em cada setor} = \text{Custo unitário (€)} \times \text{quantidade de lâmpadas}$$

No caso de lâmpadas e armaduras:

$$\text{Custo total (€), em cada setor} = (\text{Custo unitário da lâmpada (€)} \times \text{quantidade de lâmpadas}) + (\text{Custo unitário da armadura (€)} \times \text{quantidade de armaduras a substituir})$$

O custo total do investimento (€) corresponde ao somatório de todos os custos dos vários setores, mais a instalação da iluminação.

$$\text{Custo total do investimento (€)} = \text{Custo total de cada secção} + \text{custo de montagem}$$

**O período de recuperação do investimento efetuado, em cada setor, é determinado do seguinte modo:**

$$\text{Período de recuperação (anos), em cada setor} = \frac{\text{Custo total (€), em cada setor}}{\text{Economia anual (€/ano), em cada setor}}$$

Por sua vez, o período de recuperação do investimento total dependerá do somatório do custo total do investimento realizado pelo somatório da economia anual conseguida com a substituição da iluminação.

## Anexo E. FEE: Aviso 22 – Eficiência Energética na Indústria, Agricultura, Floresta e Pesca

Neste apêndice é apresentado o formulário *standard* a preencher para efeito de candidatura ao Fundo de Eficiência Energética, bem como a transcrição dos cenários de referência de cada candidatura efetuada e respetivo documento onde consta os consumos atuais e previstos com as alterações, acrescendo a informação pertinente para a determinação do respetivo período de recuperação.

### E1. Formulário de candidatura



## AVISO 22

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA  
INDÚSTRIA, AGRICULTURA,  
FLORESTA E PESCA

DEZEMBRO 2016



APRESENTAÇÃO DO FORMULÁRIO DE  
CANDIDATURA

PLANO NACIONAL DE AÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
FUNDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



**AVISO 22 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA, AGRICULTURA, FLORESTA E PESCA**  
 APRESENTAÇÃO DO FORMULÁRIO DE CANDIDATURA

**Índice**

1	Considerações iniciais.....	2
2	Apresentação do formulário.....	2
2.1	Tipologia do Beneficiário.....	3
2.2	Identificação do Beneficiário.....	4
2.3	Identificação do local da operação.....	5
2.4	Identificação da Medida.....	6
2.5	Submissão da documentação necessária.....	8



## AVISO 22 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA, AGRICULTURA, FLORESTA E PESCA

PERGUNTAS FREQUENTES

### 1 Considerações iniciais

O presente documento foi elaborado com a exclusiva finalidade de apresentação do [Formulário de Candidatura do Aviso 22](#). Este documento não poderá ser usado para submissão de candidaturas ao Aviso FEE, sendo que apenas serão consideradas como candidaturas preenchidas e enviadas através do [portal eletrónico do PNAEE](#).

### 2 Apresentação do formulário

O Formulário de Candidatura não dispõe da funcionalidade de “Guardar e Continuar mais tarde”, pelo que terá que ser preenchido na sua totalidade e submetido de seguida.

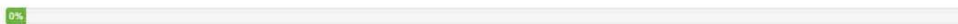
O mesmo é constituído por iterações as quais serão apresentadas de seguida:

1. Tipologia do Beneficiário
2. Identificação do Beneficiário
3. Identificação do local da operação
4. Identificação da Medida
5. Submissão da documentação necessária



**AVISO 22 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA, AGRICULTURA, FLORESTA E PESCA**  
PERGUNTAS FREQUENTES

2.1 Tipologia do Beneficiário



\* Tipologia do Beneficiário

- Beneficiário A**  
Operadores de instalações do setor da agricultura, floresta e pescas, com código CAE compreendido entre o 01 a 03
- Beneficiário B**  
Operadores de instalações industriais (código CAE 05 a 33) cujo consumo energético, no ano civil anterior, tenha sido inferior a 500 tep/ano, incluindo instalações com atividades nos domínios do abastecimento de água e do saneamento de águas residuais
- Beneficiário C**  
Operadores de instalações a cumprir as disposições constantes do Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril, Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE)



**AVISO 22 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA, AGRICULTURA, FLORESTA E PESCA**  
 PERGUNTAS FREQUENTES

2.2 Identificação do Beneficiário



**Identificação do Beneficiário**

Está a submeter uma candidatura à tipologia C.

\* Nome da entidade candidata

\* Nome do responsável pela candidatura

Contacto telefónico

(+351)

\* Email

❗ Insira um endereço de e-mail válido.

\* Confirme o seu email

❗ Insira um endereço de e-mail válido.

\* Morada fiscal

Morada 1

Morada 2

Localidade

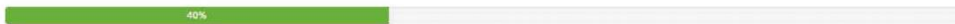
Código Postal





**AVISO 22 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA, AGRICULTURA, FLORESTA E PESCA**  
 PERGUNTAS FREQUENTES

2.3 Identificação do local da operação



**Identificação do local da operação**

\* Identificação do Local da Operação

\* Código de Atividade Económica

CAE

\* N.º de Operador SGCIE

OP

Campo visível apenas a candidatos da tipologia C.

Deverá introduzir 5 dígitos. Caso o seu número de operador seja, por exemplo, OP123, deverá introduzir 00123.

\* Código de Ponto de Entrega

CPE

16 dígitos e 2 letras, por exemplo, 0001000001234567AA

\* Distrito

Por favor, seleccione...



**AVISO 22 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA, AGRICULTURA, FLORESTA E PESCA**  
 PERGUNTAS FREQUENTES

2.4 Identificação da Medida



**Identificação da Medida**

\* Descrição do Cenário de Referência

\* Fundamentação da relevância e inovação do projeto

\* Custos do Projeto (valores sem IVA)

Investimento total	€	<input type="text"/>
Investimento elegível	€	<input type="text"/>

O valor a financiar pelo Fundo de Eficiência Energética é €0.



**AVISO 22 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA, AGRICULTURA, FLORESTA E PESCA**  
PERGUNTAS FREQUENTES

Identificação do cenário base (consumo anual de energia)

Preencha pelo menos 14 respostas

	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3	Vetor 4	Vetor 5	Vetor 6
Vetor Energético	Eletricidade					
Unidade	kWh					
Janeiro	1025					
Fevereiro	4745					
Março	545					
Abril	9898					
Maio	565					
Junho	454					
Julho	4545					
Agosto	5454					
Setembro	454					
Outubro	777					
Novembro	1236					
Dezembro	2222					

Preencher, no mínimo uma coluna, equivalente ao consumo mensal de um vetor energético.

\* Estimativa da poupança anual de energia com a implementação da medida proposta

tep (valor deverá ser indicado em toneladas equivalentes de petróleo)

Fatores de conversão para o cálculo da estimativa das poupanças anuais em tep.

\* Fundamentação das poupanças anuais de energia da medida proposta (identificação da metodologia de cálculo das poupanças de energia).



**AVISO 22 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA, AGRICULTURA, FLORESTA E PESCA**  
PERGUNTAS FREQUENTES

2.5 Submissão da documentação necessária



## Submissão da documentação necessária

### Certidão de não dívida à Autoridade Tributária e Aduaneira

Por favor, envie um ficheiro

Submeta ficheiros:

Manual para Descarregar Certidão de não Dívida

### Certidão de não dívida à Segurança Social

Por favor, envie um ficheiro

Submeta ficheiros:

Manual para Descarregar Certidão de não Dívida

### Anexo I

Por favor, envie um ficheiro

Submeta ficheiros:

Submeter o Anexo I - Modelo de Declaração Aviso 22 devidamente preenchido e assinado (o texto não deverá ser copiado para um novo documento, devendo apenas ser preenchidos os campos indicados).

### Consumos energéticos

Por favor, envie entre 1 e 12 ficheiros

Submeta ficheiros:

Registo de consumos de todos os vetores energéticos referentes ao ano de 2015 (ou últimos 12 meses), com base nas faturas de energia ou diagramas de cargas disponíveis pelos distribuidores ou fornecedores de energia.

### Proposta(s) de orçamento(s), com discriminação das despesas elegíveis

Por favor, envie entre 1 e 10 ficheiros

Submeta ficheiros:

Aviso 22 – VERSÃO 02.2017



PÁGINA 8 DE 9



**AVISO 22 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA, AGRICULTURA, FLORESTA E PESCA**  
 PERGUNTAS FREQUENTES

**Ficha técnica dos equipamentos previstos em orçamento**

Por favor, envie entre 1 e 10 ficheiros

Submeta ficheiros:

**Declaração de responsabilidade técnica**

Por favor, envie um ficheiro

Submeta ficheiros:

Declaração de responsabilidade técnica pela elaboração da metodologia de cálculo das poupanças, a aferir após implementação da(s) medida(s) prevista em fase de candidatura.

## E2. Fundamentação da relevância e inovação do projeto

A RAR tem vindo, desde 1988, a realizar auditorias energéticas, visando alcançar, ou até mesmo superar, os valores definidos na legislação relativamente às diminuições dos consumos de energia. Para tal, após cada auditoria realizada, foram sendo implementadas medidas de utilização racional de energia.

Uma vez que a empresa é um consumidor intensivo de energia, ultrapassando o limite legal de 1000 tep/ano, vê-se obrigada de 6 em 6 anos a reduzir em 6% quer a intensidade energética assim como o consumo específico de energia.

Este ano, uma vez mais pretende-se definir e realizar novas ações no sentido de dar resposta às preocupações relativas à poupança de energia, ao aumento de produtividade/competitividade e reforçar o compromisso com a sustentabilidade.

### E2.1. Motores Elétricos

### E2.2. Variadores Eletrónicos de Velocidade

### E2.3. Iluminação

## E3. Fundamentação das poupanças anuais de energia

### E3.1. Motores Elétricos

### E3.2. Variadores Eletrónicos de Velocidade



### E3.3. Iluminação



## **Anexo F. Prémio EDP Energia Elétrica e Ambiente 2017**

No presente anexo é apresentado o regulamento do concurso referente ao Prémio EDP 2017, bem como a transcrição na íntegra das candidaturas apresentadas, na primeira e segunda fase, respetivamente.

### F1. Regulamento do concurso



## JÚRI

Presidente  
**Eng. Carlos Almeida**

Diretor Geral de Energia e Geologia

**Prof. Dr. Aníbal Traça de Almeida**

Em representação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra  
Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

**Eng. João Paulo Calau**

Em representação da ADENE – Agência para a Energia

**Prof. Dr. Luís Marcelino Ferreira**

Em representação do IST- Instituto Superior Técnico  
Departamento de Engenharia Eletrotécnica e Computadores

**Prof. Dr. João Abel Peças Lopes**

Em representação da FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Departamento de Engenharia Eletrotécnica e Computadores

**Eng. Pedro Geraldes Martins Verdelho**

Em representação da ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Elétricos

**Eng. António Vidigal**

Em representação do Grupo EDP

## REGULAMENTO

1. A 10ª edição do prémio edp, designada por prémio edp energia elétrica e ambiente 2017, a que foi associado o símbolo  $\eta$  (letra grega designada por eta) tradicionalmente utilizada para simbolizar o rendimento, é instituído pela EDP Distribuição – Energia, SA, e destina-se a distinguir as entidades alimentadas pela sua rede elétrica que demonstrem:

- ter conseguido otimizar a eficiência da energia elétrica;
- ter organizado práticas educativas e formativas, no âmbito da energia elétrica, aplicáveis aos seus colaboradores, familiares e meio social em que se integram.

2. Podem participar todas as empresas utilizadoras da rede de distribuição de energia elétrica com tarifas de acesso às redes de MAT, AT, MT e BTE, sendo consideradas as seguintes categorias:

**Categoria A1: Indústria (consumo anual > 1,5 GWh)**

**Categoria A2: Indústria (consumo anual  $\leq$  1,5 GWh)**

**Categoria B1: Serviços e Outras Atividades (consumo anual > 1,25 GWh)**

**Categoria B2: Serviços e Outras Atividades (consumo anual  $\leq$  1,25 GWh)**

3. O processo de otimização energética e as práticas educativas e formativas invocadas deverão ter sido iniciadas, tal como descrito na candidatura, a partir de julho de 2014.

4. Cada empresa participante deverá apresentar, devidamente preenchida, a ficha de candidatura que integra o processo do prémio edp.

5. A edp distribuição tomará a decisão final sobre a categoria 1 ou 2 de cada uma das classes (Indústria e Serviços) em que cada participante fica inscrito com base nos seus históricos de consumo de 2016.

6. Da decisão referida no ponto anterior não haverá recurso.

7. A candidatura poderá ser efetuada diretamente no site [www.edpdistribuicao.pt](http://www.edpdistribuicao.pt), onde todas as informações se encontram disponíveis.

Em alternativa, a ficha de candidatura, que pode ser acompanhada de outros documentos contendo informação julgada relevante, deverá ser enviada, pelo correio e sob registo, para a seguinte morada:

EDP Distribuição – Energia, SA,  
prémio edp energia elétrica e ambiente 2017  
Direção Comercial  
Rua Camilo Castelo Branco Nº 43, 7º  
1050-044 LISBOA

ou

em forma digitalizada para [premioedp@edp.pt](mailto:premioedp@edp.pt).

8. A apresentação de candidaturas ocorrerá até 31 de maio de 2017.

9. A apresentação de candidaturas, para além do prazo indicado em 8, só poderá ocorrer por decisão justificada da Comissão de Regulamentação, da qual não haverá recurso.

10. A apreciação final das candidaturas a premiar será feita por um júri constituído por personalidades de reconhecido mérito na área da utilização racional da energia elétrica e da sustentabilidade.

11. Os prémios a atribuir serão limitados a 2 por categoria.

12. A preceder a apreciação final do júri, será feita uma avaliação das candidaturas por uma Comissão de Análise e Pré-seleção, a qual verificará a observância dos requisitos exigidos pelo prémio edp e fará uma seleção das candidaturas a submeter ao júri para escolha das premiadas.

13. Serão selecionadas para apresentação ao júri pela Comissão de Análise e Pré-seleção um mínimo de 12 e um máximo de 24 candidaturas.

14. Da seleção da Comissão de Análise e Pré-seleção não haverá recurso.

15. A Comissão de Pré-seleção poderá propor ao júri o escalonamento final das melhores duas candidaturas que selecionou, para cada categoria.

16. O júri não está obrigado a atender ao escalonamento sugerido pela Comissão de Análise e Pré-seleção.

17. O júri poderá ouvir a Comissão de Análise e Pré-seleção, que será representada pelo seu Presidente, ou, na ausência deste, por um outro dos seus membros indicado pelos pares.

18. Em cada categoria são premiadas duas candidaturas, devendo o júri escolher a vencedora absoluta na categoria.

19. As candidaturas serão avaliadas em função do valor global da poupança anual conseguida (que vale 70 partes em 100) e em função da relação benefício/custo das medidas adotadas (que vale 30 partes em 100).

20. Só serão escalonadas medidas em que a relação benefício/custo das medidas adotadas seja superior a 1,08.

21. O júri reserva-se o direito de não atribuir prémio em qualquer uma das categorias, quando entenda não terem sido satisfeitos os objetivos estabelecidos para o prémio edp.

22. Os resultados da apreciação do júri constarão da ata da reunião e serão dados a conhecer a todos os interessados.

23. Das decisões do júri não haverá recurso.

24. As candidaturas premiadas será dada adequada notoriedade pública.

25. Os prémios serão entregues até 60 dias após a publicação da decisão do júri.

26. Os prémios serão constituídos por troféus e diplomas de participação e serão entregues em cerimónia a realizar no final de 2017.

27. A todas as empresas que apresentem candidatura será atribuído um diploma de participação, a entregar na cerimónia de entrega de prémios.

28. Serão convidadas a participar na cerimónia de entrega de prémios as Empresas vencedoras, as Empresas participantes, a Imprensa, as Associações Empresariais, as Agências de Energia, a DGEG, a Certiel e outras entidades julgadas convenientes.

29. Será publicada uma brochura de prestígio, onde se registam todos os participantes do prémio, as personalidades integrantes do júri e um resumo das candidaturas premiadas, a qual será publicada até 4 semanas após a cerimónia da entrega de prémios.

30. Apresentando-se ao prémio edp, os candidatos aceitam tacitamente o conteúdo do presente regulamento e a eventual divulgação de elementos dos trabalhos candidatados, numa forma parcial ou integral, sem que pelo facto lhes seja devida qualquer compensação.

31. Todos os casos omissos neste regulamento serão apreciados e decididos pelo júri, ouvido o parecer da Comissão de Análise e Pré-seleção de candidaturas.

32. Não serão consideradas candidaturas que se restrinjam a processos de produção de energia elétrica.

33. Os participantes, quando solicitados pela EDP Distribuição, deverão prestar e divulgar informações adicionais acerca dos processos e benefícios identificados.

34. Para efeitos de validação de detalhes, antes da atribuição dos prémios, poderão ser solicitadas visitas às instalações envolvidas nos casos em análise.

## C2. Candidatura apresentada pela empresa (1ª fase)

C3. Candidatura apresentada pela empresa (2ª fase)