



**Luís Miguel Lopes
Morgado**

**Gestão de Energia na Indústria Automóvel: o caso
Renault CACIA**



**Luís Miguel Lopes
Morgado**

**Gestão de Energia na Indústria Automóvel: o caso
Renault CACIA**

Relatório de projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais, à minha família e aos meus amigos, por me terem proporcionado tantos momentos inesquecíveis ao longo da minha vida e por todo o apoio e coragem que me deram em todas as etapas da minha formação.

o júri

presidente

Prof. Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor João Manuel Vilas-Boas da Silva
professor auxiliar do Instituto Superior de Ciências do Trabalho e das Empresas – Instituto
Universitário de Lisboa

Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço aos meus pais a dedicação à minha causa ao longo dos anos bem como o apoio incansável. A orientação e os conselhos por eles recebidos contribuíram ativamente para a pessoa que sou hoje.

Ao meu orientador de projeto, Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira, obrigado pela paciência, tempo disponibilizado e conhecimentos transmitidos.

Estou também grato a todos os que contribuíram de forma direta ou indireta para o alcançar das metas por mim propostas para este projeto, em particular ao Prof. Miguel da Silva Oliveira, Eng. Filipe Fernandes, Eng. João Nunes, ao Sr. João Tavares e aos restantes membros da Central de Fluidos e Energia da Renault CACIA.

palavras-chave

Energia, gestão dos consumos, utilização racional de energia, eficiência energética, payback

resumo

A eficiência energética na indústria assume uma importância crescente no desempenho económico das organizações. Este trabalho apresenta uma revisão da literatura acerca da racionalização de energia na indústria, através de ferramentas de gestão, de tecnologias e de políticas energéticas. É apresentada uma análise de um caso de estudo de uma indústria metalomecânica, sendo que o objectivo principal deste trabalho é avaliar a viabilidade económica para a implementação de medidas que visem aumentar a eficiência energética global das instalações. As conclusões relativas à viabilidade dos investimentos propostos são fundamentadas com a apresentação dos respetivos custos de investimento e períodos de retorno e com o impacto por estas causado na factura energética global.

keywords

Energy, consumption management, rational use of energy, energetic efficiency, payback

abstract

Energy efficiency in the industry has an increasing importance in the economic performance of the organizations.
This paper presents a review of the literature concerning energy rationing in the industry through management tools, technology and energy policies
It presents an analysis of a case study on a metalworking industry, being the main purpose of this study the evaluation of the economic feasibility for implementation of measures aiming to increase the overall energy efficiency of the facility.
The conclusions regarding the viability of the proposed investments are based on the display of their respective investment costs, payback periods and its impact on the global energy bill.

Índice

1. Introdução	1
2. Enquadramento Energético Nacional	3
2.1. Sector Industrial	5
2.2. Consumo de Energia na Indústria	9
2.3. ISO 50001 – Sistema de Gestão de Energia	10
2.4. Auditorias Energéticas no Sector Industrial	12
2.5. Medidas de Utilização Racional de Energia	15
2.5.1. Caldeiras.....	16
2.5.2. Instalações Eléctricas	17
2.5.3. Iluminação	17
2.5.4. Ar Comprimido.....	18
2.5.5. Variadores Electrónicos de Velocidade	18
2.6. Enquadramento da revisão bibliográfica	19
3. Renault CACIA S.A.	21
3.1. Apresentação geral da Empresa	21
3.2. Equipamentos consumidores intensivos de energia	27
3.2.1. Ar Comprimido	27
3.2.2. Caldeiras.....	28
3.2.3. Centro de Custo 3432 Árvores de Equilibragem M1D	29
3.3. Análise da situação proposta	31
3.3.1. Ar Comprimido	31
3.3.2. Caldeiras.....	32
3.3.3. Centro de Custo 3432 – Pinhões AEQ-M1D	37
3.4. Gestão dos Equipamentos em Termos Energéticos	47
3.5. Impacto das medidas estudadas	50
4. Considerações finais	51
4.1. Conclusões	51
4.2. Perspectivas de desenvolvimento futuro	51
5. Bibliografia	53
6. Anexos	55

Índice de figuras

Figura 1 - consumo de energia primária por fonte de energia em Portugal em 2010 (Eurostat, 2010).....	4
Figura 2 - incentivos à promoção da eficiência energética, (ADENE, 2012).	7
Figura 3 - isenção de taxas sobre os produtos petrolíferos, (ADENE, 2012)	8
Figura 4 - esquema de funcionamento da Norma ISO 50001.	11
Figura 5 - estrutura de uma auditoria.	14
Figura 6 - esquema de funcionamento de uma caldeira (Sistemas Energéticos Industriais, 2010)	16
Figura 7 - fluxograma da metodologia seguida.....	26
Figura 8 - vista aérea da empresa.....	21
Figura 9 - exemplo das etiquetas presentes nos equipamentos.....	24
Figura 10 - planta fabril da empresa (Renault CACIA).....	25
Figura 11 - esquema dos equipamentos de produção de ar comprimido (Renault CACIA).....	27
Figura 12 - peso da produção de ar comprimido na factura energética global (Renault CACIA)..	27
Figura 13 - caldeiras de aquecimento de fluídos (Renault CACIA).	28
Figura 14 - consumo de gás natural em 2010 (Renault CACIA).....	28
Figura 15 - acumuladores de ar comprimido.....	31
Figura 16 - Sistema de controlo de pressão do ar comprimido na rede.	32
Figura 17 - termoformados lavados no Edifício do Pártenon.	33
Figura 18 - relação entre VAL e TIR.....	36
Figura 19 - consumos do CC 3432 durante a semana 3 (16/01 a 22/01).....	37
Figura 20 - consumos do CC 3432 durante a semana 4 (23/01 a 29/01).....	38
Figura 21 - consumos da máquina 2383 na semana 3 (23/01 a 29/01).	39
Figura 22 - consumos da máquina 2383 na semana 4 (16/01 a 22/01)	39
Figura 23 - consumos da máquina 2384 na semana 3 (16/01 a 22/01).	40
Figura 24 - consumos da máquina 2384 na semana 4 (23/01 a 29/01).	40
Figura 25 - consumos da máquina 2476 na semana 3 (16/01 a 22/01).	40
Figura 26 - consumos da máquina 2476 na semana 4 (23/01 a 29/01).	41
Figura 27 - rectificadora dentado e módulo de filtração.....	41
Figura 28 - Diagrama com as possíveis causas para os elevados consumos nas semanas ímpares.....	42
Figura 29 - produção efetiva e prevista na semana 3 (16/01 a 22/01).	43
Figura 30 - produção efetiva e prevista na semana 4 (23/01 a 29/01).	43
Figura 31 - etiqueta indicativa do estado do equipamento em horário não produtivo.	47
Figura 32 - levantamento das etiquetas em 2006.	48

Figura 33 - levantamento das etiquetas em 2012.	48
--	----

Índice de tabelas

Tabela 1 - Auditorias energéticas periódicas e objectivos a cumprir, (adaptado de DGEG, 2012). 6	
Tabela 2 - caracterização dos equipamentos no CC 3432.	30
Tabela 3 - valores da receita e da despesa estimados e atualizados para o ano zero.	35
Tabela 4 - diferença semanal dos custos com a eletricidade no CC 3432.	38
Tabela 5 - tarifa cobrada na distribuição em Alta Tensão.	44
Tabela 6 - determinação dos períodos horários.	44
Tabela 7 - custos com eletricidade no CC 3432 com o turno da manhã em laboração.	45
Tabela 8 - custos com eletricidade no CC 3432 com o turno da noite em laboração.	45
Tabela 9 - viabilidade económica da medida estudada.	45
Tabela 10 - evolução do parque de equipamentos entre 2006 e 2012.	48
Tabela 11 - cálculo do custo atual estimado com a alteração das etiquetas face a 2006 no edifício das Caixas.	49
Tabela 12 - cálculo do custo atual estimado com a alteração das etiquetas face a 2006 no edifício dos Motores.	49
Tabela 13 - quadro resumo das medidas apontadas.	50

Acrónimos

AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CC	Centro de Custo
CIE	Consumidores Intensivos de Energia
CUET	Chefe da Unidade Elementar de Trabalho
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
GEE	Gases com Efeito de Estufa
IEA	International Energy Agency
ISO	International Organization for Standardization
MT	Média Tensão
PNAEE	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
PREN	Plano de Racionalização dos Consumos de Energia
PT	Posto de Transformação
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumidores Intensivos de Energia
SGEn	Sistema de Gestão de Energia
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
TT	Tratamentos Térmicos
VAL	Valor Actual Líquido
VEV	Variador Electrónico de Velocidade

1. Introdução

No primeiro capítulo do presente documento é feito o enquadramento do problema abordado no projeto, apresentados os objectivos e a metodologia seguida, bem com a estrutura do documento.

Serviu de motivação para a elaboração do presente documento, a consciencialização humana para os problemas associados à escassez de energia bem como as, cada vez mais estritas, legislações lançadas por parte dos países mais desenvolvidos, que impulsionam e motivam cada vez mais a procura por alternativas ou soluções inovadoras, com vista a utilização racional da energia. É neste sentido que o presente projeto pretende acompanhar a tendência cada vez mais global na procura de soluções que visem a diminuição dos consumos energéticos na indústria.

Com o presente projeto pretende-se o desenvolvimento de um modelo de análise aos consumos energéticos para uma pequena área da produção, e que posteriormente possa ser aplicada ao restante espaço fabril. Um requisito fundamental para garantir a utilidade prática de um projeto desta natureza é o da apresentação de medidas viáveis do ponto de vista económico e aplicáveis à realidade organizacional.

A metodologia a empregar nos cálculos de viabilidade económica vai de encontro com a política da organização em termos energéticos.

Este documento pretende dar um contributo para a redução dos consumos energéticos e consequentes custos diretos com a energia e indiretos com a manutenção, trazendo um possível incremento da competitividade da organização.

Este trabalho tem como objetivo primordial a **diminuição da fatura com a energia** na organização onde o estudo foi realizado. Deste objetivo, podem derivar 2 objetivos de orientação:

1. Melhorias de eficiência energética tanto ao nível do processo como tecnológico;
2. Análise de viabilidade financeira das medidas apresentadas.

A estrutura do presente documento é constituída por quatro capítulos e seus respetivos subcapítulos, com a informação organizada de modo a permitir uma fácil e rápida consulta através do índice.

O capítulo inicial contempla o enquadramento do trabalho e seus objetivos.

Segue-se uma breve revisão bibliográfica, de modo a introduzir o tema desenvolvido ao longo do projeto. As temáticas abordadas neste capítulo estão intimamente relacionadas com as questões energéticas atuais, o impacto que estas têm na sociedade moderna e a necessidade de reinventar a forma como são usadas.

O capítulo três inicia com uma breve apresentação da empresa onde foi realizado o

estudo, a Renault CACIA, contemplando também toda a análise realizada durante o estudo. Ao longo do período de estágio foram estudadas várias medidas de melhoria das condições energéticas, pelo que aqui são expostas, com a devida justificação, as soluções encontradas.

No capítulo quatro é feita uma breve síntese sobre os objetivos alcançados, são apresentadas as considerações finais do estudo bem como o trabalho futuro proposto.

O último capítulo contempla as referências bibliográficas e os anexos utilizados na elaboração do projeto.

2. Enquadramento Energético Nacional

A energia é uma necessidade básica para as instalações industriais em todo o mundo. Os países com crescimento económico mais rápido, apresentam necessidades de energia maiores, portanto a energia é um factor crucial para a competitividade da economia e do emprego. Do aumento da população mundial deriva o aumento da dependência pela energia. É nesta perspectiva que se enquadra este trabalho centrando-se no sector da indústria, e apresentando uma base de análise relativa às políticas da eficiência energética e conservação de energia neste sector.

O Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) atribui à Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) responsabilidades concretas na definição de mecanismos que promovam a eficiência energética ao nível da procura tendo como objectivo principal a redução do consumo de energia eléctrica. Entre as várias linhas estratégicas, destaca-se a quarta linha de orientação – Promoção da Eficiência Energética – que estabelece como medidas a adoptar entre outras, “A promoção de políticas de eficiência energética por parte das empresas de oferta de electricidade” e “Financiar ações de promoção da eficiência energética”. Nesta linha de orientação a Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 20 de Maio, aprovou o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) – Portugal Eficiência 2015, que engloba um conjunto alargado de programas e medidas consideradas fundamentais para que Portugal possa alcançar e suplantar os objectivos fixados no âmbito da referida diretiva europeia. O PNAEE estabelece como meta a alcançar até 2015 a implementação de medidas de melhoria da eficiência energética equivalentes a 10% do consumo final de energia, (Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica para 2011-2012).

Desta forma denota-se com clareza que o futuro deve ser alvo de atenção, devendo ser estudado, onde as escolhas mais apropriadas acabarão por surgir de entre um leque de alternativas de decisão. Uma das soluções muito em voga nos últimos tempos é a utilização das energias renováveis. Portugal, ao contrário do que se passa com as energias fósseis, apresenta muito boas condições à disseminação dos vários tipos de fontes de energias renováveis. Ainda no que a esta matéria diz respeito, é importante a sensibilização das populações dado que uma das barreiras à implementação deste tipo de energias é a desconfiança do consumidor. A população em geral tem alguma relutância em mudar hábitos, a chamada “resistência à mudança”, seja em que domínio for, (Castro, 2011).

Portugal apresenta recursos disponíveis em termos de energia solar e biomassa que se encontram entre os melhores da Europa, dispondo ainda de recursos hídricos passíveis de serem explorados, sobretudo ao nível de pequenos aproveitamentos. No que à energia dos edifícios diz respeito, o clima ameno que se faz sentir em Portugal representa por si só um excelente recurso passível de ser potenciado através de novos materiais e técnicas de construção, tornando assim os edifícios cada vez mais eficientes do ponto de vista energético. O

país apresenta ainda boas condições para o aproveitamento do recurso eólico, tal como se tem vindo a verificar pela aposta neste sector ao longo dos últimos anos. A energia das ondas e marés representa também um recurso disponível, através da vasta linha costeira, (BCSD, 2012).

Em 2006 foram revistas pelo Conselho Europeu as matérias relativas à energia são lançados pelo Livro Verde sobre a Estratégia Europeia para a Energia, o Livro Verde sobre Eficiência Energética e a Adopção do Plano de Acção para a Eficiência Energética e ainda a revisão da Diretiva da Eficiência Energética e Serviços de Energia, culminando em 2007 com a definição de três importantes metas para 2020 com o chamado Triplo 20% Europeu:

- 20% das necessidades energéticas a partir de fontes renováveis;
- Redução de 20% dos gases com efeito de estufa;
- Redução em 20% no consumo de energia primária.

As fontes renováveis mais usadas para gerar eletricidade de forma sustentável e mais limpa são: o sol, o vento, a chuva, o calor da terra e a biomassa. O facto dos processos de conversão destas formas de energia não serem poluentes torna-as especialmente atraentes do ponto de vista da degradação do meio ambiente, (DGEG, 2012).

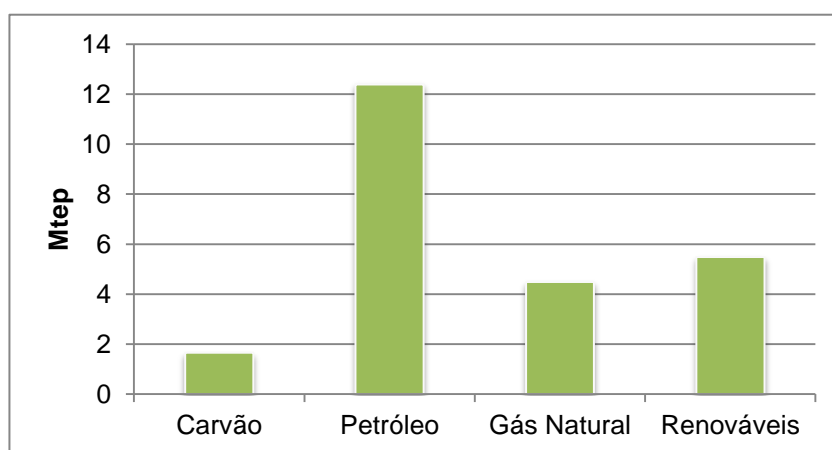


Figura 1 - Consumo de energia primária por fonte em Portugal em 2010 (Eurostat, 2010)

Um dos problemas mais graves que Portugal enfrenta atualmente é a forte dependência energética, sobretudo do petróleo como demonstra a figura 1, aliando a isso o facto de a energia estar cada vez mais cara e um consumo crescente, é com naturalidade que esta dependência surge como uma das causas da crise que atualmente abala a economia e a sociedade portuguesa. Desde 2005, ano que marca o reforço das políticas de incentivo às energias renováveis, o indicador de dependência energética passou de cerca de 87,2% em 2005 para os 77,1% em 2011, traduzindo um decréscimo real de 11,5% em 6 anos.

2.1. Sector Industrial

Ao nível da Indústria é também saudável por parte das organizações que estas adotem medidas que visam diminuir os seus consumos com a energia quer pelo aumento da eficiência energética, quer pela implementação de sistemas de energia renovável. O conjunto destas medidas permitem não só reduzir os custos com a energia mas também ajudam a melhorar a imagem social das organizações. Contudo, e para que o tema da energia não caia no esquecimento das organizações, sobretudo as grandes consumidoras de energia, surgiu o Decreto-Lei 58/82, de 26 de Fevereiro, que veio criar um quadro legal para a existência de regulamentação para as organizações ou instalações consumidoras intensivas de energia. Ao abrigo deste diploma foram publicadas duas portarias: Portaria 359/82, de 7 de Abril, Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE) a qual já foi revogada pelo Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de Abril, o novo Sistema de Gestão dos Consumidores Intensivos de Energia (SGCIE) e a Portaria 228/90, de 27 de Março, Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Sector dos Transportes (RGCE-ST) que ainda se encontra em vigor. Entende-se como empresas ou instalações consumidoras intensivas de energia (CIE):

- No caso de empresas de transportes, consumo energético anual superior a 500 tep (aproximadamente 573 000 litros de gasóleo/ano);
- No caso geral de empresas ou instalações, quando se verifique uma das seguintes situações:
 - Consumo energético anual superior a 500 tep;
 - Instalação com equipamentos cuja soma dos consumos energéticos nominais excedam 0,500 tep/hora;
 - Instalação com pelo menos um equipamento cujo consumo energético nominal seja 0,300 tep/hora.

O SGCIE para além de estabelecer um regime diversificado e administrativamente mais simplificado para as empresas que já estão vinculadas a compromissos de redução de emissões de CO₂ no quadro do Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE), define quais as instalações consideradas Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), alargando o âmbito de aplicação do anterior Regulamento (RGCE) a um maior número de empresas e instalações, com vista ao aumento da sua eficiência energética.

O SGCIE divide as instalações CIE em dois escalões:

- Instalações CIE com um 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 a redução de 4% de Intensidade Energética e Consumo

Específico de Energia e a manutenção da Intensidade Carbónica.

- Instalações CIE com um consumo anual igual ou superior a 1000 tep – Estas instalações estão obrigadas à realização de auditorias energéticas 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.

As exceções à aplicação de SGCIE são:

- Instalações de cogeração juridicamente autónomas;
- Empresas de transportes e empresas com frotas próprias consumidoras intensivas de energia.

O SGCIE prevê que as instalações CIE realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. Prevê, ainda, que sejam elaborados por técnicos credenciados os Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn) para serem submetidos a aprovação por parte da ADENE. Aprovado o PREn, este passa a designar-se por Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE), acordo este estabelecido com a entidade responsável pela supervisão e fiscalização, a DGEG. Este acordo contempla os objectivos mínimos de eficiência energética, associando ao seu cumprimento a obtenção de incentivos pelos operadores (entidades que exploram instalações CIE). As condições para a realização das auditorias energéticas são as seguintes:

Tabela 1 - Auditorias energéticas periódicas e objectivos a cumprir, (adaptado de DGEG, 2012).

Consumos Energéticos	Periodicidade das auditorias	1ª Auditoria	Metas a atingir	Implementação nos primeiros 3 anos
≥ 1000 tep/ano	6 em 6 anos	Até 4 meses após o registo	Redução de 6% da intensidade energética e consumo específico; Manter as emissões de CO ₂ .	Todas as medidas com retorno do investimento inferior a 5 anos
≥ 500 tep/ano < 1000 tep/ano	8 em 8 anos	Até 1 ano após o registo	Redução de 4% da intensidade energética e consumo específico; Manter as emissões de CO ₂ .	Todas as medidas com retorno do investimento inferior a 3 anos

Os indicadores são calculados segundo as seguintes fórmulas:

$$\text{Intensidade Energética} = \frac{\text{Consumo Total de Energia (tep)}(*)}{\text{Valor Acrescentado Bruto (€)}}$$

$$\text{Consumo Específico de Energia} = \frac{\text{Consumo Total de Energia (tep)}(*)}{\text{Produção}}$$

$$\text{Intensidade Carbónica (IC)} = \frac{\text{Emissões GEE (CO}_2\text{)}}{\text{Consumo Total de Energia (tep)}}$$

(*) Para efeitos do PReN, o consumo total de energia é calculado considerando apenas 50% da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis, (ADENE, 2012).

Os incentivos à promoção da eficiência energética ao dispor dos operadores, são;

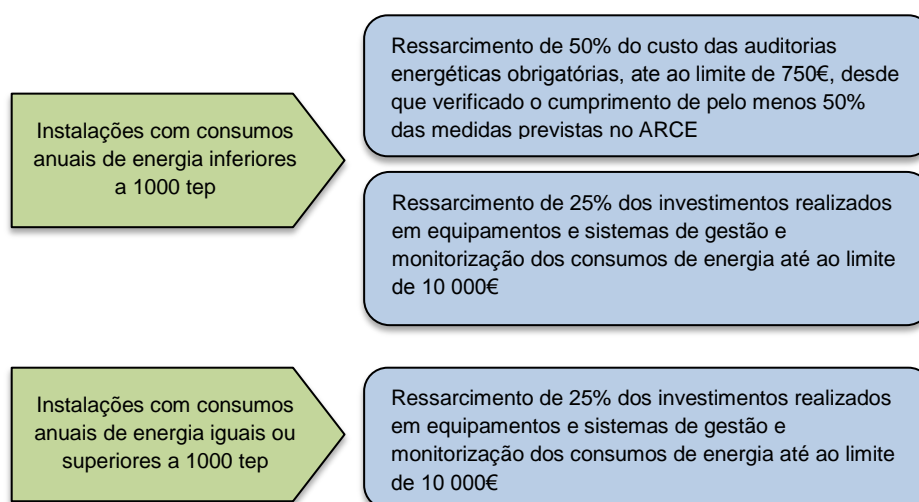


Figura 2 - Incentivos à promoção da eficiência energética, (ADENE, 2012).

No caso das instalações que consumam apenas gás natural como combustível e/ou energias renováveis, os limites previstos nos números anteriores são majorados em 25% no caso das renováveis e 15% no caso do gás natural.

Os operadores exploradores de instalações sujeitas ao SGCIE, bem como de instalações sujeitas ao PNALE, com ARCE, serão pela DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia identificados em declaração, para efeitos de reconhecimento da isenção do Imposto sobre Produtos Petrolíferos e Energéticos (ISP), por parte da DGAIEC – Direcção Geral de Alfândegas e Impostos Especiais sobre o Consumo, de acordo com:

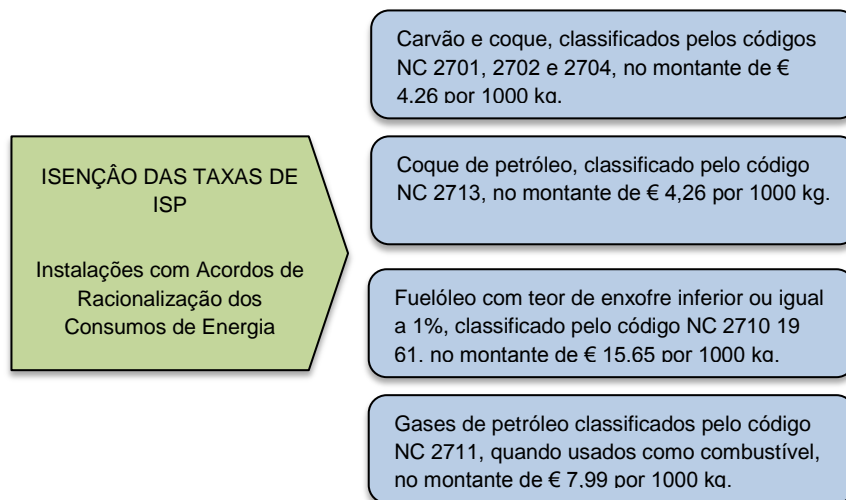


Figura 3 - Isenção de taxas sobre os produtos petrolíferos, (ADENE, 2012)

Uma tecnologia que se pode verificar altamente rentável é a atual tecnologia dos coletores solares que já permite a obtenção de calor a temperaturas entre 80°C e 250°C com um excelente rendimento. Em muitos processos industriais é necessário calor a estas temperaturas: produção de vapor, lavagem, secagem, destilação, pasteurização, etc. A grande dimensão das instalações industriais permite a aplicação de sistemas de baixo custo com boa rentabilidade económica. Os campos de coletores solares podem ser integrados nas coberturas das naves industriais, ou instalados em terreno anexo disponível, (AQS, 2004).

2.2. Consumo de Energia na Indústria

Em 2010 o sector industrial foi responsável por cerca de 29 por cento do consumo de petróleo e seus derivados em Portugal, devendo ter como principais prioridades a redução da intensidade e da dependência energéticas que se apresentam cerca de 40 a 50 % superiores às da UE, (Eurostat, 2010).

Normalmente, as indústrias necessitam para os seus processos industriais de energia eléctrica e energia térmica. Como é comum, estas indústrias recebem a energia eléctrica da rede nacional e utilizam o fuelóleo, a biomassa, o gás de petróleo liquefeito e, mais recentemente em Portugal, o gás natural como fonte de energia térmica. Através destas fontes de energia, as indústrias geram principalmente ar quente, água quente, vapor ou termofluido, para posteriormente ser transferida a energia através de permutadores de calor ou turbinas ao longo da rede de distribuição interna. As principais ineficiências na utilização destas fontes energéticas prendem-se com a forma como é processada a combustão e com as perdas provocadas pela própria rede de distribuição, (Fettweis, 2008).

Na mente de alguns industriais, continua presente a ideia que o crescimento económico é sinónimo de aumento do consumo de energia. O conceito da Utilização Racional de Energia, sugerido no seguimento dos chamados choques petrolíferos, veio alertar decisivamente a forma de encarar a energia, demonstrando ser possível crescer sem aumentar os consumos ou afectar a qualidade da produção. A chave da questão designa-se gestão de energia. Como qualquer outro factor de produção, a energia deve ser gerida contínua e eficazmente. A gestão de energia deve começar desde logo na fase de projeto das instalações e dos meios de produção de uma empresa, considerando a escolha de equipamentos e formas de energia a consumir, por exemplo, e acompanhar a atividade da empresa, (Gaspar, 2004).

A otimização energética tem sido um factor estratégico com uma importância crescente no que respeita ao desenvolvimento de equipamentos, sistemas e plantas industriais. Para grande parte dos atuais processos produtivos, existem novas formas de utilização mais eficiente da energia, eliminando fatores intermédios, como é o caso da substituição de fluidos intermédios pela queima direta. De uma eficiente utilização da energia depende em muito a redução dos custos de exploração.

Existem empresas que se dedicam à prestação de serviços na área da energia, muito desse trabalho consiste na gestão de energia do cliente através de uma abordagem integrada de todos os aspetos relacionados com a energia, incluindo não só a oferta com a escolha do melhor fornecedor, mas também ao nível do processo de utilização da mesma. Os serviços de energia integram um leque de atividades como auditorias energéticas, implementação de medidas de utilização racional de energia, projeto e dimensionamento de sistemas de produção local de energia mais eficientes (sistemas de cogeração e de energias renováveis), manutenção de sistemas energéticos, leasing de equipamentos e financiamento de projetos, (BCSD, 2005).

A iluminação aparece como a carga mais importante no sector terciário, sendo na indústria a segunda carga mais relevante, enquanto os motores elétricos representam com larga margem as cargas mais importantes na indústria. Os motores elétricos são utilizados numa vasta gama de aplicações que vão desde a movimentação de fluidos em bombas, compressores e ventiladores, para além de todo um conjunto de movimentações mecânicas. O peso que os motores elétricos representam no consumo de eletricidade para as empresas, desencadeou o desenvolvimento dos designados “motores de alto rendimento”. Estes motores, como o próprio nome indica, apresentam um rendimento e um fator de potência mais elevados que os motores standard. Os ganhos de eficiência com os motores de alto rendimento vão desde 1% a 8%, de acordo com a potência do motor, o que se pode traduzir em importantes reduções do consumo elétrico, (EE, 2012).

Quanto à iluminação, esta deve ser dimensionada tendo em conta a arquitetura do próprio edifício e também de acordo com as questões relacionadas com a ergonomia visual do posto de trabalho. Estes requisitos não dependem unicamente da quantidade de luminárias, pois a forma e a limpeza em que se encontram as armaduras ajudam a obter os níveis de luminância exigidos. A utilização de balastros electrónicos é uma boa forma de tornar a iluminação cerca de 20% a 25% mais eficiente e eliminam o ruído causado pela frequência de funcionamento dos balastros convencionais (50 Hz), uma vez que os balastros electrónicos funcionam acima da gama audível de frequências (25kHz a 40kHz). No que às lâmpadas diz respeito, também estas têm evoluído no sentido de reduzir os consumos como é o caso das recentes lâmpadas LED (Light Emitting Diodes) que para além de esta tecnologia permitir obter a mesma luminosidade com apenas um terço do consumo de uma lâmpada fluorescente, também é livre de mercúrio (material tóxico). Obviamente que a maior poupança de energia com a iluminação é o aproveitamento máximo da luz natural durante o período diurno, (Thollander et al, 2010).

2.3. ISO 50001 – Sistema de Gestão de Energia

A energia é fundamental para as operações organizacionais, e dependendo da forma como esta é utilizada, pode representar um grande custo para as organizações em qualquer ramo de atividade. O desenvolvimento e a implementação de novas fontes de energia mais baratas como as energias renováveis, ou de tecnologias mais eficientes do ponto de vista energético, representa normalmente custos elevados, sendo este o principal entrave à sua adoção.

Melhorar o desempenho energético traduz-se normalmente em benefícios rápidos, maximizando a utilização de energia e reduzindo o seu consumo específico. Aliando a estas razões a crescente preocupação devida à diminuição dos recursos energéticos e ao aquecimento global provocado pelos GEE, surge em 2011 por iniciativa da *International*

Organization for Standardization (ISO), a Norma ISO 50001, que aplica conceitos de gestão tradicionais, como o ciclo PDCA (figura 4), no campo da Energia, (Eccleston, 2011).

Uma vez que se trata de um sistema de gestão alvo de uma constante melhoria, esta Norma rege-se pelo ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), comumente conhecido como uma das Ferramentas da Qualidade para a melhoria contínua. A Norma fornece também um quadro de exigências que permite às organizações:

- Desenvolver uma política para o uso mais eficiente da energia;
- Fixar metas e objectivos de acordo com a política adotada;
- Criação de indicadores para compreender e tomar as melhores decisões ao nível do uso e do consumo de energia;
- Medição dos resultados;
- Analisar a eficácia da política definida;
- Melhorar continuamente o Sistema de Gestão de Energia (SGEn).

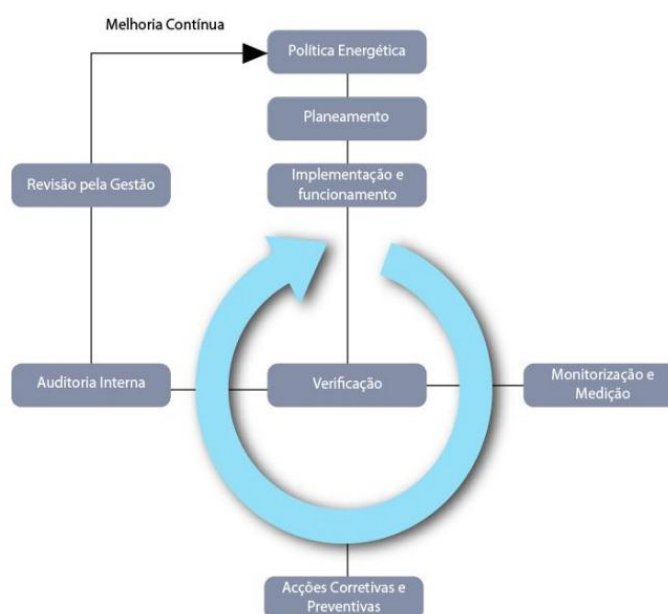


Figura 4 - Esquema de funcionamento da Norma ISO 50001.

O SGEn abrangido pela ISO 50001 compreende as várias etapas do ciclo:

- **Planeamento:** rever o sistema energético e estabelecer a linha orientadora, os indicadores de desempenho energético, objetivos, metas e planos de ação necessários para fornecer resultados de acordo com as oportunidades de melhorar a eficiência energética.
- **Implementação e funcionamento:** implementar os planos de ação definidos anteriormente.
- **Verificação:** monitorização e medição dos processos e das características

principais que determinam o desempenho energético de acordo com a política adotada.

- **Ação:** com base nos resultados das medições efetuadas, tomar ações no sentido de melhorar continuamente a eficácia do SGEEn.

A norma apresenta como principais benefícios para as organizações os seguintes aspetos:

- Identificar oportunidades de melhoria;
- Garantir maior nível de controlo;
- Melhorar a imagem;
- Demonstrar transparência e compromisso;
- Redução dos custos com a energia;
- Satisfação das demais partes interessadas.

A Norma ISO 50001 não fixa metas para melhorar o desempenho energético, este fica a cargo do gestor de energia da organização ou das autoridades reguladoras. Desta forma, qualquer organização, independentemente do seu domínio atual de gestão de energia, pode implementar a norma para estabelecer uma linha base para que a um ritmo adequado ao seu contexto e às suas capacidades, possa vir a ser melhorado continuamente, (Pinero, 2009).

2.4. Auditorias Energéticas no Sector Industrial

O preço da energia evolui de forma condicionada por um conjunto de fatores que acabam por determinar a mudança nas organizações. Como tem sido habitual nos últimos tempos, o custo das faturas energéticas não param de aumentar, acabando por se tornar num custo de exploração com implicações diretas nos preços dos produtos e serviços por estas prestados. Desta forma surge cada vez mais no tecido empresarial um novo factor crítico de sucesso, a Gestão de Energia, obrigando as organizações a alterar muitas das vezes a sua forma de operar. É assim que o levantamento e a auditoria energéticos assumem particular importância, pois como qualquer objeto sujeito a gestão obriga ao conhecimento da situação inicial.

O objetivo de uma auditoria energética prende-se com a detecção de oportunidades de racionalização energética através da implementação de medidas viáveis do ponto de vista económico. A auditoria energética dá ao gestor de energia a capacidade para contabilizar os consumos energéticos, criação de indicadores de eficiência energética dos equipamentos bem como das perdas existentes possibilitando-o de atuar sobre as perdas sem comprometer a produção, (Worrell et al, 2003).

O consumo específico (C) de um determinado produto, mede a quantidade de energia consumida para produzir uma unidade de produto acabado (toneladas, litros, unidades). Este indicador é utilizado ao nível microeconómico das organizações, sendo essencialmente função da produção. Do ponto de vista da utilização racional de energia, pretende-se a redução deste indicador através da eficiência energética, (Martins, 2010).

$$C = \frac{\text{Consumo energia final}}{\text{Unidade de produto}} \left[\frac{\text{GJ}}{\text{Produto}} \right]$$

onde C pode vir expresso em *gep* – grama equivalente de petróleo/unidade de produto, *kgep* – quilograma equivalente de petróleo/unidade de produto ou GJ – giga Joule/unidade de produto.

As auditorias energéticas têm como objectivos:

- Caracterizar e quantificar as formas de energia utilizadas;
- Avaliar o desempenho dos sistemas de geração, transformação, e utilização de energia;
- Quantificar os consumos energéticos por sector, produto ou equipamento, através de relações entre o consumo e a produção;
- Estabelecer potenciais medidas de racionalização;
- Planear a gestão de energia na empresa;
- Avaliar técnica e economicamente as soluções encontradas;
- Propor um plano de racionalização para as ações e investimentos a empreender.

As auditorias onde é utilizada a informação relativa aos consumos de electricidade, água, gás e combustíveis através da faturação, com a aplicação de curvas de consumo características, designam-se por Auditorias Simples. A informação contida neste tipo de auditorias pode, no caso da indústria, ser complementada com dados relativos à produção como as horas de funcionamento ou características do equipamento. Por sua vez, as Auditorias Completas, permitem obter dados mais específicos, como por exemplo, consumos desagregados por equipamentos ou grupo de equipamentos, consumos por área, condições da envolvente interior e exterior, ou seja, permitem uma monitorização de todo o sistema energético instalado. A grande vantagem das auditorias simples relativamente às auditorias completas é a sua curta duração associada a um preço moderado, no entanto, é mais difícil tomar a melhor decisão sobre a medida ou conjunto de medidas de racionalização a adoptar apenas com base numa auditoria simples, (Correia et al, 2003).

Por norma, uma Auditoria Energética obedece a uma ordem sequencial de acontecimentos, que vão desde a recolha e análise da situação energética anterior à realização da auditoria, passado pela análise dos equipamentos consumidores de energia e suas condições de

funcionamento, até à apresentação dos resultados e das medidas a seguir que levem à redução dos consumos. A figura 5 representa a estrutura habitualmente seguida pra a realização de uma auditoria energética.

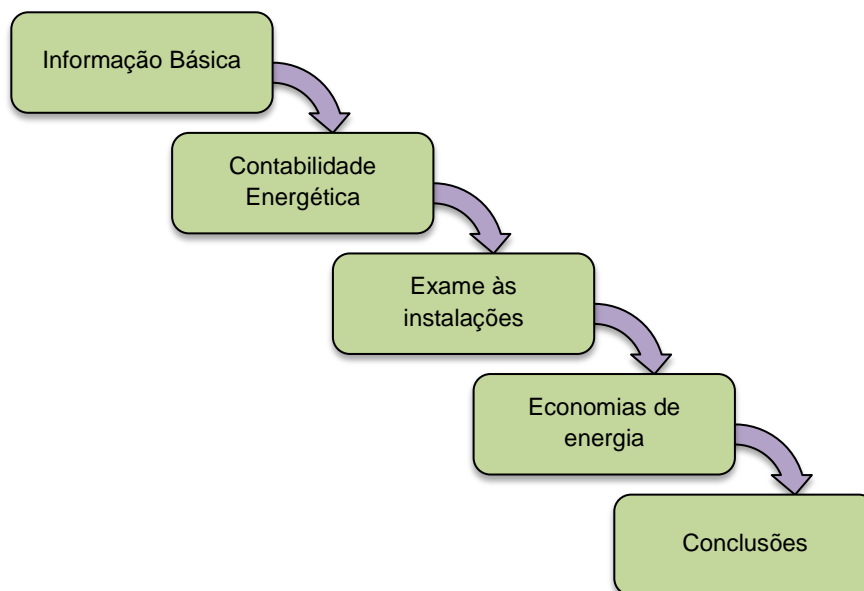


Figura 5 - Estrutura de uma auditoria.

A auditoria inicia-se com o planeamento dos trabalhos a realizar e com a recolha dos dados relevantes para o estudo a realizar. É durante esta fase que são definidos os objetivos, é escolhida a equipa de trabalho com a atribuição das devidas responsabilidades. Esta fase da auditoria contempla ainda a recolha de toda a informação relativamente a consumos, sobretudo ao nível de equipamentos ou processos de maior relevância, por forma a completar a informação cedida por parte da empresa auditada.

Segue-se o tratamento da informação, onde é gerado um conjunto de indicadores energéticos de cariz quantitativo. É calculado o consumo específico de energia dos equipamentos com maior consumo, por atividade ou sector produtivo e pelo total da instalação. O valor do consumo específico deve, sempre que possível, ser comparado com o homólogo de referência definido para o ramo de atividade em causa, caso seja conhecido. A mesma análise também se aplica ao nível dos equipamentos, (Vieira, 2009).

Também ao nível dos equipamentos consumidores intensivos, dever ser realizados os balanços de massa e energia por forma a apurar as perdas e os rendimentos para comparação com os valores nominais de processo se possam encontrar as possíveis melhorias na eficiência energética.

O relatório final deverá apresentar aos gestores das instalações em causa, de uma forma clara e concisa, toda a informação relativa à análise da situação energética desde situações encontradas, observações e medições efetuadas no terreno, a determinação dos

consumos específicos com as respectivas comparações com os valores de referência, identificação das anomalias e a proposta de medidas de eficiência energética mais rentáveis sob o ponto de vista de retorno do investimento. Com base neste documento, é elaborado o plano de racionalização de energia que estabelece a estratégia a seguir em termos de ações e investimentos.

As metas a cumprir são quantificáveis da seguinte forma:

$$M = \frac{C - K}{2} \times \frac{n}{5}$$

onde, M representa a redução do consumo específico a obter até ao final do ano n de aplicação do plano de racionalização. C é o consumo específico obtido no âmbito da auditoria realizada e K o consumo específico de referência, quando este não se encontra tabelado é tomado como novo valor de referência para K , um valor de 90% do consumo específico C .

A realização de auditorias energéticas resulta, por vezes, de uma imposição legal como já foi referenciado anteriormente (Capítulo 2, secção 2.1.), nomeadamente em todas as instalações consumidoras intensivas de energias (CIE), abrangidas pelo SGCIE.

2.5. Medidas de Utilização Racional de Energia

Portugal, que apresenta consumos de energia per capita abaixo da média europeia, tem-se ressentido do agravamento da intensidade energética na economia (rácio do consumo pelo PIB), opostamente ao que se verifica de forma geral na UE. Por outras palavras, Portugal necessita de maior quantidade de energia para criar a mesma riqueza que os parceiros comunitários. A adoção de uma postura de utilização racional de energia torna-se num dos melhores mecanismos para atrasar a escalada dos preços praticada pelos produtores.

Uma utilização racional de energia pode, em muitos casos, aumentar a vida útil dos equipamentos gerando economias relativas aos custos de manutenção, reparação e até substituição.

As principais medidas descritas na literatura assentam sobretudo ao nível do comportamento humano e ao nível da tecnologia utilizada nos equipamentos. Os equipamentos genéricos onde se podem gerar poupanças significativas e imediatas são aqueles que assumem maior peso na fatura energética, como as caldeiras, a iluminação, produção de ar comprimido e ar condicionado, em que muitas das vezes a sua utilização é descuidada ou não lhe é reconhecida a devida importância, (Alves, 2009).

2.5.1. Caldeiras

Um gerador de calor, habitualmente designado por caldeira (figura 6), é normalmente constituído por uma câmara destinada à combustão, e um permutador destinado à transmissão de calor. A presença, na maioria das indústrias, destes equipamentos é sinónima de grandes consumos de energia.

A forma da câmara de combustão difere com o tipo de combustível que é utilizado, existindo no mercado caldeiras com câmaras de combustão rectangular, circular ou com paredes tubulares. Este tipo de equipamentos possui alguns acessórios que lhe permitem aumentar a eficiência energética, como as bombas de alimentação, válvulas de segurança, quadro de comando, manómetros de temperatura e pressão, entre outros, (Rocha, 2011).

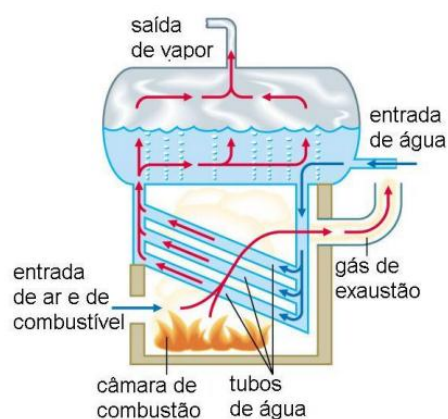


Figura 6 - Esquema de funcionamento de uma caldeira (SEI, 2010)

As principais perdas deste tipo de equipamentos verificam-se ao nível de:

- Gases de exaustão;
- Transferência de calor por radiação através das paredes;
- “Descarga de fundo”.

Os sistemas de controlo, permitem minimizar as perdas de energia nos gases de combustão, ajustando as entradas de ar e combustível de maneira a produzir uma combustão completa.

É possível efetuar o aproveitamento da temperatura presente nos gases de exaustão, uma vez que estes saem da caldeira a uma temperatura superior à do vapor produzido, através de:

- Economizadores de gases de combustão;
- Recuperadores de aspensão;
- Rodas de calor;
- Reguladores de exaustão.

É importante fazer a remoção periódica dos depósitos de sais que se acumulam ao longo das paredes do permutador, de maneira a que a troca de calor não seja dificultada. O registo permanente dos dados de desempenho da caldeira, permitem detetar com antecedência disfuncionamentos.

2.5.2. Instalações Elétricas

Geralmente a tensão de entrega da energia elétrica num consumidor industrial situa-se entre a média tensão (MT) e a alta tensão (AT), isto para reduzir as perdas na rede de distribuição e para ser fisicamente possível fazer o transporte de grandes quantidades de energia em cabos com pouca secção. Desta forma, e como o consumo final (máquinas associadas à produção) funcionam tipicamente em baixa tensão (BT), é necessária a instalação de postos de transformação (PT's). Uma boa medida de utilização racional de energia está intimamente ligada à concepção e exploração da rede elétrica interna, pelo que se deve procurar garantir:

- A mínima extensão possível dos circuitos que alimentam os equipamentos, procurando assim reduzir as perdas em linha e as quedas de tensão para além da economia em cabos e dispositivos auxiliares e de comando;
- Distribuição equitativa pelas três fases;
- Projetar a rede de forma a garantir uma boa fiabilidade no fornecimento, para que a ocorrência de avarias provoque uma interrupção num numero reduzido de equipamentos, (Lopes, 2004).

2.5.3. Iluminação

A energia elétrica consumida para fins de iluminação numa instalação industrial representa em termos médios cerca de 5% a 7% do consumo global de energia elétrica.

No que à iluminação diz respeito, é importante referir que a forma de iluminação mais barata (iluminação natural), tem sido desprezada na concepção dos edifícios durante as últimas décadas, e o aproveitamento desta pode representar uma redução significativa na factura elétrica, (Lam, 2010).

A iluminação do espaço deve ser projetada de acordo com a quantidade e qualidade de iluminação adequada às tarefas a realizar, para tal deve ser tidos em consideração os seguintes aspectos:

- **Níveis de iluminação:** as diversas tarefas visuais a desempenhar requerem

diferentes níveis de iluminação, quanto maior o detalhe ou menor o contraste com o plano de fundo, maior é a quantidade de luz necessária. A Comissão Internacional de Iluminação recomenda os níveis mínimos de iluminação para a realização das diferentes tarefas;

- **Encandeamento:** é um fenómeno que provoca sensação de desconforto, e em casos extremos produzir incapacidades ao nível da visão.
- **Restituição de cor:** o índice de restituição de cor, característica inerente ao tipo de lâmpada, é determinante para a correta execução das tarefas a desempenhar.
- **Equilíbrio da iluminação:** procura evitar uma iluminação direcional muito difusa, reduzindo os contrastes fortes e contribuindo para o conforto visual.

A redução do consumo de energia através da iluminação, praticando níveis de luminância abaixo dos recomendados pode significar um decréscimo da produtividade através da fadiga dos operadores.

Na maioria das situações, o acréscimo de investimento inicial devido à utilização de equipamentos mais eficientes na área da iluminação é recuperado em períodos de tempo aceitável através das economias que proporcionam.

2.5.4. Ar Comprimido

Em muitos dos cenários industriais o ar comprimido surge como a melhor opção para sistemas de controlo ou como força motriz. É importante que a rede de ar comprimido esteja bem dimensionada desde a fonte (compressor com débito ligeiramente acima das necessidades) até ao consumidor final (diâmetro das condutas adequado) para evitar a paragem de máquinas por falta de carga na rede, a diferença de carga entre a fonte e o consumidor final não deve ser superior a 0,5 bar. É importante para a redução de eventuais fugas que a rede de distribuição tenha a menor extensão possível e apenas a quantidade necessária de acessórios de controlo. As perdas de carga devem-se sobretudo aos elementos que provocam a resistência ao movimento do ar, como as uniões, as soldaduras, rugosidade no interior das condutas, os ângulos da rede, as válvulas e o mais importante as fugas não só ao nível da rede como também dos equipamentos de consumo final, (Rosenberg, 2003).

2.5.5. Variadores Electrónicos de Velocidade

A utilização dos variadores electrónicos de velocidade (VEV) é a medida com maior impacto na redução do consumo de energia nos motores eléctricos. Os VEV substituem com enormes vantagens, todos os anteriores sistemas utilizados para o arranque dos motores de indução, através da otimização da potencia eléctrica pedida à rede com a carga imposta no veio

do motor. Este controlo é efetuado de um modo contínuo e permanente, desde o arranque ao funcionamento em regime de plena carga, passando pelo ajuste otimizado nas situações de regime transitório, (Abdelaziz et al., 2011).

As principais vantagens da aplicação dos VEV nos motores elétricos são:

- Economias de energia até 50%, com um valor médio de cerca de 20% a 25%;
- Aumento da longevidade do motor, em consequência da redução de choques mecânicos através dos arranques suaves do motor;
- Melhoria do fator de potência e consequente redução da energia reativa, a que na maior parte dos casos industriais, está associada uma parcela na fatura energética;
- Capacidade de “by-pass” perante falhas do variador;
- Amplas gamas de velocidade, binário e potencia;
- Melhoria do processo de controlo e portanto da qualidade do serviço de fornecimento de energia.

2.6. Enquadramento da revisão bibliográfica

A literatura indica que a Energia é um tema que tem vindo a amadurecer no decurso dos últimos anos, sobretudo devido ao facto de que este recurso tal como o conhecemos hoje pode não existir num futuro próximo.

Na indústria, face à sucessiva escalada dos preços dos principais vetores energéticos, a energia assume cada vez mais um papel de destaque na parcela do lado dos custos. Assim atenção focaliza-se cada vez mais nas boas práticas de utilização da energia.

No caso de estudo seguidamente apresentado, são utilizadas algumas das recomendações citadas na literatura, que visam sobretudo a caracterização energética das instalações e a medição dos indicadores de consumo. Relativamente às medidas de racionalização de energia citadas anteriormente, Secção 2.5., o conhecimento das mesmas desperta uma nova forma de analisar os equipamentos consumidores, no entanto cada situação deve ser analisada de forma única e singular sem desprezo das características envolventes.

3. Renault CACIA S.A.

3.1. Apresentação geral da Empresa

Este trabalho tem por base a realização do estágio curricular realizado nas instalações da Renault C.A.C.I.A. S.A., que tem como atividade a produção caixas de velocidades para automóveis e vários componentes para motores, sendo o mais significativo as de Bombas de Óleo.

O início da empresa data de 1981 com a produção de Caixas de Velocidades. Em 1982 iniciou-se a maquinação e montagem de Motores. Em 1997 iniciou a atividade para construtores fora do Grupo Renault, sendo que em 2001 ocorreu uma mudança estratégica com a concentração da atividade apenas para o Grupo Renault.



Figura 7 - Vista aérea da empresa.

As instalações da Renault C.A.C.I.A. ocupam uma superfície total de 300 000 m², e uma área coberta de 70 000 m² (figura 10). A totalidade da produção destina-se a outras fábricas de montagem de veículos pertencentes ao Grupo Renault – Nissan situadas não só na Europa, mas também em países como Brasil, Marrocos, África do Sul, Irão e Índia. Em 2011 a fábrica possuía 1099 colaboradores com idade média de 42 anos, produziu um total de 508 719 caixas de velocidades com uma faturação de cerca de 275 M€.

As atuais instalações fabris que constituem o caso-de-estudo deste relatório, localizam-se no concelho de Aveiro, mais concretamente em Cacia, dispondo duas unidades fabris distintas. No edifício sul, apelidado edifício das Caixas, são produzidas apenas caixas de velocidades automóvel e tem uma capacidade nominal média na ordem das 11500 caixas por semana em funcionamento contínuo. O edifício norte, apelidado edifício dos Motores, contempla vários projetos afectos a produção de componentes de motor automóvel, em que a capacidade instalada varia consoante o tipo de peça produzida. Em toda a organização existem cerca de 80

Centros de Custo, correspondentes a cada um dos projetos ou áreas, sendo que lhes está associada um tipo de peça ou uma operação específicas. A organização labora 24 sobre 24 horas contando com aproximadamente 1200 colaboradores distribuídos em três turnos.

A figura 9 ilustra o espaço fabril, onde são visíveis os Centros de Custo afectos à produção.

A organização alvo de estudo apresenta uma série de áreas de funcionamento, como:

I) **Manutenção**

A função da manutenção está organizada para atuar de um modo preventivo ou corretivo, sendo a manutenção preventiva é efectuada de forma sistemática segundo um plano anual gerado automaticamente por um programa informático e apresenta-se maioritariamente sob a forma de lubrificações, inspeções e intervenções sistemáticas. Todas as manutenções periódicas a equipamentos específicos, como o caso dos compressores e dos transformadores elétricos, ficam a cargo de empresas externas especializadas. Está também ao encargo do serviço da manutenção a rede elétrica, a rede de água sobreaquecida e refrigerada, a rede de óleo de corte e o tratamento dos efluentes.

II) **Produção**

A produção assegura a constante produtividade da organização, alocando pessoas e/ou equipamentos consoante as flutuações na procura. O controlo de qualidade é realizado pelo pessoal afeto à produção. É também responsável por ganhar novos projetos junto do grupo RENAULT.

III) **Informática**

A informática encarrega-se de manter funcionais todos os terminais informáticos, bem como os programas essenciais ao correto funcionamento da organização. É ainda responsável pela interligação das várias áreas bem como aos *data centers* alojados em França.

IV) **Engenharia**

Todas as intervenções no espaço produtivo como a redefinição de *layouts*, aquisição ou intervenção de melhoria nas máquinas, entre outras, ficam ao encargo da engenharia.

V) **Logística**

A logística processa as encomendas dos clientes, realiza encomendas junto dos

fornecedores e assegura o despacho do produto acabado. É também responsável por encontrar e negociar formas mais económicas no transporte das mercadorias, quer a nível interno quer a nível externo.

VI) Edifício da Administração

No edifício da Administração, estão concentrados os serviços de Recursos Humanos, Contabilidade, Compras, Comunicação e Gestão.

Ao nível das infraestruturas de suporte relevantes para este relatório, existem:

VII) Subestação

Com uma razão de transformação na ordem dos 10 MWh, a subestação interna é responsável pela alimentação elétrica de toda a organização. A energia elétrica chega por meio de duas linhas de alta tensão 60 kV à subestação, onde é transformada em média tensão 15 kV e distribuída através de três linhas até aos vários postos de transformação.

VIII) Postos de Transformação

Os postos de transformação, doravante designados por PT, transformam a média tensão proveniente da subestação em baixa tensão 400 V. A energia é então distribuída pela fábrica através de *canális* suspensas no telhado, onde cada máquina possui uma baixada elétrica diretamente da *canális*.

IX) Contadores de energia

O processo de contagem de energia não tem sido fácil de implementar principalmente devido aos custos que acarreta. A forma de contornar o problema consiste em, para além dos seis Centros de Custo iniciais que obtiveram aprovação direta para que fossem colocados contadores de energia nas máquinas, os restantes Centros de Custo só iam ter contadores de energia à medida que fossem alterados, como por exemplo mudar de zona ou redefinição de *layout*. Neste momento só cerca de 40% do total da energia consumida é contabilizada.

X) Portas de comunicação

As portas de comunicação, doravante designadas por *NPorts*, consistem em módulos de comunicação localizados nos LT's (locais técnicos) e que transmitem a informação proveniente dos contadores de energia para o computador central que possui instalado o programa informático *PowerGest*, responsável pela recolha e apresentação dos dados.

XI) PowerGest

O *PowerGest* juntamente com uma base de dados em Excel são os responsáveis por definir em que *NPort* o novo contador vai ser ligado, tendo em conta as vagas disponíveis e a proximidade a cada aos LT's. No programa encontram-se integradas todas as máquinas que possuem contador de energia e este permite obter os dados das contagens por máquina, por Centro de Custo ou total fábrica. Também é possível escolher a forma como se pretende visualizar os valores, por hora, dia, semana, mês ou ano. É possível exportar os vários relatórios em formato pdf, txt ou xls.

De ressaltar também, ao nível da gestão dos equipamentos em termos energéticos durante os períodos não produtivos, a classificação individual segundo um código de cores. Este sistema é conhecido como "Sistema de etiquetas de energia", estas etiquetas encontram-se ilustradas na figura 9.

A acompanhar a cor da etiqueta encontra-se também a informação a que esta se refere.



Figura 8 - Exemplo das etiquetas presentes nos equipamentos.

As etiquetas Verdes indicam que o equipamento pode ser completamente desligado, devendo o seccionador do armário elétrico estar desligado enquanto este não estiver a produzir.

As etiquetas Amarelas possibilitam que alguns dos circuitos elétricos do equipamento permaneçam ligados. Estes circuitos alimentam principalmente memórias e sistemas de aquecimento e/ou arrefecimento.

Por sua vez as etiquetas Vermelhas, devido às características intrínsecas do equipamento, da tecnologia utilizada ou da função desempenhada, indicam que este não deve ser desligado sob qualquer circunstância, com a agravante de avaria ou perda de produção significativa.

Este sistema tem como finalidade evitar que os equipamentos permaneçam ligados durante os períodos em que não estão a realizar trabalho. Desta forma e dado o tamanho do parque de equipamentos presente no espaço fabril, é possível não incorrer em elevados custos energéticos desnecessários.

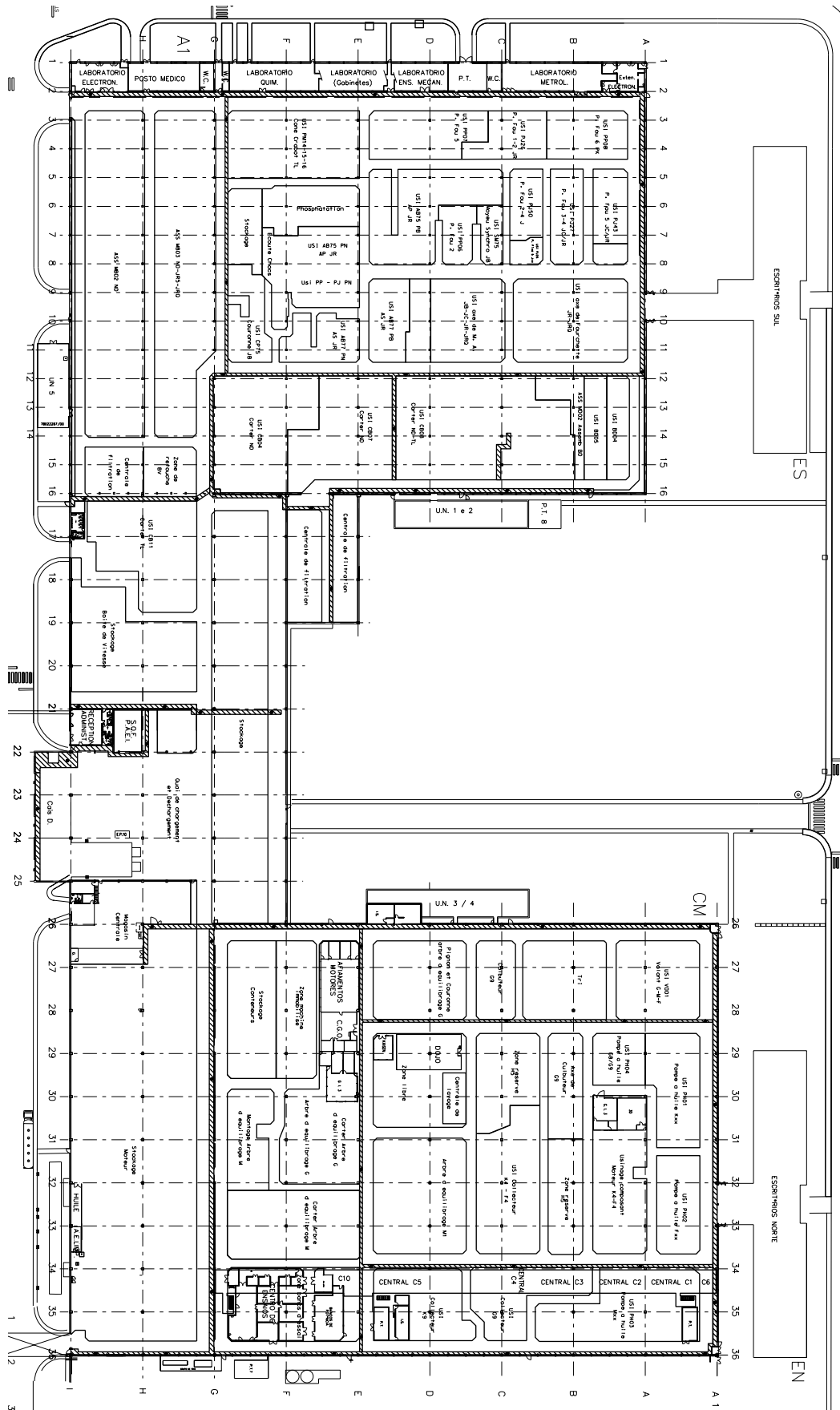


Figura 9 - Planta fabril da empresa (Renault CACIA).

Metodologia seguida

A metodologia seguida na elaboração do caso de estudo vai ao encontro da abordagem apresentada na Norma ISO 50001.

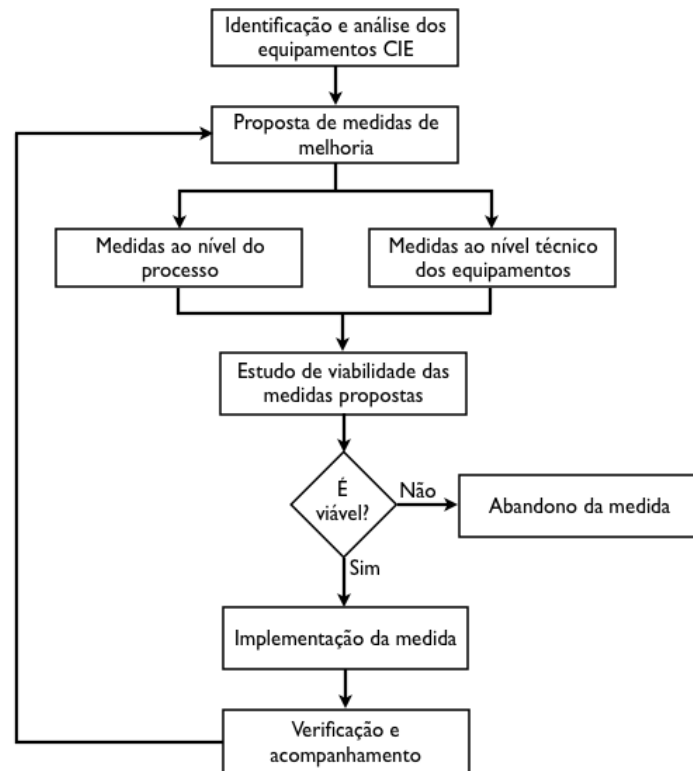


Figura 10 - Fluxograma da metodologia seguida.

Inicialmente são apresentados os equipamentos com maior impacto na factura energética, e por indicação da empresa acolhedora, foi também incluído na análise um dos Centros de Custo que constituem toda a unidade fabril, com os correspondentes consumos.

Perante as situações identificadas, são propostas medidas quer ao nível do processo, quer ao nível técnico do equipamento, com vista à redução dos consumos de energia sem afetar a produção, com a demonstração de um quadro resumo das medidas apresentadas.

3.2. Equipamentos consumidores intensivos de energia

3.2.1. Ar Comprimido

No edifício da Central de Fluidos encontra-se os cinco compressores responsáveis pelo abastecimento de ar comprimido a toda a fábrica (ver figura 11). A capacidade instalada de produção de ar comprimido é de 16 000 Nm³/h, sendo que a procura varia entre os 1 500 Nm³/h ao fim de semana e os 12 000 Nm³/h durante a semana. A potência total instalada é de 1,66 MW.

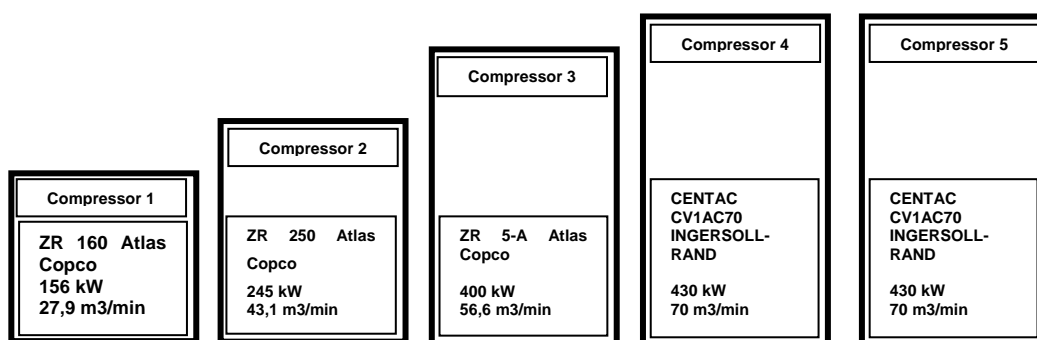


Figura 11 - Esquema dos equipamentos de produção de ar comprimido (Renault CACIA).

Todos os compressores são controlados por um sistema computadorizado, que faz a gestão do funcionamento destes equipamentos em função das necessidades de ar comprimido na rede, accionando ou desligando compressores consoante as flutuações de pressão na rede de acordo com um intervalo pré-definido.

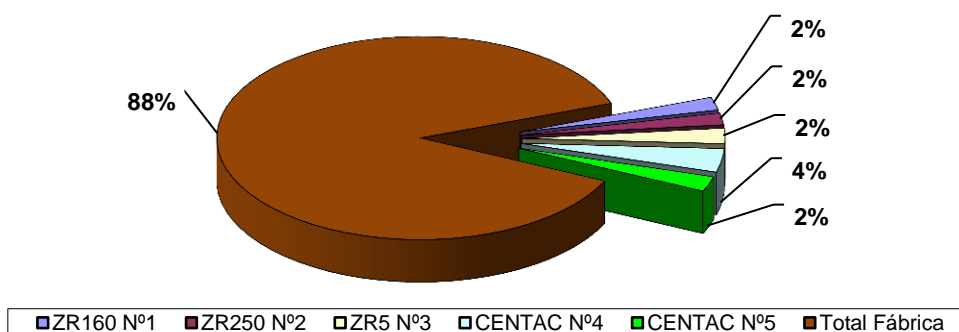


Figura 12 - Peso da produção de ar comprimido na factura energética global (Renault CACIA).

A produção de ar comprimido representou em 2010 cerca de 12% do total de consumo de energia eléctrica (figura 12), correspondendo a aproximadamente 540 000€.

3.2.2. Caldeiras

O sistema de aquecimento de fluídos encontra-se, à semelhança do ar comprimido, instalado no edifício da Central de Fluídos.



Figura 13 - Caldeiras de aquecimento de fluídos (Renault CACIA).

Com três caldeiras (figura 13) e uma capacidade térmica instalada de 6 000 000 kcal/h, este sistema é capaz de responder às necessidades térmicas da empresa. A rede de distribuição funciona em dois circuitos fechados, o circuito principal abastece toda a fábrica, desde o aquecimento ambiente ao aquecimento de fluídos (fluídos para corte, lavagem e secagem) em máquinas específicas, enquanto o circuito secundário abastece apenas uma máquina de secar que se encontra num edifício exterior à unidade fabril, apelidado de Partenon, que dista da Central de Fluídos aproximadamente 200 m. Inicialmente quando as caldeiras foram instaladas usavam como combustível, a nafta, que sendo um produto potencialmente perigoso, extremamente poluente e com elevados custos de manutenção sobretudo na limpeza da câmara de combustão das caldeiras, optou-se por converter os equipamentos para a queima de gás natural.

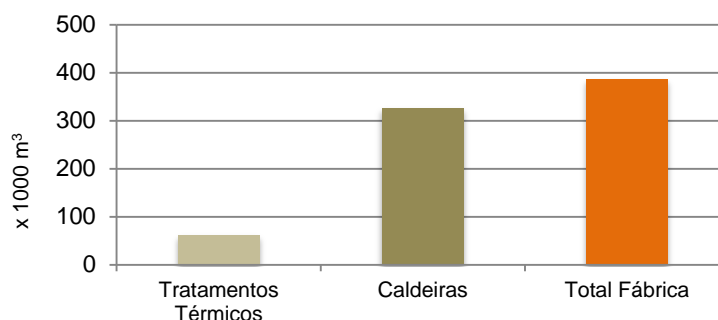


Figura 14 - Consumo de gás natural em 2010 (Renault CACIA).

Esta alteração trouxe várias vantagens, nomeadamente a significativa redução dos custos com a manutenção, a maior segurança uma vez que os sistemas que utilizam gás natural se encontrarem tecnologicamente mais desenvolvidos e um peso importante na obtenção da Norma ISO 14001 – Certificação do Sistema de Gestão Ambiental.

Em 2010 as caldeiras consumiram aproximadamente 84% do total de Gás Natural consumido pela fábrica (figura 14), representando um custo de 163 300€.

3.2.3. Centro de Custo 3432 Árvores de Equilibragem M1D

Segundo os responsáveis da manutenção, a Renault CACIA tem vindo a implementar ao longo dos últimos anos, várias medidas de racionalização de energia. Estas medidas já implementadas, dizem respeito sobretudo ao nível da iluminação e à colocação de contadores de energia em todas as máquinas com potência superior a 10 kVA que tenham sido envolvidas em novos projetos desde 2006. O objetivo inicial da colocação dos contadores de energia era para obter uma forma de distribuir os custos com a energia a cada um dos projetos, mais tarde surgiu a ideia de aproveitar as leituras para fazer um controlo mais rigoroso dos consumos.

Uma vez que na Renault CACIA existem cerca de oitenta CC e dado o tempo limitado que o estágio permitia, considerou-se a análise a apenas um CC, podendo posteriormente essa análise ser capitalizada para os restantes CC, sempre que aplicável.

Uma vez que no Edifício dos Motores, existe um maior número CC que não trabalham 24 sobre 24 horas, optou-se por fazer a análise neste edifício, pois segundo o conhecimento empírico do orientador existiriam mais perdas energéticas quando as máquinas não trabalham a tempo inteiro, por exemplo devido aos períodos *warm up*.

De entre os vários CC analisados no Edifício dos Motores, foi escolhido para estudo e análise o CC 3432 – Pinhões, Árvores de Equilibragem M1D, tanto pela variedade de máquinas existentes como pelo facto de este CC se encontrar separado fisicamente por duas zonas onde cada um dos dois operadores trabalha alternadamente em cada semana.

O facto de não existir mais do que um turno de trabalho, impossibilita a existência de uma comparação dos padrões de consumo devido ao factor humano, falha essa colmatada pela alternância com que trabalham os dois operadores deste Centro de Custo.

O CC 3432 faz parte da linha de produção das Árvores de Equilibragem M1D, da qual também fazem parte os CC 3433 – Coroa Árvore de Equilibragem M1D, 3434 – Carter Árvore de Equilibragem M1D e o 3435 – Montagem Árvore de Equilibragem M1D.

No CC 3432 são produzidas as peças, Pinhão 47 esquerdo, Pinhão 47 direito e Pinhão 49 esquerdo, totalizando em média cerca de 1400 peças de cada tipo. Para tal são necessárias dezasseis máquinas (tabela 2) dispostas de forma a criar três linhas em paralelo afectas a cada um dos três tipos de pinhão. No total existem oito máquinas com etiqueta verde, sete com etiqueta amarela e apenas uma com etiqueta vermelha. A potência total instalada é de 594 kW, sendo as Máquinas de Lavar as maiores consumidoras de energia ao invés das Chanfrenadoras que são as que consomem menos. O conjunto destas dezasseis máquinas é responsável pelo consumo anual de aproximadamente 54 MWh mensais o que equivale a cerca de 65.000 € anuais.

Como referido anteriormente, o CC encontra-se dividido fisicamente em dois espaços, sendo a Zona 1 responsável pelo Torneamento primário e Talhagem das peças em bruto e a Zona 2 pela Chanfrenagem, Torneamento secundário e Rectificação. Os dois operadores deste CC trocam de funções entre a Zona 1 e a Zona 2 semanalmente, sendo que apenas existe um

turno de funcionamento com horário compreendido entre as 06:00h e as 14:00h de Segunda a Sexta-feira.

Tabela 2 - Caracterização dos equipamentos no CC 3432.

Nº da máquina	Função	Potência instalada	Etiqueta
1932	Chanfrenagem	14 kW	
2285	Lavagem	82 kW	
2287	Lavagem	110 kW	
2379	Talhagem	30 kW	
2381	Torneamento	20 kW	
2383	Rectificação	42 kW	
2384	Rectificação	42 kW	
2467	Chanfrenagem	14 kW	
2468	Chanfrenagem	14 kW	
2469	Torneamento	20 kW	
2470	Torneamento	20 kW	
2476	Rectificação	42 kW	
2478	Talhagem	30 kW	
2943	Transportador	6 kW	
1298553	Torneamento	54 kW	
1298958	Torneamento	54 kW	
Total		594 kW	

3.3. Análise da situação proposta

3.3.1. Ar Comprimido

Uma das medidas mais implementadas nos sistemas de ar comprimido é a instalação de Variadores Electrónicos de Velocidade nos compressores, variando a velocidade do motor consoante as necessidades.

Os equipamentos instalados possuem apenas um sistema de arranque “suave”, que permite economizar energia durante o arranque e aumenta a longevidade os componentes mecânicos, sendo que as características técnicas dos equipamentos impossibilitam a colocação de VEV. No caso dos Atlas Copco, a colocação de VEV faria baixar a pressão do óleo no motor, e uma vez que a circulação de óleo esta diretamente ligada ao veio do motor principal, o facto da pressão deste baixar faz com que o sistema entre em modo de segurança e pare. No caso dos CENTAC, estes possuem um sistema de compressão por turbinas e se a velocidade destas descer faz com que se perca o equilíbrio dinâmico necessário à compressão do ar, para além de existir a possibilidade das pás da turbina descerem e roçarem no difusor trazendo assim outros problemas mecânicos.

Uma vez que a velocidade não pode ser ajustada em função das necessidades e por forma a evitar sucessivas paragens e arranques, o que limita o tempo de vida dos equipamentos, existem à saída dos compressores quatro acumuladores de ar comprimido com capacidade de 6 m³ cada (figura 15).



Figura 15 - Acumuladores de ar comprimido.

Estes acumuladores são suficientes para garantir o abastecimento à fábrica durante o tempo de arranque (arranque “suave” aproximadamente 12 minutos) de mais um compressor

quando as necessidades ultrapassam a produção.

O controlo de pressão na rede na rede é realizado com o recurso a um sistema informático da marca Atlas Copco, que aciona automaticamente um compressor que esteja parado quando a pressão baixa abaixo de um limite pré-definido (figura 16). Têm sido implementadas sucessivas medidas de redução dos consumos através o abaixamento da pressão na rede, contribuindo para isso as melhorias de que tem sido alvo a rede de distribuição, sobretudo ao nível das fugas de ar.



Figura 16 - Sistema de controlo de pressão do ar comprimido na rede.

Desta forma, a principal medida de melhoria nos consumos de energia por parte da rede de ar comprimido é o combate à fuga. Segundo os responsáveis pela rede de ar comprimido, a quantidade de ar respeitante às fugas representa aproximadamente 5% da produção, o que equivale a cerca de 12 400€ anuais. A maior parte das fugas verificam-se ao nível dos equipamentos de utilização final, sobretudo nos componentes de desgaste. Ao nível da rede de distribuição, esta apresenta bons materiais de construção e não tem sofrido alterações significativas no ramal principal embora seja frequente a realização de picagens, aquando da instalação ou movimentação de máquinas, que representam um foco de aparecimento de fugas.

3.3.2. Caldeiras

Situação Inicial

Uma vez que a principal função das caldeiras é o aquecimento ambiente no interior da unidade fabril, e visto esse aquecimento só se verificar ser necessário durante um determinado período de tempo (de Novembro a Março inclusive), a atenção recaiu sobre rede de distribuição secundária que abastece uma máquina de secar no edifício do Partenon.

As caixas de velocidades são embaladas em conjuntos de 12 unidades em paletes metálicas,

sendo que se encontram divididas por termoformados para evitar danos causados pelo contacto físico. Uma vez que estes termoformados têm um custo significativo pela quantidade necessária, é feita a sua reutilização até que estes se encontrem inutilizáveis.

No edifício do Pártenon, procede-se à lavagem e secagem destes termoformados (figura 17) antes da sua reutilização. No final de 2011 começou a utilizar-se um novo produto na lavagem com características que permitem fazer a lavagem com água a temperatura ambiente, ou seja, o circuito secundário passava agora a estar unicamente afecto à máquina de secar. Esta máquina retira o calor presente na água (aproximadamente 65 °C) através de permutadores de calor colocados em túneis de vento no seu interior, utilizando o ar aquecido para uma secagem mais rápida dos termoformados.



Figura 17 - Termoformados lavados no Edifício do Pártenon.

Solução Apresentada

Tendo em conta a distância que a água sobreaquecida tem de percorrer desde a Central de Fluidos onde é aquecida até ao Partenon onde é utilizada , cerca de 200 metros, as perdas de calor verificadas durante o percurso, os gastos com a bombagem da água e os elevados consumos de gás natural registados para manter a caldeira em funcionamento para além dos custos de manutenção da mesma, foi proposto aquecer a água localmente através de resistências elétricas e um sistema de bombagem com uma potência consideravelmente inferior para fazer a recirculação da água.

O novo sistema apresenta as seguintes vantagens:

- Circuito pequeno, que possibilita perdas de temperatura mínimas;
- Menor consumo elétrico na bombagem;
- Menor consumo de energia no aquecimento da água;
- Implementação de um by-pass para utilização de água aquecida nas caldeiras durante os meses em que o circuito principal exige o funcionamento das caldeiras;
- Reduzidos custos de manutenção.

Economia Gerada

Com base nos registos dos anos anteriores foram calculadas as economias esperadas com a nova solução.

Uma vez que não existe uma linha de tendência nos consumos nem no preço unitário do m³ de gás natural, optou-se por se fazer os cálculos assumindo os valores médios dos anos em que existiam registos. Com base na informação prévia de que o preço unitário iria subir no início de 2012, considerou-se que a economia estimada seria por defeito uma vez que o valor utilizado para os cálculos foi inferior aos valores registados nos meses de 2011. O defeito considerado foi de 10%, acordado previamente com os responsáveis da empresa.

Valor Atual Líquido – VAL

O valor atual líquido corresponde ao somatório dos fluxos financeiros atualizados para o ano 0 do ano k . Se o VAL for positivo, os valores gerados pelo projeto são superiores ao investimento inicial C_0 , o projeto é rentável. O VAL é calculado usando a seguinte fórmula:

$$VAL = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i}$$

onde I_0 representa o investimento inicial em €, CF_i são os *cash flows* do ano i atualizados para o ano zero e r é a taxa de atualização ou custo de capital, calculada pela fórmula,

$$r = \%D \times K_D(1-t) + \%E \times K_E$$

onde, $\%D$ é a percentagem da dívida (capital do empréstimo), K_D é a taxa de juro cobrada pelo banco, t é a percentagem do imposto (em Portugal é 25%), $\%E$ é a percentagem de capital próprio e K_E representa o custo do capital próprio calculado com base na taxa que o banco paga pelo depósito a prazo, prémio de risco de mercado e o coeficiente de risco sistemático do projeto inerente ao sector de atividade.

Uma vez que foi impossível, junto do departamento financeiro, obter os dados relativos a taxas de juro cobradas ou cedidas pelos bancos, bem como saber se o projeto seria financiado exclusivamente com capitais próprios ou também com capitais alheios, necessários para o cálculo da taxa de atualização – r , optou-se por efetuar o cálculo do VAL com um valor de r médio por excesso de 10% de forma a garantir um resultado pior que o real. O período de tempo utilizado no cálculo do VAL é de 5 anos, pois é o período de tempo que se estima que o sistema funcione sem sofrer alterações.

Tabela 3 - Valores da receita e da despesa estimados e atualizados para o ano zero.

Ano	Despesa	Receita
Investimento	28 700	-
1	4 677	29 405
2	4 252	26 732
3	3 865	24 302
4	3 513	22 092
5	3 194	20 084

Os valores apresentados na tabela 3 dizem respeito aos gastos de energia do novo sistema, e pelo lado da receita dizem respeito aos ganhos em energia pela descativação do sistema anterior (ver Anexo 1). Os valores estão corrigidos para o ano zero com uma taxa de atualização de 10%.

$$VAL = 74\,413,83$$

Desta forma, pode concluir-se que o investimento inicial de 28 700 € é valorizado a uma taxa de 10%, e ao final de 5 anos de funcionamento, para além de recuperar o capital investido, poderá gerar uma economia de aproximadamente 74 000 €.

Payback

O payback é o período de tempo entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento, por outras palavras, é o número de anos que é necessário esperar para reaver o capital investido. Regra geral, quanto menor for o payback, mais rentável é o investimento.

Assim o payback pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$Payback = \frac{Investimento}{\sum_{i=0}^n \frac{Receita_i - Despesa_i}{n}}$$

Pelo que:

$$Payback = \frac{28\,700}{20\,622} = 1,39 \text{ anos}$$

Um payback de 1,39 anos, significa que o capital investido é recuperado ao fim de um ano e aproximadamente quatro meses e meio.

Taxa Interna de Rentabilidade – TIR

A taxa interna de rentabilidade de um investimento é a taxa de atualização que anula o VAL. Pode dizer-se que a TIR é a taxa mais elevada a que o investidor pode contrair um empréstimo para financiar um investimento, sem perder capital.

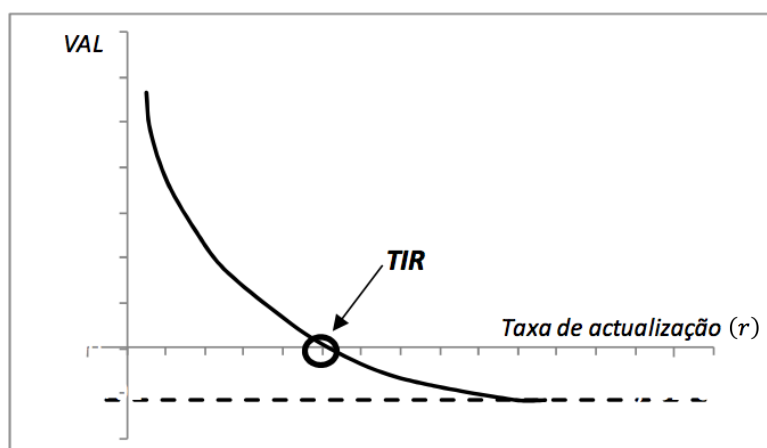


Figura 18 - Relação entre VAL e TIR.

Por outras palavras, a TIR é o valor da taxa de atualização para o qual o VAL é igual a zero ao fim de um determinado período.

$$VAL = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} = 0$$
$$r = TIR$$

O resultado obtido no cálculo da função TIR para o período anteriormente previsto, 5 anos, é:

$$TIR = 43,53\%$$

TIR=43,53% significa que o investimento rentabilizará o capital a uma taxa de 43,53% ao fim de 5 anos.

3.3.3. Centro de Custo 3432 – Pinhões AEQ-M1D

Recolha dos dados

Recorrendo ao programa PowerGest foi possível obter os dados relativos aos consumos do CC 3432 por máquina e por hora durante as semanas em que o estudo foi realizado. De ressaltar que das dezasseis máquinas existentes no CC, uma delas (a máquina 2469) não possui a ligação do contador ao NPort pelo que não é possível contabilizar os consumos da mesma.

Devido à paragem de Natal, que ocorre entre 23 de Dezembro e 10 de Janeiro para intervenção das equipas da Manutenção, só foram considerados dados para o estudo após desta data. As figuras 19 e 20 seguintes apresentam os dados tratados, obtidos pelo software PowerGest para as semanas 3 e 4 respectivamente.

Através de uma breve análise aos dados contidos nas referidas figuras, denota-se desde logo a diferença nos consumos entre os períodos de atividade e os de não atividade.

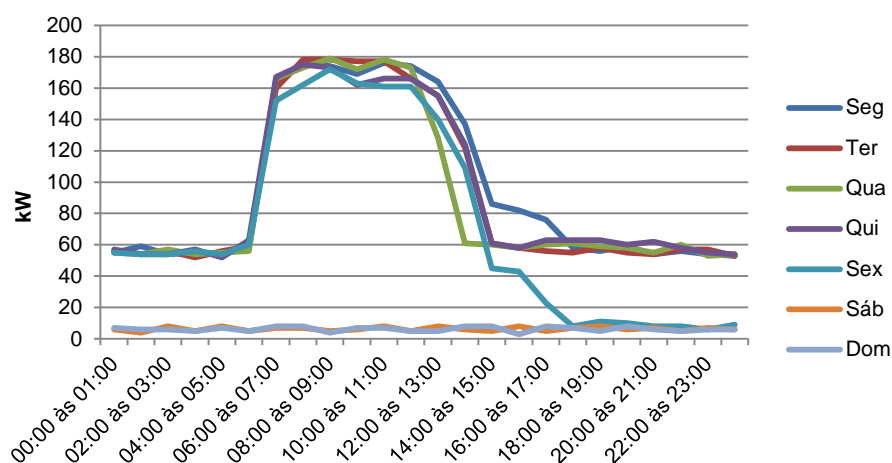


Figura 19 - Consumos do CC 3432 durante a semana 3 (16/01 a 22/01).

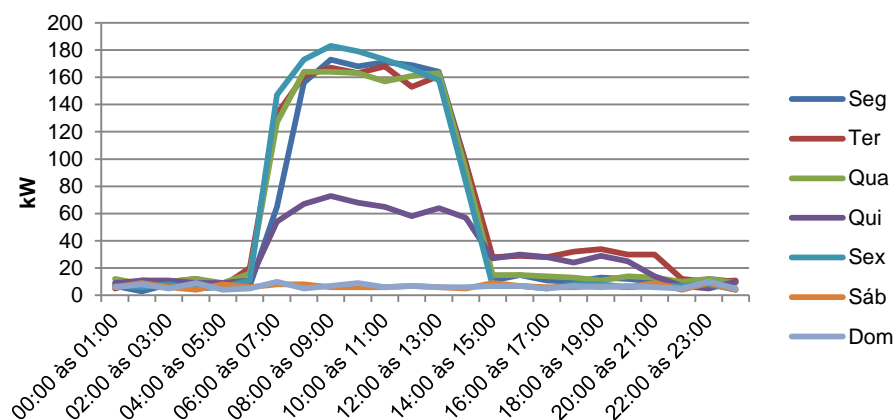


Figura 20 - consumos do CC 3432 durante a semana 4 (23/01 a 29/01).

Salta desde logo à vista os baixos consumos registados no dia 26/01/2012, este facto deve-se à realização de um plenário geral não obrigatório aberto a todos os colaboradores. Os colaboradores do CC 3432 iniciaram o turno normalmente neste dia, abandonando o posto de trabalho à hora do plenário mas deixando as máquinas ligadas sem produzir qualquer peça, o que justifica os baixos consumos relativamente aos dias normais de trabalho.

Com uma análise mais detalhada verifica-se que durante os períodos não produtivos consumiu-se mais energia na semana 3 com valores próximos dos 60 kWh ao invés da semana 4 em que esses valores foram mais próximos dos 10 kWh. Analisando as semanas seguintes constata-se que este comportamento nos consumos se repete a cada duas semanas.

Tendo em conta esta diferença tão significativa nos consumos, procurou-se estimar economicamente o valor da mesma. Os resultados apresentam-se na tabela 6.

Tabela 4 - Diferença semanal dos custos com a eletricidade no CC 3432.

	Consumo (kW)	Preço unitário (€)	Total (€)
Semana 3	10 898	0,0872	950,31
Semana 4	6 660	0,0872	580,75
		Diferença	369,55

Face a tal diferença nos custos com a eletricidade entre uma e outra semanas, procurou-se apurar a razão pela qual os consumos apresentam este comportamento. O método que se seguiu foi a realização da mesma análise feita anteriormente para o Centro de Custo, mas para cada uma das máquinas separadamente por forma a encontrar a máquina ou o conjunto de máquinas responsáveis pelos consumos excessivos durante os períodos de não produção verificados na semana 3.

Análise individual ao CC 3432

Uma vez encontrada uma disparidade nos consumos do CC 3432 em semanas alternadas, procede-se a sua análise com o intuito de encontrar as razões para tal comportamento.

De entre as dezasseis máquinas presentes no local em análise, existem duas às quais não é possível fazer o levantamento dos consumos, são elas o Transportador 2943 por ter uma potência demasiado baixa para ter contador (6kW < 10kW) e o Torno 2469 que mesmo tendo contador não possui o cabo de rede necessário para fazer a ligação ao NPort.

Os resultados da análise individual a todas as máquinas revelam que existem três máquinas responsáveis pelos consumos excessivos nas semanas ímpares e são elas as três Rectificadoras 2383, 2384 e 2476, figuras 21 a 26.

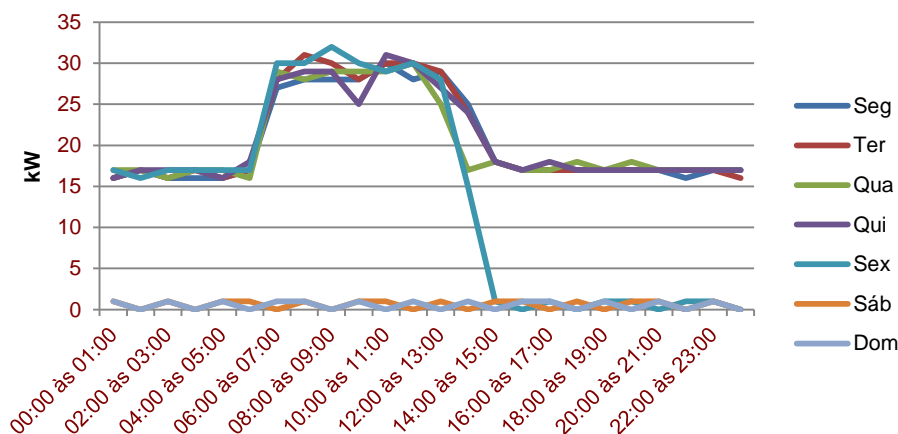


Figura 21 - Consumos da máquina 2383 na semana 3 (23/01 a 29/01).

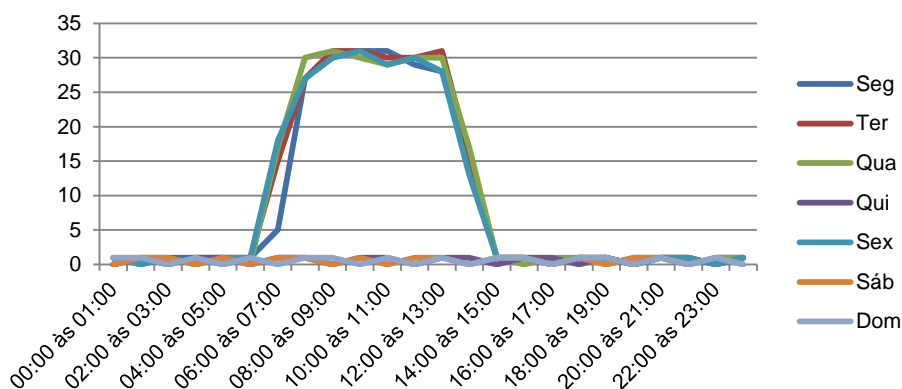


Figura 22 - Consumos da máquina 2383 na semana 4 (16/01 a 22/01)

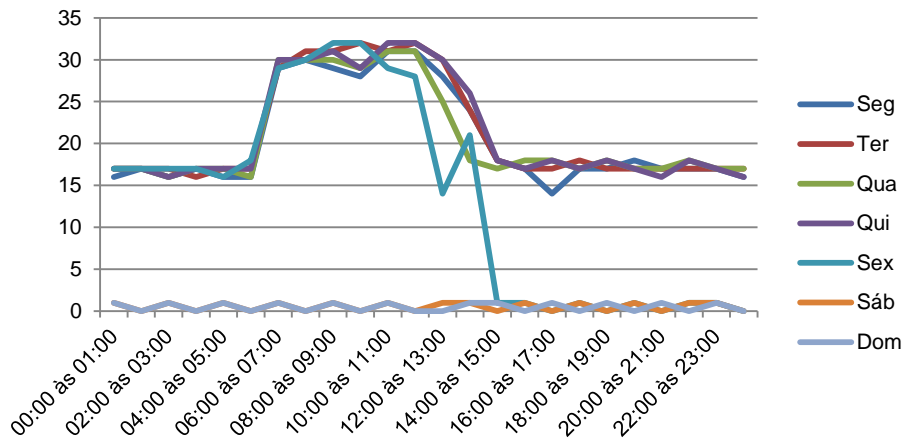


Figura 23 - Consumos da máquina 2384 na semana 3 (16/01 a 22/01).

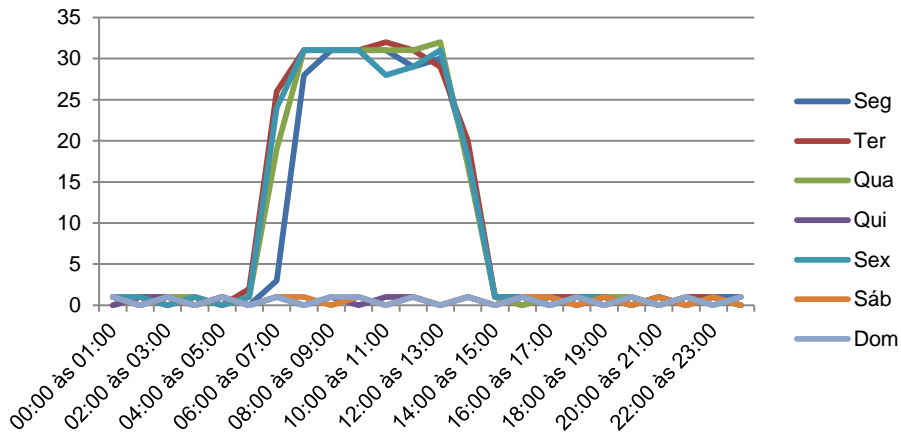


Figura 24 - Consumos da máquina 2384 na semana 4 (23/01 a 29/01).

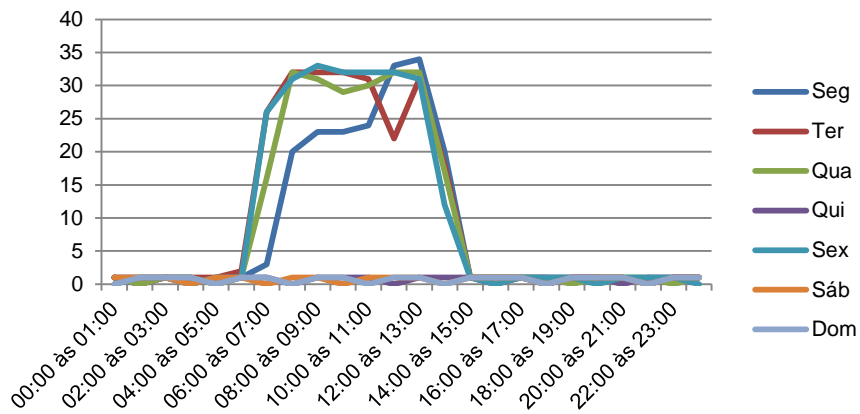


Figura 25 - Consumos da máquina 2476 na semana 3 (16/01 a 22/01).

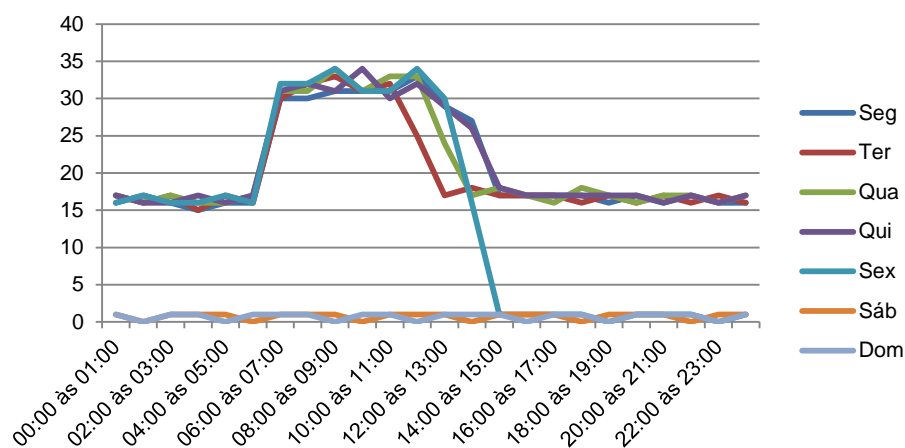


Figura 26 - Consumos da máquina 2476 na semana 4 (23/01 a 29/01).

Como se pode verificar o conjunto das três máquinas é responsável pela diferença nos consumos registada anteriormente entre a semana 3 e a semana 4.

Rectificadoras Dentado 2383, 2384 e 2476

São máquinas que têm a função de rectificar as cotas dos pinhões provenientes da operação de torneamento. A precisão de corte executada na rectificação é da ordem das centésimas de milímetro. Estas máquinas são grandes consumidoras de energia sobretudo por usarem óleo de corte inteiro e devido à precisão com que operam, é necessário manter o óleo dentro de uma gama de valores no que concerne à temperatura, de modo a que esta não afete a operação. Deste modo cada uma das três máquinas possui acoplado um módulo de filtração e de aquecimento de óleo (figura 27) para além de todo o sistema de bombagem a que a circulação de óleo implica.

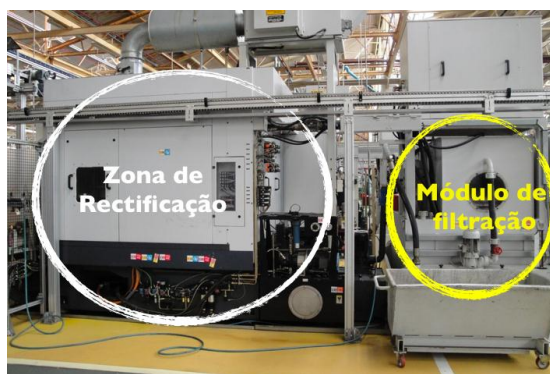


Figura 27 - Rectificadora dentado e módulo de filtração.

A potência instalada no módulo de filtração é de 32 kW implicando um consumo de energia elétrica na ordem dos 17 kW/h quando se encontra a filtrar, recircular e aquecer o óleo

de corte.

Solução apresentada

Tendo em consideração os dados analisados anteriormente, sentiu-se a necessidade de verificar qual seria o impacto causado na produção se o módulo de filtração do óleo acoplado às máquinas 2383, 2384 e 2476 responsável pelos consumos excessivos fosse desligado no final de cada turno, tal com aconteceu na semana 4.

Antes de se avançar com a medida, procurou-se junto do CUET (Chefe da Unidade Elementar de Trabalho) responsável pelo CC e dos dois operadores, quais seriam os factores para existir uma diferença no comportamento das máquinas entre uma e outra semana de forma repetida. Para facilitar o apuramento das principais causas, elaborou-se um diagrama de Ishikawa, ilustrado na figura 28.

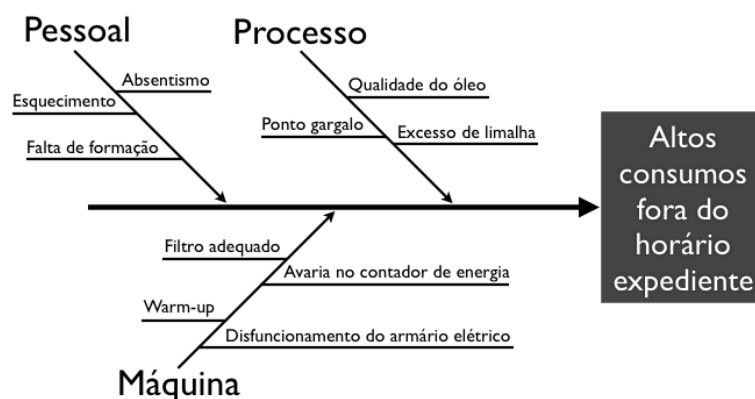


Figura 28 - Diagrama com as possíveis causas para os elevados consumos nas semanas ímpares.

Analisando as causas apontadas, chegou-se a conclusão que os consumos excessivos registados nas semanas ímpares se devem a informação díspar apresentada por um e outro operador sobre a manutenção dos equipamentos. O operador que faz a rectificação nas semanas ímpares afirma ter formação para deixar os módulos de filtração ligados permanentemente durante os dias da semana, enquanto o operador que está na rectificação durante as semanas pares afirma o contrário.

A desvantagem considerada pelo operador que deixava o módulo de filtração desligado, era a de ser necessário efetuar correções nas cotas das primeiras peças produzidas em cada turno de trabalho. Uma vez que era imposta a verificação manual das primeiras dez peças produzidas em cada turno, considerou-se que esta desvantagem passava a não ter significado.

Impacto na produção

Perante o facto de se verificar que não existe a necessidade real de manter os módulos de filtração permanentemente ligados devido a características técnicas dos equipamentos ou dos processos, procedeu-se à determinação do impacto causado na produção efetiva devido ao facto de o módulo de filtração se encontrar desligado durante o período não produtivo. Para tal foi comparada a produção prevista com a real em ambas as semanas anteriormente descritas, ilustradas nas figuras 29 e 30, respectivamente.

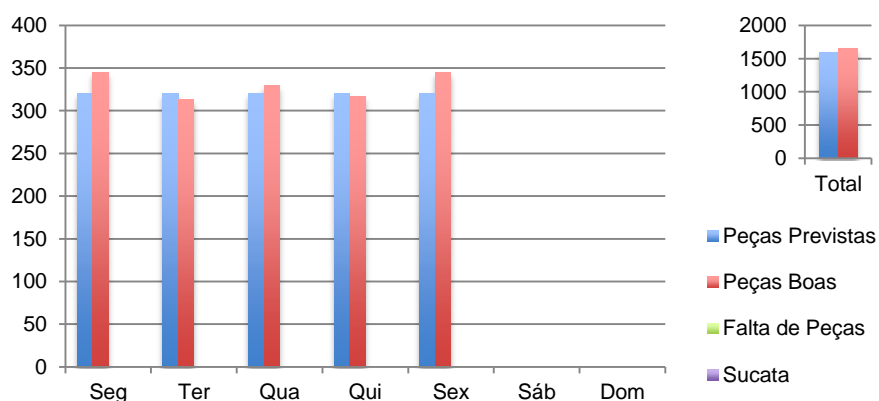


Figura 29 - Produção efetiva e prevista na semana 3 (16/01 a 22/01).

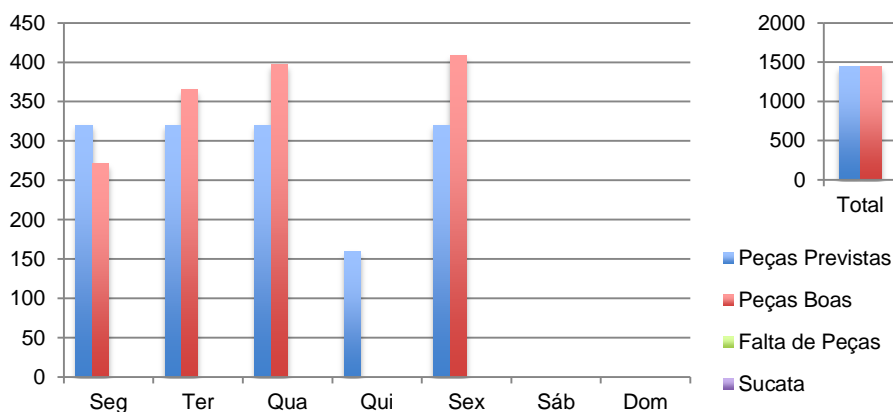


Figura 30 - Produção efetiva e prevista na semana 4 (23/01 a 29/01).

Pelos gráficos anteriores é possível constatar que a produção efetiva foi alcançada tanto na semana 3 em que o módulo de filtração ficou ligado durante o período não produtivo como na semana 4 onde o dito módulo se encontrava desligado durante o referido período com a agravante de nesta semana não ter havido produção na Quinta-feira devido ao Plenário.

Relativamente ao período de *warm-up* da máquina a solução encontrada passaria a ser a que já era utilizada pelo operador da semana 4, que apenas teve que corrigir manualmente as cotas das primeiras três a quatro peças, sendo que já era imposta a verificação manual das cotas para as primeiras dez peças produzidas em cada turno.

Com estes resultados chegou-se à conclusão de que os módulos de filtração deveriam ser desligados no final de cada turno. Tendo em conta o número de semanas em que se deixou de gastar energia com o conjunto das três máquinas analisadas, passou a economizar-se cerca de 6450€/ano com um custo de investimento nulo.

Tarifa Elétrica

Paralelamente, foi realizado um estudo do impacto causado na factura energética com a passagem do turno de trabalho deste mesmo CC para o horário da noite (das 22h às 06h) tendo em consideração a tarifa bi-horária. O pretendido com este estudo é verificar se a poupança gerada com a passagem dos períodos de maior consumo para as horas em que o custo da energia elétrica é mais barata, supera a compensação atribuída aos colaboradores pelo trabalho exercido durante o período noturno que representa um aumento de 25% no salário.

O preço das tarifas nos vários períodos encontra-se disponível no sítio da EDP na internet, apresentados na tabela 7:

Tabela 5 - Tarifa cobrada na distribuição em Alta Tensão.

Energia ativa		€/kWh
período inverno	horas de ponta	0,1061
	horas de cheias	0,0831
	horas de vazio normal	0,0572
	horas de super vazio	0,0530
período verão	horas de ponta	0,1062
	horas de cheias	0,0861
	horas de vazio normal	0,0591
	horas de super vazio	0,0549

Tabela 6 - Determinação dos períodos horários.

	horário de inverno	horário de verão
ponta	das 09:30 às 11:30	das 10:30 às 12:30
	das 19:00 às 21:00	das 20:00 às 22:00
cheias	das 08:00 às 09:30	das 09:00 às 10:30
	das 11:30 às 19:00	das 12:30 às 20:00
	das 21:00 às 22:00	das 22:00 às 23:00
vazio normal	das 22:00 às 02:00	das 23:00 às 02:00
	das 06:00 às 08:00	das 06:00 às 09:00
super vazio	das 02:00 às 06:00	das 02:00 às 06:00

Para a realização dos cálculos gerados pela passagem do turno de trabalho do turno da manhã (06h às 14h) para o turno da noite (22h às 06h), é necessário ajustar os consumos em função do novo horário de trabalho. Para isso foi realizada a rotação dos consumos de uma semana típica de trabalho neste CC, e comparados os custos com a eletricidade em ambos os casos. Os cálculos seguintes foram realizados com base na tarifa para o período de Inverno.

Tabela 7 - Custos com eletricidade no CC 3432 com o turno da manhã em laboração.

Período	Valor unitário (€)	Quantidade (kW)	Total (€)
Cheias	0,0831	1008	83,76
Ponta	0,1061	126	13,37
Vazia	0,0572	354	20,25
Super vazia	0,0530	27	1,43
			118,81

Tabela 8 - Custos com eletricidade no CC 3432 com o turno da noite em laboração.

Período	Valor unitário (€)	Quantidade (kW)	Total (€)
Cheias	0,0831	306	25,43
Ponta	0,1061	47	4,99
Vazia	0,0572	606	34,66
Super vazia	0,0530	509	26,98
			92,06

Desta forma é possível calcular a poupança gerada, através da diferença ente o custo com a eletricidade atual e o previsto, pelo que a economia mensal é:

$$118,81€ - 92,06€ = 26,75€ \times 5 \text{ dias} \times 4 \text{ semanas} = 535€$$

Junto do departamento de Recursos Humanos foi possível obter o valor da compensação que esta medida traria no vencimento dos operadores em questão, pelo que:

Tabela 9 - Viabilidade económica da medida estudada.

Economia gerada	535 €
Aumento dos salários	596 €
Diferença	- 61 €

Como se pode constatar, esta medida não é viável. A poupança gerada no consumo de energia não justifica a compensação a atribuir aos colaboradores pelo trabalho em período noturno por uma diferença de 61€. Contudo, esta medida pode tornar-se rentável para outros Centros de Custo que apresentem condições favoráveis.

3.4. Gestão dos Equipamentos em Termos Energéticos

Uma das questões que se levantou durante a análise do CC 3432, foi o facto de existirem máquinas iguais, implantadas paralelamente e a executarem funções semelhantes, mas ao nível da energia possuírem um tratamento diferente. No caso dos Tornos NAKAMURA, dois deles possuem etiqueta amarela e o outro tem etiqueta vermelha. Numa análise mais atenta a este facto, verificou-se que a etiqueta vermelha presente na máquina 2381 era uma segunda etiqueta colada sobre a etiqueta amarela original, como demonstrado na figura 31.



Figura 31 - Etiqueta indicativa do estado do equipamento em horário não produtivo.

Em conversações com o operador responsável pela máquina, ficou-se a saber que esta situação se deve ao facto de uma bateria que alimenta as memórias internas da máquina quando esta se encontra com grande parte dos circuitos desligados, se encontrava em fim de vida. Não havendo ninguém com formação específica para proceder à substituição da bateria, a solução adotada foi a de não se desligar a máquina, colocando uma etiqueta vermelha, para que as memórias não perdessem os programas que fazem a máquina funcionar, aumentando desta forma o consumo da máquina durante os períodos não produtivos.

Após este reparo, e passando a tomar maior atenção às etiquetas presentes nas restantes máquinas presentes na fábrica, verificou-se que esta situação se repetia com alguma frequência sobretudo no edifício dos motores. Perante tal cenário, considerou-se pertinente efetuar um levantamento da caracterização energética atual ao nível dos equipamentos (etiquetas e potências), para comparar com um levantamento idêntico realizado em 2006 e poder tirar conclusões acerca da gestão dos equipamentos em termos energéticos.

Desta forma a evolução das etiquetas presentes nos equipamentos entre 2006 e 2012 foi a seguinte:

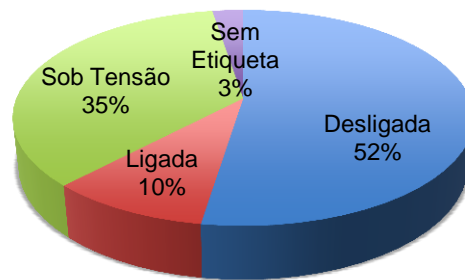


Figura 32 - Levantamento das etiquetas em 2006.

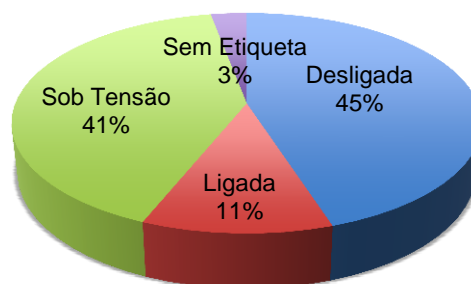


Figura 33 - Levantamento das etiquetas em 2012.

Com um aumento em termos absolutos no parque de equipamentos de apenas 15 máquinas, é notória por comparação direta (figuras 32 e 33), a degradação da forma com a energia é utilizada, com o aumento do número de máquinas que permanecem ligadas mesmo quando não se encontram em produção.

Tabela 10 - Evolução do parque de equipamentos entre 2006 e 2012.

	2006	2012
Edifício das Caixas	278	293
Edifício dos Motores	149	149
Total	427	442

Em termos energéticos, significa um consumo maior durante os períodos não produtivos. O aumento dos consumos devido a este facto pode apenas ser calculado por estimativa, uma vez que existem muitas variáveis a considerar tais como tempo de não funcionamento da máquina, turno de trabalho (altera o valor da tarifa), potência da máquina, entre outros. Assim os cálculos foram efetuados para cada um dos edifícios em separado uma vez que no edifício das caixas, grande parte dos Centros de Custo funcionam 24 sobre 24 horas, enquanto no edifício dos motores funcionam maioritariamente em apenas um turno, pelo que:

Tabela 11 - Cálculo do custo atual estimado com a alteração das etiquetas face a 2006 no edifício das Caixas.

Alteração	Potência total (kW)	Consumo (kW/h)	Custo mensal
Verde para Amarela	520	34	266,56
Verde para Vermelha	123	21	164,64
Amarela para Vermelha	284	49	384,16
		Total	815,36€

Os pressupostos usados nos cálculos foram os seguintes:

- Tempo médio de não funcionamento das máquinas igual a 5 horas diárias;
- Custo unitário do kW/h igual a 0,056€ (maioritariamente à noite).

Tabela 12 - Cálculo do custo atual estimado com a alteração das etiquetas face a 2006 no edifício dos Motores.

Alteração	Potência total (kW)	Consumo (kW/h)	Custo mensal
Verde para Amarela	1 728	112	2 518,21
Verde para Vermelha	185	32	719,48
Amarela para Vermelha	134	23	517,13
		Total	3 754,82€

Os pressupostos usados nos cálculos foram os seguintes:

- Tempo médio de não funcionamento das máquinas igual a 11 horas diárias;
- Custo unitário do kW/h igual a 0,073€ (turno da tarde e noite).

Desta forma, conclui-se que a gestão dos equipamentos ao nível da energia se tem vindo a degradar ao longo dos últimos anos. Comparando a situação atual com a registada em 2006 e com o agravamento no preço da eletricidade, a empresa tem neste momento um custo acrescido com a eletricidade na ordem dos 4 500€ mensais que não representam qualquer benefício na produção uma vez que os equipamentos consomem energia sem realizar trabalho.

3.5. Impacto das medidas estudadas

Este projeto abordou algumas medidas passíveis de implementação, umas mais proveitosas que outras, no entanto é o conjunto como um todo que possibilita as economias significativas. Com objetivo de salientar o impacto destas, é apresentada a tabela ZPTX seguinte, como um quadro resumo dos proveitos gerados pelas medidas estudadas face à realidade atual.

Tabela 13 - Quadro resumo das medidas apontadas.

Medida	Economia anual gerada (€)	Custo associado (€)	Viabilidade
Aquecimento local da máquina de secar no Partenon	24 728	28 700	Sim
Aproveitamento da tarifa bi-horária no CC 3432	6 420	> 6 420	Não
Desligar os módulos de filtração de óleo nas máquinas do CC 3432	6 450	0	Sim
Manutenção dos equipamentos ao nível da energia	49 500	n. d.	?

Desta forma é notório o impacto que o conjunto das medidas descritas provoca. Apesar de o aproveitamento da tarifa bi-horária não ser viável atendendo às condições do CC em análise, não deixa de ser uma medida que pode trazer benefícios em circunstâncias favoráveis.

Relativamente à gestão dos equipamentos, não foi possível em tempo útil, obter uma estimativa do custo para as correções necessárias a efetuar nos equipamentos de modo a que estes voltassem a ter a etiqueta que tinham em 2006, devido à análise singular que seria necessário realizar.

De todas as medidas, a que provoca maior economia no menor espaço de tempo é a de se passarem a desligar os módulos de filtração no CC 3432 durante os turnos da tarde e noite. Sem qualquer custo de implementação, resulta numa economia anual de 5 450€.

4. Considerações finais

4.1. Conclusões

Para a elaboração deste trabalho foi considerada a indústria metalomecânica, cujo consumo energético está fortemente dependente da eletricidade e do gás natural. No decorrer do estágio realizado, procurou-se encontrar alternativas viáveis no curto prazo para redução dos consumos energéticos, sendo a principal medida apontada a da redução do consumo de gás natural nas caldeiras durante os meses “quentes”.

A análise realizada ao CC 3432 verificou-se proveitosa, pois permitiu retirar conclusões baseadas nos dados relativos a consumos, produções e características técnicas dos equipamentos, podendo este tipo de análise ser capitalizado aos restantes CC.

O aproveitamento do preço reduzido do kW cobrado pela tarifa bi-horária, apesar de no caso estudado apresentado não se verificar viável, é uma medida a considerar quando perante condições favoráveis, pois permite uma poupança significativa.

O parque de máquinas tem vindo a sofrer alguma deterioração ao longo dos últimos anos ao nível da eficiência energética. Isto deve-se sobretudo ao período de grande atividade que a empresa atravessa em que a principal preocupação reside no cumprimento dos objetivos de produção.

4.2. Perspectivas de desenvolvimento futuro

Com a constante escalada nos preços das várias fontes energéticas, cabe aos responsáveis da Renault CACIA o aperfeiçoamento contínuo do modelo de Gestão de Energia presente na organização.

É previsível uma melhoria significativa na eficiência energética global com a implementação da Norma ISO 50001, permitindo uma melhor adaptação à imprevisibilidade do mercado das energias. A juntar a tudo isto, uma boa campanha interna de informação e sensibilização das boas práticas energéticas pode resultar em ganhos imediatos consideráveis.

5. Bibliografia

- Abdelaziz E.A., Saidur R., Mekhilef S., (2011), A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 150-168.
- ADENE. (2012), obtido a 17 de Julho de 2012, de ADENE; <http://www.adene.pt>
- ADENE, & DGEG. (2010). Guia da Eficiência Energética. Lisboa.
- Alves, T., (2009), Eficiência energética como ferramenta para a redução de custos e aumento da competitividade. *Ceming*, pp. 2.
- AQSpP, (2004) *Utilização de Colectores Solares para a Produção de Calor de Processo Industrial*. Lisboa: Tipografia Peres.
- Castro, R. (2011), *Introdução às Energias Renováveis*. Lisboa: IST.
- Correia D., Cabral J., Damas J., Soares J., (2003), *Auditorias Energéticas*,UP. Porto.
- DGEG. (2012), obtido a 9 de Agosto de 2012, de DGEG; <http://www.dgeg.pt>
- Thollander, P., Ottoson, M., (2010), Energy management practices in Swedish energy-intensive industries. *Journal of Cleaner Production*, 18, 1125–1133.
- Eccleston, C., March, F., Cohen, T., (2011), *Developing and managing an ISO 50001 Energy Management System*. New York: CRC Press.
- Eficiência Energética (2012), obtido a 12 de Setembro de 2012, de EE; <http://www.eficiencia-energetica.com/>.
- ERSE. (2011). *Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica*. Lisboa.
- EUROSTAT. (2012), obtido a 8 de Junho de 2012, de Eurostat; <http://ec.europa.eu/eurostat>
- Ferreira L., (2005), *Programa de actuação para reduzir a dependência de Portugal face ao Petróleo*. Lisboa: IPL.
- Fettweis, G., Zimmermann, E., (2008), *ITC Energy consumption – trends and challenges*, Desden: WPMC.
- Gaspar, C. (2004), *Eficiência Energética na Indústria*. Gaia: ADENE.
- Lam, T., (2010), *An analysis of energy-efficient light fittings and lighting controls*. *Applied Energy*, 87, 558–567.
- Lopes, J., (2004), *Instalações Eléctricas Industriais*. Porto: FEUP.
- Martins N., (2010) *Gestão de Energia*, UA. Aveiro
- Pinero, E., (2009), *Future ISO 50001 for energy management systems*. *Revista Main Focus*, Setembro de 2009.
- Rocha, Q., (2011), *Gestão de energia de resíduos de biomassa: otimização da distribuição geográfica das unidades industriais de geração de energia*. Monografia, Brasília
- Rosenberg, M., (2003), Saving energy in a hurry: industrial compressed air programs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 1135-1153.

Vieira, M., (2009), Auditoria e optimização energética de uma unidade fabril. Lisboa: Dissertação (Mestrado) ISEL.

Worrell, E., Laitner, J., Ruth, M., Finman, H., (2003), Productivity benefits of industrial energy efficiency measures. *Energy*, 28, 1081-1098.

6. Anexos

Anexo 1 – Valores utilizados nos cálculos das economias e dos custos gerados pelo novo sistema de aquecimento de água no Partenon.

Cálculos da economia gerada (Custos com o sistema atual)

Gás Natural

Economia de Gás Natural - Quantidades													
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2008	69 461	53 888	49 029	29 074	19 455	16 502	16 102	6 670	15 746	16 115	40 450	33 052	365 544
2009	74 052	42 735	15 325	15 400	14 449	15 240	12 105	8 285	13 803	15 345	22 271	43 648	292 658
2010	104 588	62 069	44 750	17 064	16 311	11 168	9 166	2 464	8 605	9 750	32 181	69 056	387 172
2011	63 380	61 232	37 888	17 772	16 699	14 762	8 449	6 341	11 323	15 324	29 858		283 028
Esperado 2012(m ³)	77 870	54 981	36 748	19 828	16 729	14 418	11 456	5 940	12 369	14 134	31 190	48 585	344 247
TT	4 500	4 500	4 500	4 500	4 500	4 500	4 500	4 500	4 500	4 500	4 500	4 500	54 000
Poupança (m ³)	-	-	-	15 328	12 229	9 918	6 956	1 440	7 869	9 634	-	-	63 372
Consumo Final (m ³)	77 870	54 981	36 748	4 500	4 500	4 500	4 500	4 500	4 500	4 500	31 190	48 585	280 875

Economia de Gás Natural - Custos													
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2008	0,4233	0,4273	0,4273	0,4371	0,4371	0,4371	0,4389	0,4381	0,4403	0,4770	0,4753	0,4773	
2009	0,4908	0,4911	0,4915	0,4907	0,4882	0,4946	0,3212	0,2340	0,3107	0,3156	0,3150	0,3155	
2010	0,3281	0,3265	0,3271	0,3451	0,3438	0,3438	0,4138	0,3292	0,4145	0,4189	0,4218	0,4191	
2011	0,4203	0,4237	0,4237	0,4425	0,4407	0,4399	0,4690	0,3833	0,4664	0,4624	0,4954		
Esperado 2012(€/m ³)	0,4156	0,4171	0,4174	0,4289	0,4275	0,4289	0,4107	0,3462	0,4080	0,4185	0,4269	0,4039	
TT	32 363	22 935	15 339	8 503	7 151	6 183	4 705	2 056	5 046	5 915	13 314	19 626	143 137
Poupança (m ³)	-	-	-	15 328	12 229	9 918	6 956	1 440	7 869	9 634	-	-	
Consumo Final (€)	32 363	22 935	15 339	1 930	1 924	1 930	1 848	1 558	1 836	1 883	13 314	19 626	116 486
Total poupança (€)													26 651

Relativamente aos produtos químicos utilizados na manutenção das caldeiras:

Aquaprox BC-1002													
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2010	-	-	-	-	25	25	25	-	25	25	-	-	125
2011	-	-	-	25	-	25	25	25	25	80	-	-	205
Esperado 2012(kg)	-	-	-	13	13	25	25	13	25	53	-	-	165
Preço unitário (€)	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45
Poupança (€)	-	-	-	68	68	136	136	68	136	286	-	-	899,25 €

Aquaprox BC-9007													
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2010	-	-	-	-	20	20	20	-	20	-	-	-	80
2011	-	-	-	20	-	20	20	20	20	70	-	-	170
Esperado 2012(kg)	-	-	-	10	10	20	20	10	20	35	-	-	125
Preço unitário (€)	10,76	10,76	10,76	10,76	10,76	10,76	10,76	10,76	10,76	10,76	10,76	10,76	10,76
Poupança (€)	-	-	-	108	108	215	215	108	215	377	-	-	1 345,00 €

Soda Cáustica													
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2010	-	-	-	-	-	-	25	-	25	-	-	-	50
2011	-	-	-	25	-	25	-	-	25	-	-	-	75
Esperado 2012(kg)	-	-	-	13	-	13	13	-	25	-	-	-	63
Preço unitário (€)	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Poupança (€)	-	-	-	10	-	10	10	-	21	-	-	-	51,25 €

SAL EM PASTILHAS													
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	50	50	-	-	100
2011	-	-	-	125	-	-	-	-	-	50	-	-	175
Esperado 2012(kg)	-	-	-	63	-	-	-	-	25	50	-	-	138
Preço unitário (€)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Poupança (€)	-	-	-	11	-	-	-	-	5	9	-	-	24,75 €

Poupança total em produtos químicos.

Tipo de Produto	Aquaprox BC-1002	Aquaprox BC-9007	Soda Cáustica	Aquaprox BC-1002	Total
Poupança	899,25 €	1 345,00 €	51,25 €	24,75 €	2 320,25 €

Custos com o novo sistema

Sistema de Bombagem	
Quantidade de bombas	1
Potência (kW)	15
Semanas (Abril a Outubro)	25
Dias/semana	5
Horas/dia	24
Preço p/kW	0,075
Total	3 375,00 €

