

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Projeto “Start-Stop” em linhas de produção
industrial**

João Filipe Silva Fernandes

VERSÃO PROVISÓRIA

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia
Eletrotécnica e de Computadores Major Energia

Orientador: Prof. Dr. António Carlos Sepúlveda Machado e Moura

Junho de 2017

Resumo

A Continental Mabor S.A. está inserida no setor da indústria automóvel, um dos setores mais competitivos e exigentes. A gestão do consumo de energia é um fator imperativo para a promoção da competitividade e numa empresa que pretende estar sempre na liderança como a Continental, esta é uma temática fulcral. Tendo isto em conta, assim como a sua política de melhoria contínua e crescimento sustentável e eficiente, foi proposta a realização da presente dissertação, na qual são apresentadas soluções de otimização e redução do consumo energético durante as pausas programadas para dois conjuntos de máquinas aferentes ao departamento de engenharia três, mais especificamente as máquinas CT e APEX.

No caso das máquinas CT, foram identificados os seguintes elementos consumidores que podem ser desligados durante um período específico, no decorrer das pausas programadas: o chiller, os módulos de controlo de temperatura da extrusora, os drives da máquina e a iluminação. Em relação ao consumo de ar comprimido, foi realizada a deteção de fugas e realizado um estudo para o caso destas fugas serem reduzidas em 85%. Foi ainda proposto o estabelecimento de um limite padrão para o consumo de ar comprimido que quando ultrapassado em 15% informa a equipa de avarias da existência de uma fuga. Com a aplicação destas medidas, foi possível economizar anualmente cerca de 53823kWh nas máquinas CT. Este dado traduz-se numa poupança anual total de 4521€, cerca de 1507€ por máquina.

No que diz respeito às máquinas APEX, foi proposto que durante as pausas programadas se desligasse por um período de tempo concreto: os módulos de controlo de temperatura da extrusora, o aquecimento de lâminas, os drives da máquina e a iluminação. No caso da iluminação, foi ainda proposto a redução do número de lâmpadas por máquina para metade. Por fim, como no caso anterior, foi realizada a deteção de fugas de ar comprimido e verificada a poupança que era possível atingir com a redução destas fugas em 85%. Foi, também, proposto a definição de um limite padrão de consumo de ar. Com a aplicação das medidas de otimização energética enumeradas anteriormente, seria possível economizar anualmente cerca de 195181kWh nas máquinas APEX. Assim sendo, em termos monetários seriam poupados 16395€ por ano, cerca de 1446€ por máquina.

Em suma, tendo em conta as medidas de otimização energética referidas para os dois grupos de máquinas, a fábrica poderia economizar anualmente 249004kWh, o que corresponde a uma poupança monetária total de cerca de 20916€, sem utilização de qualquer investimento, refletindo-se como ganho direto.

Abstract

Continental Mabor S.A. is part of the automotive industry, one of the most competitive and demanding sectors. The management of energy consumption is an imperative factor for the promotion of competitiveness and in a company, that intends to be always in the lead as Continental, this is a central theme. Considering this, as well as its policy of continuous improvement and sustainable and efficient growth, it was proposed to carry out the present dissertation, in which are presented solutions for the optimization and reduction of the energy consumption during the pauses programmed for two sets of machines afferent to the engineering department three, more specifically the CT and APEX machines.

In the case of CT machines, the following consumer elements have been identified which can be switched off for a specific period during the programmed pauses: the chiller, the temperature control modules of the extruder, the machine drives and the lighting. Regarding the consumption of compressed air, a leakage detection was carried out and a study was made in the event of these leaks being reduced by 85%. It was also proposed the establishment of a standard limit for the consumption of compressed air that when exceeded by 15% informs the team of malfunctions of the existence of a leak. With the application of these measures, it was possible to economize annually about 53823kWh on CT machines. This figure translates to a total annual saving of € 4521, about € 1507 per machine.

With respect to APEX machines, it was proposed that during the programmed pauses, they would be shut down for a specific period of time: the temperature control modules of the extruder, the heating of the blades, the machine drives and the lighting. In the case of lighting, it was further proposed to reduce the number of lamps per machine to half. Finally, as in the previous case, the leakage of compressed air was detected and the savings that could be achieved by reducing these leakages by 85% were verified. It was also proposed to define a standard air consumption limit. By applying the energy optimization measures listed above, it would be possible to economize annually around 195181kWh on APEX machines. Thus, in monetary terms would be saved € 16395 per year, about € 1446 per machine.

In short, taking into account the energy optimization measures mentioned for the two groups of machines, the plant could save 249004kWh annually, corresponding to a total monetary saving of about € 20916, without any investment being used, reflecting itself as direct gain.

Agradecimentos

Agradeço à administração da Continental Mabor S.A., pela oportunidade de realização deste projeto, permitindo assim a realização desta dissertação em ambiente industrial.

Ao meu orientador e co-orientador na Continental Mabor, Eng.º Alberto Pereira e Eng.º Francisco Ferreira, por toda a disponibilidade e ajuda durante o decorrer do trabalho e pela preocupação de que os resultados pretendidos fossem atingidos.

A toda a equipa envolvida nos departamentos de engenharia por toda a ajuda e cooperação. Principalmente à Eng.ª Filipa Trigo e ao Eng.º Oliveira, pelas várias indicações, pela paciência para comigo e por me ajudarem em tudo o que podiam para que conseguisse alcançar os objetivos pretendidos.

Agradeço também ao meu orientador da FEUP, Prof. Dr. António Carlos Sepúlveda Machado e Moura, por toda a ajuda despendida, dedicação e preocupação durante o projeto.

Um enorme obrigado aos meus amigos que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação profissional e pessoal. Em particular à Mariana Xavier e Catarina Ferreira pelo companheirismo e compreensão durante a escrita deste trabalho.

Por fim, agradeço à Diana Pereira por todo o tempo e ajuda prestada durante a realização deste trabalho.

Índice

Resumo	i
Abstract.....	iii
Agradecimentos	v
Índice	vii
Lista de figuras	ix
Lista de tabelas	xiii
Abreviaturas e Símbolos.....	xv
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Enquadramento	1
1.2 - Objetivos	4
1.3 - Metodologia de trabalho.....	5
1.4 - Estrutura	5
Capítulo 2.....	7
Caracterização da unidade industrial	7
2.1 - Continental AG	7
2.2 - Continental Mabor S.A.	10
2.3 - Descrição do sistema produtivo	16
Capítulo 3.....	21
Enquadramento teórico.....	21
3.1 - Panorama energético mundial.....	21
3.2 - Panorama energético nacional	25
3.3 - Eficiência energética.....	29
3.4 - Desenvolvimento sustentável e eficiência energética	33
Capítulo 4.....	35
Caso pratico em estudo.....	35
4.1 - Descrição do processo da máquina CT	36
4.2 - Descrição do processo da máquina APEX	37
Capítulo 5.....	39
Levantamento e avaliação energética	39
5.1 - Produção e consumo energético da Continental Mabor	39
5.2 - Consumos energéticos e específicos da CT1	42
5.3 - Consumo energético e específico da máquina APEX 12.....	45
Capítulo 6.....	49
Otimização energética dos equipamentos.....	49
6.1 - Máquina CT.....	50

6.2 - Máquina APEX	57
6.3 - Análise económica	64
Capítulo 7.....	69
Conclusões e Trabalhos futuros	69
7.1 - Conclusões.....	69
7.2 - Dificuldades encontradas	70
7.3 - Trabalhos futuros.....	70
Referências	73
Anexo A: Energia no Mundo.....	77
Anexo B: Energia por continente	79
Anexo C: Energia em Portugal	81
Anexo D: Percentagem de energia renovável na produção	83
Anexo E: Consumos energéticos da Continental Mabor	85
Anexo F: Consumos energéticos da CT1	89
Anexo G: Consumos energéticos da APEX 12	93
Anexo H: Otimização energética nas máquinas CT.....	97
Anexo I: Otimização energética nas máquinas APEX	99
Anexo J: Análise económica	103

Lista de figuras

Figura 1.1 - Metas a atingir em 2020[9].....	3
Figura 1.2 - Painel da campanha BEE (Be Energy Efficient) da Continental Mabor.	4
Figura 2.1 - Logotipo Continental AG[12].	7
Figura 2.2 - Mapa com os locais que a Continental AG se encontra presente[12].	8
Figura 2.3 - Vendas por divisão[12].....	9
Figura 2.4 - Localização das fábricas de pneus da Continental AG[12].	9
Figura 2.5 - Grupo Continental AG em Portugal, respetiva área de trabalho e numero de funcionários[14].	10
Figura 2.6 - Instalações Iniciais da Mabor[14].	10
Figura 2.7 - Continental Mabor - Industria de Pneus S.A.[14].....	11
Figura 2.8 - Organigrama da Continental-Mabor[14].	12
Figura 2.9 -Valores do grupo Continental[12].	13
Figura 2.10 - Ilustração representativa genérica dos materiais constituintes de um pneu para carros ligeiros de passageiros[12].....	14
Figura 2.11 - Principais elementos que integram a estrutura geral de um pneu[12]	14
Figura 2.12 - Componentes de um pneu e sua função[12].....	15
Figura 2.13 - Departamentos do processo produtivo da Continental Mabor S.A.	16
Figura 2.14 - Diversas fases da produção de pneus da Continental Mabor com as respetivas matérias-primas e máquinas[15].	17
Figura 2.15 - Departamento I - Misturação[14].	18
Figura 2.16 - Departamento II - Preparação[14].	19
Figura 2.17 - Departamento III - Construção[14].	19
Figura 2.18 - Departamento IV - Vulcanização[14].	20
Figura 2.19 - Departamento V - Inspeção Final[14].	20
Figura 3.1 - Representação gráfica da evolução do consumo total de energia no Mundo[18].	22
Figura 3.2 - Mapa mundo com o consumo total de energia em Mtep[18].	22
Figura 3.3 - Consumo total de energia a nível mundial em Mtep[18].	23

Figura 3.4 - Mapa Mundo com indicadores de emissões de dióxido de carbono[22].	24
Figura 3.5 - Representação gráfica da evolução do consumo total de energia em Portugal[18].	25
Figura 3.6 - Percentagem de energias renováveis na produção de eletricidade[18].	26
Figura 3.7 - Ciclo de algumas fontes de energia renováveis e não renováveis[32].	27
Figura 3.8 - Representação gráfica do consumo energético por sectores, em Portugal em 2015[33].	28
Figura 3.9 - Modelo de sistema de gestão de energia para a norma EN ISO 50002:2012[40].	30
Figura 3.10 - Representação conceptual do desempenho energético[40].	31
Figura 3.11 - Dimensão ambiental, económica e social do desenvolvimento sustentável[51].	34
Figura 4.1 - Processo de Construção do Talão com Cunha.	35
Figura 4.2 - Fluxo de materiais na secção de construção de núcleos de talão.	36
Figura 4.3 - Processo produtivo de construção de núcleos de talão.	36
Figura 4.4 - Fluxo de materiais na secção de aplicação de cunha aos núcleos de talão.	37
Figura 4.5 - Processo produtivo de aplicação da cunha ao núcleo do talão.	38
Figura 5.1 - Representação gráfica do volume de produção mensal relativa ao ano de 2016.	40
Figura 5.2 - Representação percentual do consumo energético total em Tep da fábrica no ano de 2016.	40
Figura 5.3 - Representação gráfica dos gastos monetários que a CMIP teve no ano de 2016, relativamente a cada utilidade no ano de 2016.	41
Figura 5.4 - Representação do consumo de energia elétrica e de ar comprimido na CT1 no ano de 2016.	43
Figura 5.5 - Custos correspondentes ao consumo energético de eletricidade e ar comprimido da CT1 no ano de 2016.	43
Figura 5.6 - Consumo energético mensal na CT1 no ano de 2016.	44
Figura 5.7 - Quantidade mensal de talões construídos pela CT1 no ano de 2016.	44
Figura 5.8 - Representação gráfica do consumo específico mensal da CT1 no ano de 2016.	45
Figura 5.9 - Representação do consumo de energia elétrica e de ar comprimido na APEX 12.	46
Figura 5.10 - Custos correspondentes ao consumo energético de ar comprimido e energia elétrica da APEX 12.	46
Figura 5.11 - Consumo energético total ao longo do ano de 2016 na APEX 12.	47
Figura 5.12 - Produção mensal de talões na APEX12 durante o ano de 2016.	48

Figura 5.13 - Representação gráfica do consumo específico mensal da APEX 12 no ano de 2016.....	48
Figura 6.1 - Representação da temperatura na cabeça da extrusora durante o arrefecimento na CT.	52
Figura 6.2 - Representação da temperatura na cabeça da extrusora durante o aquecimento na CT.	52
Figura 6.3 - Representação gráfica da contribuição percentual do consumo de fugas no consumo diário de ar comprimido atual na CT1.	56
Figura 6.4 - Representação gráfica da contribuição percentual do consumo de fugas no consumo diário de ar comprimido após redução na CT1.	56
Figura 6.5 - Representação da temperatura na cabeça da extrusora durante o arrefecimento na APEX.	58
Figura 6.6 - Representação da temperatura na cabeça da extrusora durante o aquecimento na APEX.	59
Figura 6.7 - Representação da temperatura das laminas durante o arrefecimento.	60
Figura 6.8 - Representação da temperatura das laminas durante o aquecimento.	61
Figura 6.9 - Representação gráfica da contribuição percentual do consumo de fugas no consumo diário de ar comprimido atual nas máquinas APEX.	63
Figura 6.10 - Representação gráfica da contribuição percentual do consumo de fugas no consumo diário de ar comprimido após redução nas máquinas APEX.	63
Figura 6.11 - Consumo anual de ar comprimido nas máquinas APEX, para a situação sem redução e com redução de 85% das fugas.....	64

Lista de tabelas

Tabela 3.1 - - Ranking de emissões de dióxido de carbono[22].	24
Tabela 3.2 - Consumo energético por setor de atividade económica em Portugal no ano de 2015[33].	28
Tabela 5.1 - Produção de pneus, consumo de energia elétrica, vapor e ar comprimido (SI e tep) no ano de 2016.	42
Tabela 6.1 - Características do chiller da CT1.	50
Tabela 6.2 - Temperatura da extrusora após colocação de borracha.	53
Tabela 6.3 - Intensidade de corrente à entrada dos drives por fase na CT1.	54
Tabela 6.4 - Consumo de ar comprimido nas máquinas CT.	55
Tabela 6.5 - Intensidade de corrente à entrada dos drives por fase na APEX 12.	59
Tabela 6.6 - Consumo de ar comprimido nas máquinas APEX.	62
Tabela 6.7 - Valores obtidos de poupança de energia elétrica nas máquinas CT com as propostas apresentadas.	65
Tabela 6.8 - Valores obtidos de poupança de energia elétrica nas máquinas APEX com as propostas apresentadas.	65
Tabela 6.9 - Valores obtidos de poupança de ar comprimido nas máquinas CT com as propostas apresentadas.	66
Tabela 6.10 - Valores obtidos de poupança de ar comprimido nas máquinas APEX com as propostas apresentadas.	66

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

PNAEE	<i>Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética</i>
DE 3	Departamento de Engenharia 3
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
MTC	<i>Machine tolerance</i>
GAP	Grupo de Ação Positiva
AMFE	Análise Modal de Falhas e Efeitos
KM	<i>Karcass Machine</i>
PU	<i>Pressure Unity</i>
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Economico
GEE	Gases de Efeito de Estufa
PDCA	<i>Pan-Do-Check-Act</i>
<i>IDE</i>	<i>Indicadores de Desempenho Energético</i>
tep	Tonelada equivalente de petróleo
Ton	Tonelada

Lista de símbolos

A	Ampere (corrente)
V	Volt (tensão)
P	Potência
W	Watt
Co^2	Dióxido de carbono
m^3	Metro Cubico

Capítulo 1

Introdução

No presente capítulo é feito um enquadramento do projeto, referindo a legislação aplicável e incentivos a nível mundial, europeu e por fim passando para o panorama nacional. Depois foram descritos os objetivos propostos e explanada a metodologia utilizada para os atingir e, por fim de forma a orientar o leitor, é realizada uma descrição da estrutura da dissertação.

1.1 - Enquadramento

No âmbito do ultimo ano do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, compete a cada aluno a realização de uma dissertação. Sendo que esta pode ser desenvolvida em ambiente industrial ou na própria universidade. A Presente dissertação foi realizada em ambiente industrial, sendo que a empresa de acolhimento foi a Continental Mabor S.A.

Nas últimas décadas, as necessidades energéticas das sociedades em geral têm sofrido um crescimento global devido à evolução constante das mesmas. Assim sendo, verifica-se um aumento da utilização de combustíveis fósseis como o carvão, o petróleo e gás natural, levando a alterações a nível ambiental e económico. Relativamente às alterações ambientais, é notável um aumento das emissões de gases de efeito de estufa. No que diz respeito ao nível económico, ocorre um aumento da dependência externa devido à necessidade de importação energética[1].

Parece claro que a sensibilização para este tema se tornou notória em 1988, ano de assinatura do protocolo de Quioto, no qual foram estabelecidos compromissos para a redução de emissão de poluentes, devido à necessidade de se reduzir substancialmente as emissões de CO₂. Uma preocupação crescente que obrigou mesmo os países mais desenvolvidos de todo o mundo a criarem sistemas de gestão bastante rígidos para todos os consumidores intensivos de energia[2].

No ano de 2006 e em seguimento da preocupação ambiental e do correto uso da energia, o Parlamento Europeu e o conselho da União Europeia aprovaram a Diretiva n.º 2006/32/CE de 5 de abril de 2006, referente à eficiência da utilização final de energia e dos serviços energéticos. Esta diretiva tem como objetivo a incrementação da relação custo-eficácia na melhoria da eficiência na utilização final de energia pelos Estados-Membros, determinando que estes

deveriam adotar e atingir um objetivo global nacional indicativo de economia de energia de 9% até ao ano de 2016. Para isso, deveriam criar condições para o desenvolvimento e promoção de serviços energéticos e para a adoção de outras medidas de melhoria da eficiência energética[3].

Neste âmbito, em 17 de dezembro de 2008, a União Europeia aprovou o pacote Energia-Clima 20/20/20. Com isto, todos os estados membros passaram a ter de adotar as medidas necessárias para que até ao ano de 2020 sejam alcançadas as metas propostas. Estas consistem na redução das emissões de gases de efeito de estufa em cerca de 20% face aos níveis de 1990, na promoção da utilização de energias renováveis de modo a que 20% da produção energética total provenha de energias renováveis e no aumento da eficiência energética em cerca de 20%. Estes objetivos estão patentes na Diretiva n.º 2009/28/CE de 23 de abril de 2009[4-6].

Estes objetivos expressos no pacote “energia clima” de 2020 foram reafirmados e reforçados pelos novos objetivos de clima e energia. Estes foram aprovados pelos chefes de estado e de governo da União Europeia para 2030, através da publicação do quadro político para o clima e energia no período de 2020 a 2030, presente na “comunicação da comissão ao parlamento europeu, ao conselho, ao comité económico e social europeu e ao comité das regiões”, em 22 de janeiro 2014. Neste quadro de ação relativo ao clima e à energia para 2030 foram definidos os objetivos de reduzir as emissões de gases de efeito de estufa em 40% face aos valores de 1990, aumentar de 20% para 27% o uso de fontes de energias renováveis face ao consumo energético, aumentar a eficiência energética em 27% e ainda criar uma nova meta para as interconexões energéticas de 15 % da capacidade de interligação, de forma a assegurar a plena participação de todos os Estados-Membros no mercado interno da energia[7].

Passando do contexto europeu e focando a nível nacional, tendo em conta as metas impostas pelo Parlamento Europeu e o conselho da União Europeia em 2006, foi aprovado o Plano Nacional de Ação para a eficiência Energética-Portugal Eficiência 2015 (PNAEE) na Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008 de 20 de maio de 2008. Posteriormente, no seguimento do pacote Energia-Clima as metas foram alteradas e, de forma a dar resposta a esta alteração, foi estabelecido na Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 de 10 abril 2013 a criação de um fundo de eficiência energética e a revisão e atualização do PNAEE[8].

As metas pretendidas pelo governo português são mais ambiciosas que as impostas pela União Europeia, demonstrando o compromisso de Portugal no combate as alterações climáticas, estas metas encontram-se na Figura 1.1, na página seguinte.

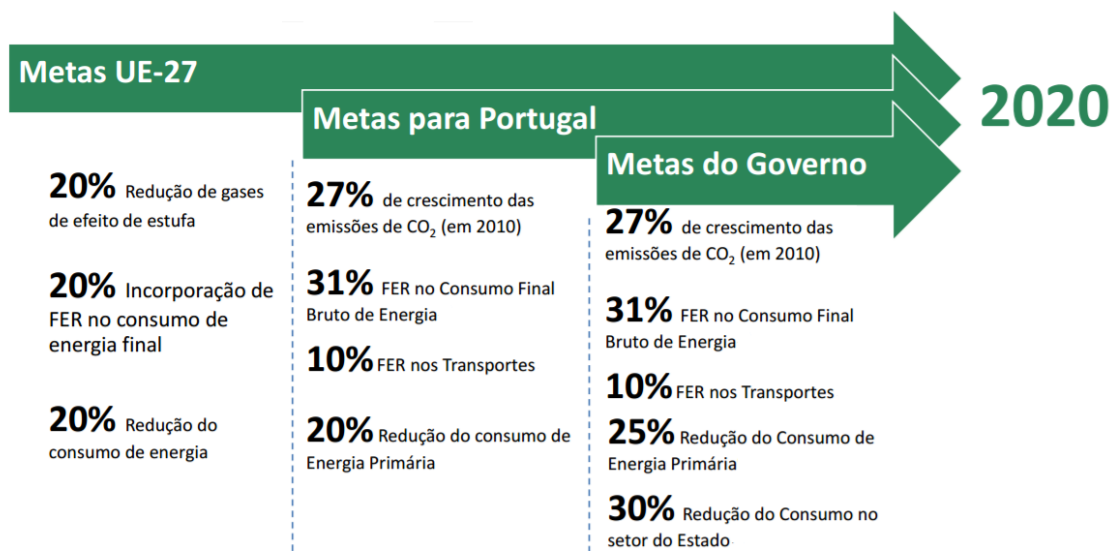


Figura 1.1 - Metas a atingir em 2020[9].

O PNAEE propõe um conjunto de medidas e programas de eficiência energética, abrangendo os setores dos transportes, residencial e serviços, indústria, estado, comportamentos e agricultura. Relativamente à indústria, foi criado um programa com o nome de Sistema de Eficiência Energética na Indústria que contempla medidas dirigidas a sistemas acionados por motores elétricos, produção de calor e frio, iluminação e eficiência do processo industrial. Este programa foi atualizado, substituindo o Regulamento de Gestão de Consumo de Energia (Decreto-Lei n.º 58/82, de 26 de fevereiro) por um novo regulamento denominado Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia - SGCIE[5, 10].

Em resposta à atualização das metas até 2030, em Portugal, foi aprovado na Resolução do Conselho de Ministros n.º 56/2015 de 30 de julho de 2015 a criação do quadro estratégico para a política climática, o programa nacional para as alterações climáticas e a estratégia nacional de adaptação às alterações climáticas. Para além disso, foi criada, também, a comissão interministerial do ar e das alterações climáticas. Assim sendo, foi determinado que a nível nacional devem ser reduzidas as emissões de gases de efeito de estufa entre 18% a 23% em 2020 e entre 30% a 40% em 2030 face a valores de 2005[11].

Além destes, existem outros motivos que nos levam a incentivar um correto uso das fontes energéticas em todos os setores, principalmente o industrial que é o que está a ser estudado no momento. A utilização eficiente, numa base estrategicamente adequada, é essencial para manter a competitividade económica de uma empresa no mercado, ainda mais para uma empresa como as dimensões da Continental Mabor. Ainda assim, a forma como se tem encarado a energia e o seu consumo tem vindo a alterar-se, muito devido a exemplos de grande sucesso como o desta empresa líder que demonstra que é possível crescer sem que isso signifique aumentar desmedidamente os consumos energéticos.

A fatura energética da empresa tem um peso significativo nos custos totais de exploração, sendo por isso necessário desenvolver e adequar tecnologias de eficiência energética que permitam os mesmos resultados com um menor consumo de energia, mantendo assim a empresa num nível competitivo mais elevado quando comparada com as restantes.

Na Continental Mabor existe um departamento unicamente responsável pela gestão e projetos de energia, no qual a eficiência energética é considerada uma diretriz de extrema importância e que deve ser continuamente melhorada. Prova disso é que a empresa neste

momento é líder em eficiência energética no grupo Continental, sendo que em 2016 a energia utilizada para a produção de uma tonelada de pneus foi de 1680Kwh, como se pode ver na Figura 1.2, esta imagem está presente em painéis distribuídos pela fabrica como forma de sensibilização para a eficiência energética.

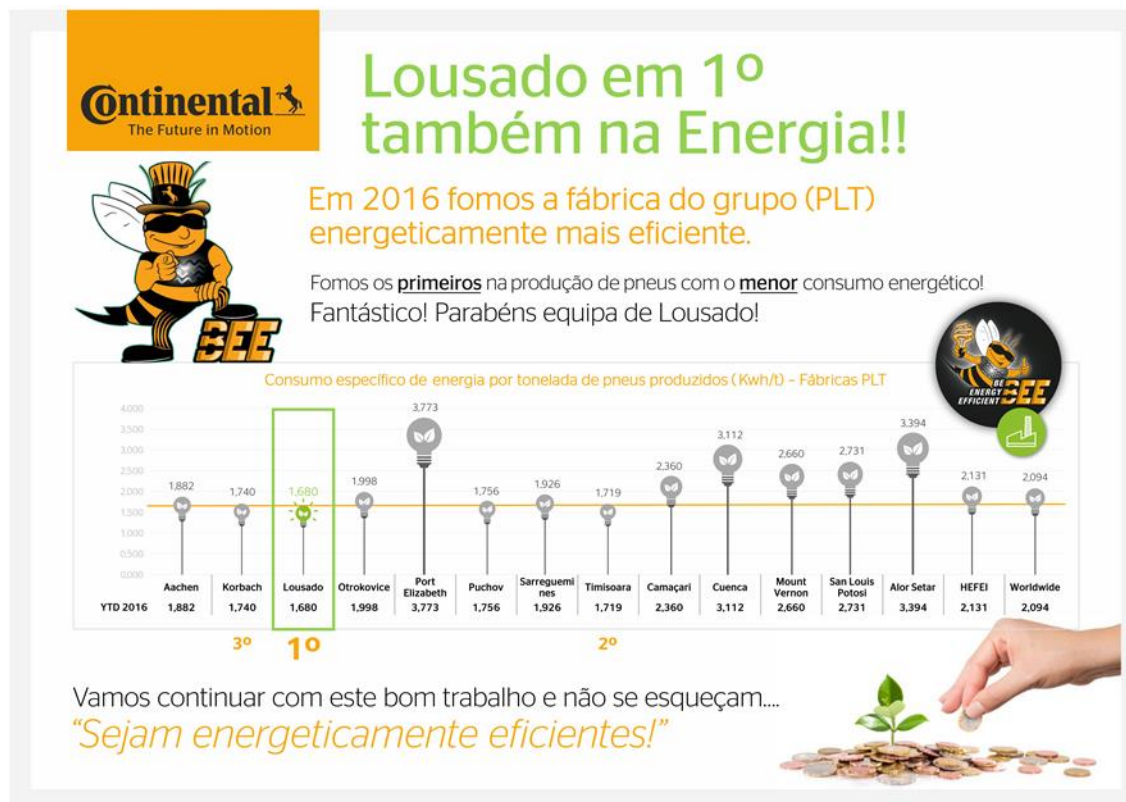


Figura 1.2 - Painel da campanha BEE (Be Energy Efficient) da Continental Mabor.

Este trabalho teve como objetivo estudar a eficiência energética dos equipamentos e máquinas referentes a um departamento de engenharia (engenharia 3), analisando os seus consumos energéticos e encontrando soluções para o aumento da sua eficiência energética sem que a produção ou a qualidade dos produtos seja alterada.

1.2 - Objetivos

Este projeto, desenvolvido na Continental Mabor S.A., teve como finalidade a implementação de medidas de otimização energética e de princípios da tecnologia de "start-stop" nos equipamentos afetos ao departamento de engenharia 3.

Para a análise, em termos de eficiência, foi inicialmente necessária uma ambientação à unidade industrial para obter um melhor conhecimento sobre o processo de funcionamento das máquinas. Posteriormente, foi realizada uma análise relativa ao ano de 2016 em termos de consumo energético tornando possível obter uma melhor perceção do consumo energético da máquina no decorrer de um ano.

Para a realização deste projeto foram cumpridos os seguintes passos:

- Análise dos equipamentos afetos ao departamento de engenharia 3 e caracterização das principais fontes de consumo de energia;

- Identificação de oportunidades de utilização mais eficiente de energia/redução de consumo;
- Implementação de melhorias e do princípio “start-stop” em máquinas/equipamentos.

Tendo em conta os vários consumos energéticos, incluiu-se o Ar Comprimido neste estudo, pois este é um elemento de consumo muito utilizado na unidade industrial e para a sua produção é utilizada energia elétrica.

1.3 - Metodologia de trabalho

O trabalho foi desenvolvido durante 17 semanas de estágio, sendo que a metodologia de trabalho adotada pode ser dividida em diversas fases, das quais o levantamento e tratamento de dados energéticos, o estudo de propostas e soluções e, por fim, a implementação.

Durante todo o projeto, a metodologia de trabalho foi de encontro aos requisitos propostos pela Direção da Continental Mabor S.A. e pela equipa da engenharia 3.

1.4 - Estrutura

A presente dissertação encontra-se estruturada em sete capítulos principais:

No capítulo 1 apresenta-se o enquadramento ao estudo desenvolvido, são descritos os objetivos propostos e apresentada metodologia de trabalho utilizada.

No capítulo 2 é realizada descrição da empresa Continental Mabor S.A., sendo descrito a sua historia e a sua caracterização, descrição do seu processo produtivo e do produto final, o pneu.

No capítulo 3 é feito um enquadramento teórico no qual se analisa o panorama energético mundial e nacional, e é realizado um enquadramento relativo ao conceito de eficiência energética e desenvolvimento sustentável.

No capítulo 4 inicia-se o caso pratico de estudo, no qual são descritos os processos das máquinas CT e APEX.

No capítulo 5 é realizado o levantamento, análise dos consumos energéticos e calculado o consumo específico da empresa e das máquinas CT e APEX, referente ao ano de 2016.

No capítulo 6 são apresentadas as propostas de melhoria referentes à otimização energética, no qual são apresentados os estudos realizados e no final a análise económica refletindo os ganhos monetários provenientes das medidas aplicadas.

Por fim, no capítulo 7 são expostas as conclusões resultantes do trabalho realizado e perspectivas de trabalhos futuros

Capítulo 2

Caracterização da unidade industrial

Neste capítulo é realizada a apresentação do grupo Continental AG, assim como da empresa na qual foi realizada esta dissertação de mestrado, a Continental Mabor S.A., será assim apresentada a sua história, estrutura organizacional, política, visão e missão, assim com do produto final, o pneu.

2.1 - Continental AG

Em Hannover, Alemanha, em outubro do ano de 1871, foi fundada a Continental AG. Inicialmente, esta produzia produtos suaves de borracha, tecidos emborrachados e pneus maciços para carruagens e bicicletas. No ano de 1898, 27 anos mais tarde, esta fábrica iniciou a produção de pneus lisos (sem desenho de piso) para automóveis. O desenvolvimento e a produção de pneus com desenho de piso surgiram em 1904, sendo a Continental pioneira na produção dos mesmos. No ano seguinte, em 1905, a Continental iniciou a produção de pneus antiderrapantes com rebites percussores dos pneus para neve com pinos, idênticos aos pneus com pregos utilizados anteriormente. A produção em série de pneus radiais ligeiros começou em 1960. Cerca de 30 anos mais tarde, a empresa apresentou os primeiros pneus ecológicos para veículos de passageiros[12].



Figura 2.1 - Logotipo Continental AG[12].

A partir de então, acompanha a evolução operada na indústria automóvel com o estudo e aplicação de técnicas, produtos e equipamento para a melhoria de pneumáticos. Essa evolução

reflete-se sobre a forma de prestígio que ultrapassa as fronteiras da Alemanha e os pneus Continental passaram a equipar os carros vencedores das diversas competições automóveis.

Em 2007, a Continental AG adquire a Siemens VDO Automotive AG e passa a fazer parte dos 5 maiores fornecedores mundiais da indústria automóvel, destacando-se sempre pelas soluções tecnológicas avançadas adotadas aos seus produtos que equipam originalmente os veículos das principais marcas automobilísticas, como BMW, Ford, Mercedes-Benz, Porsche e Volkswagen/Audi[12].

A Continental AG conta neste momento com cerca de 200.000 colaboradores, divididos por 55 países, com cerca 430 localizações diferentes (Figura 2.2).

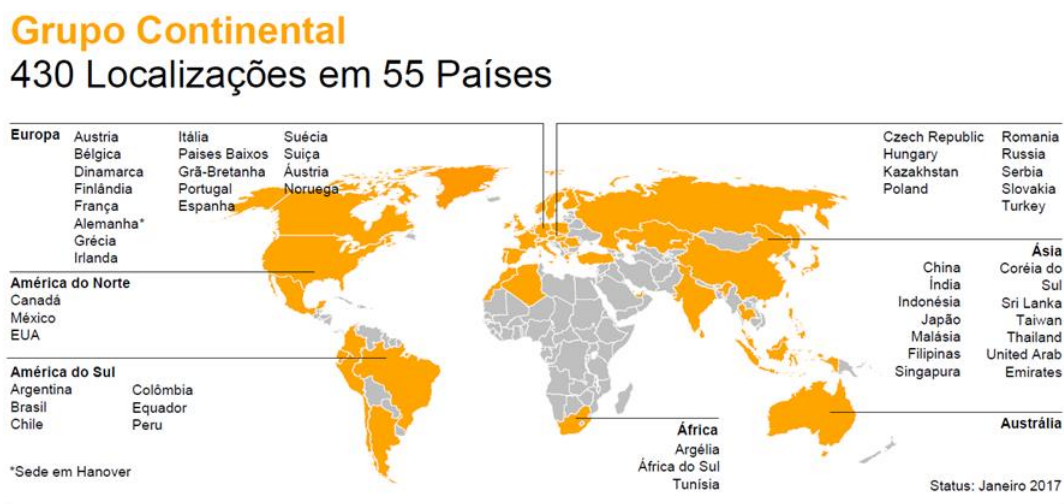


Figura 2.2 - Mapa com os locais que a Continental AG se encontra presente[12].

O grupo Continental está organizado em cinco divisões:

- Chassis e Segurança, onde se concentram tecnologias modernas para a segurança ativa e passiva e de dinâmica do veículo;
- “Powertrain”, que representa soluções de sistemas inovadores e eficientes para o “powertrain” do presente e do futuro, para os veículos de todas as categorias;
- Interiores, onde se combinam todas as atividades relacionadas com a apresentação e gestão de informações do veículo;
- Pneus para viaturas de passageiros, pesados e comerciais ligeiros;
- ContiTech, que desenvolve e produz peças funcionais, componentes e sistemas para a indústria automóvel e para outras indústrias[13].

Sales by division in %

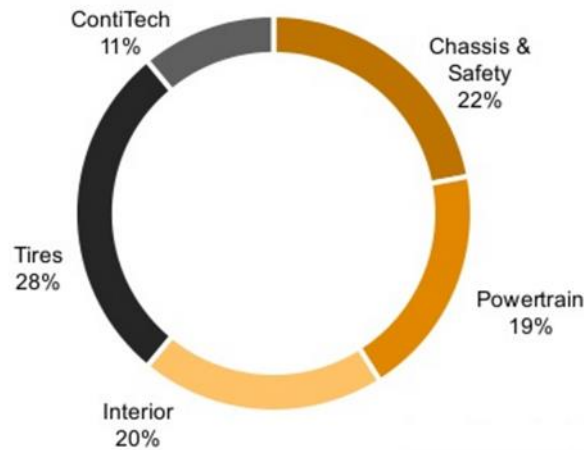


Figura 2.3 - Vendas por divisão[12].

A Continental possui um valor de vendas que ascende aos 33 mil milhões de euros. Sendo que, a maior parcela destas vendas pertence à divisão pneus da Continental que corresponde a 28% do facturamento total, como se pode verificar na Figura 2.3. Ou seja, corresponde à divisão da empresa na qual é realizado um maior volume de vendas.

A divisão de pneus encontra-se presente em 15 países, e possui um total de 20 unidades fabris[12].



Figura 2.4 - Localização das fábricas de pneus da Continental AG[12].

Em Portugal, o grupo Continental está representado por cinco empresas, com diferentes áreas de trabalho, e com um total de 2554 colaboradores, como se pode verificar na Figura 2.5, na seguinte página.



Figura 2.5 - Grupo Continental AG em Portugal, respetiva área de trabalho e numero de funcionários[14].

2.2 - Continental Mabor S.A.

A Mabor (Manufatura Nacional de Borracha) nasce em 1940 em Lousado, Vila Nova de Famalicão, sendo que esta foi a primeira fábrica de pneus em Portugal. Iniciou a sua produção de pneus para pesados, “chaimites”, ligeiros, motos, câmaras de ar e pisos para recauchutagem, sob a marca “Mabor General”[14].



Figura 2.6 - Instalações Iniciais da Mabor[14].

A Continental Mabor Lousado, Vila Nova de Famalicão, foi fundada em dezembro de 1989. O seu nome resulta da “*joint venture*” de duas empresas de renome na manufatura da borracha a nível nacional: a Mabor e a Continental AG de dimensão mundial. Em julho de 1990, deu-se início ao grande programa de reestruturação, transformando as anteriores instalações da Mabor na mais moderna das 21 unidades industriais da Continental AG.

Inicialmente, produzindo apenas pneus da marca Mabor, e tendo uma produção média diária de 5.000 pneus/dia em 1990, foi atingida a marca de 21.000 pneus/dia em 1996, ou seja, a produção anual quadruplicou no prazo de 6 anos.

Nos dias de hoje, a Continental Mabor tem uma capacidade de produção média de 57.000 pneus/dia, este investimento da Continental AG advém dos bons resultados provenientes da empresa, sendo que atualmente continua a assumir um lugar de relevo de entre as empresas do grupo a nível de qualidade e produtividade, prova disso é o facto de ter ganho nos últimos quatro anos o premio de “*Quality Award*”, premio que distingue a melhor empresa do grupo.

Em Portugal existem cinco fábricas pertencentes ao grupo, sendo que Continental Mabor localizada em Lousado Figura 2.7, é a maior e mais lucrativa fábrica. A unidade fabril atualmente tem uma superfície total de 236.482 metros quadrados, e uma superfície coberta de cerca de 107.848 metros quadrados, contando com aproximadamente 1.800 colaboradores.



Figura 2.7 - Continental Mabor - Industria de Pneus S.A.[14].

A empresa funciona com 5 turnos, divididos por, 3 turnos semanais e 2 ao fim de semana (com rotatividade semanal entre si), durante os 7 dias da semana e 24h por dia todo o ano, à exceção das duas semanas de paragem de dezembro e agosto.

É importante referir que mais de 98% da produção da empresa, destina-se à exportação, tendo como destino os dois tipos de mercado existentes. O designado “mercado de substituição” que absorve mais de metade da produção anual e o “mercado de origem” que recebe o restante, que é distribuído pelas linhas de montagens dos mais privilegiados consultores da industria automóvel[14].

2.2.1 -Estrutura Organizacional da Continental Mabor

A Continental Mabor S.A. detém uma estrutura com um número reduzido de agregações, o que permite que exista uma comunicação rápida, eficiente e dirigida. A Figura 2.8 revela a organização hierárquica da Continental Mabor S.A.

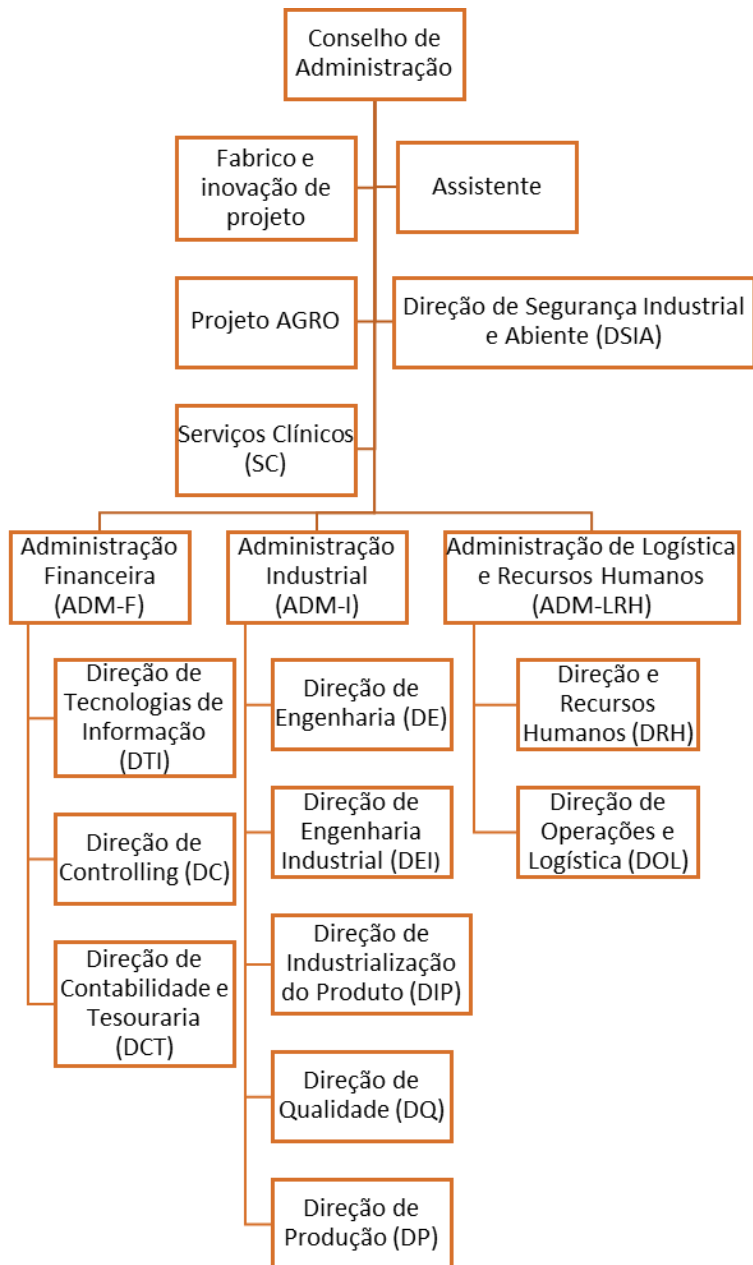


Figura 2.8 - Organograma da Continental-Mabor[14].

O presente trabalho foi realizado e desenvolvido no Departamento de Engenharia (DE), mais especificamente na área de preparação (DE 3). A Direção de Engenharia divide-se em seis subdepartamentos de engenharia, projetos em expansão e energia e infraestruturas.

As principais responsabilidades da direção de engenharia, são:

- Elaborar, coordenar e desenvolver os procedimentos e planos de manutenção preventiva e corretiva na empresa;
- Implementar o programa MTC (*Machine Tolerance Check*);

- Maximizar a disponibilidade das máquinas para produção;
- Apoiar a implementação das ações corretivas nos equipamentos e instalações, decorrentes dos planos de ação desenvolvidos pelos grupos de Auditorias Internas, AMFE's (Análise Modal de Falhas e Efeitos), GAP's (Grupo de Ação Positiva), Sistemas de Sugestões, entre outros;
- Apoiar a formação dos elementos da Produção nas operações dos novos equipamentos;
- Introduzir melhorias nos equipamentos, de forma a otimizar a sua capacidade;
- Executar todos os projetos de desenvolvimento e instalação de novas máquinas, assim como quaisquer alterações às instalações fabris;
- Participar na implementação do “*Total Productive Maintenance*” (TPM);
- Manter em bom estado de conservação todas as instalações fabris;
- Assegurar a disponibilidade dos recursos energéticos necessários, otimizando a sua utilização[12].

2.2.2 -Política e visão da empresa

A Política da empresa passa pela ambição de “Ser Líder” na divisão de pneus do Grupo Continental.

- Lousado eficiente
- Inova e antecipa as necessidades dos clientes
- Desenvolve produtos de alta tecnologia
- Excelente no conhecimento e nos processos
- Rentável de forma sustentada[14]

Para além da política da empresa, a Continental Mabor apresenta como missão conseguir a prática de valores como: a confiança por parte dos clientes, paixão por vencer, liberdade para agir e uns pelos outros. Estes valores encontram se representados na Figura 2.9, exposta em diversos locais no interior da empresa.



Figura 2.9 -Valores do grupo Continental[12].

2.2.3 -Produto final

Na Continental Mabor S.A., como já foi referido, o produto final fabricado é o pneu. Este varia nas suas características em função do mercado alvo. Relativamente às suas dimensões, estas podem variar desde a jante 14” até à jante 22” e, apesar de apresentar marca própria (Continental), esta também produz pneus de outras marcas como Mabor, Barum, Gislaved, Uniroyal, Semperit, Viking, entre outras[14].

Os componentes constituintes do pneu variam de acordo com o tamanho ou com as características pretendidas. Na Figura 2.10 encontra-se representada a composição genérica dos diversos materiais que constituem um pneu para carros ligeiros de passageiros.

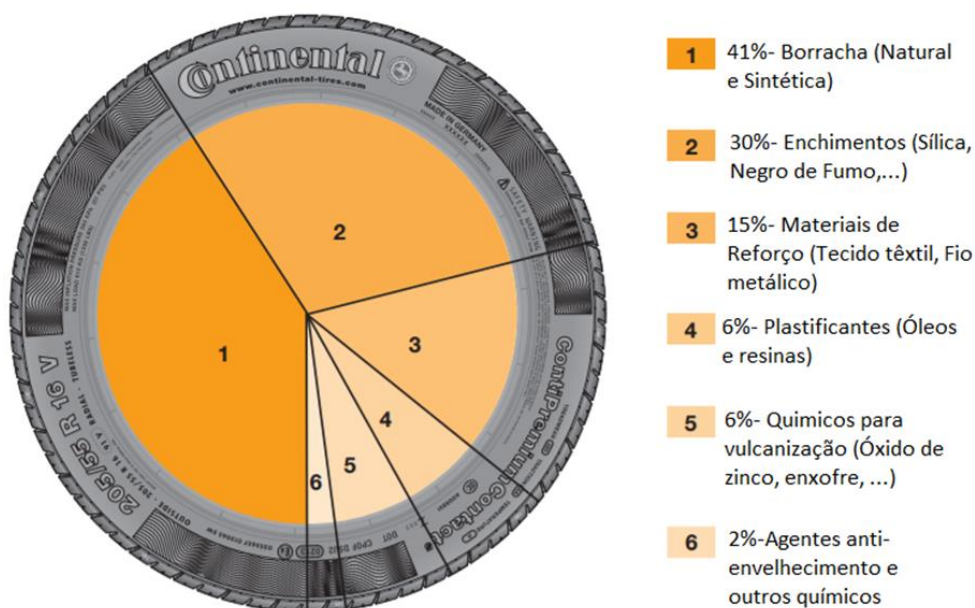


Figura 2.10 - Ilustração representativa genérica dos materiais constituintes de um pneu para carros ligeiros de passageiros[12].

De uma maneira geral, o pneu é composto pelos elementos identificados na Figura 2.11, que se encontra na página seguinte.

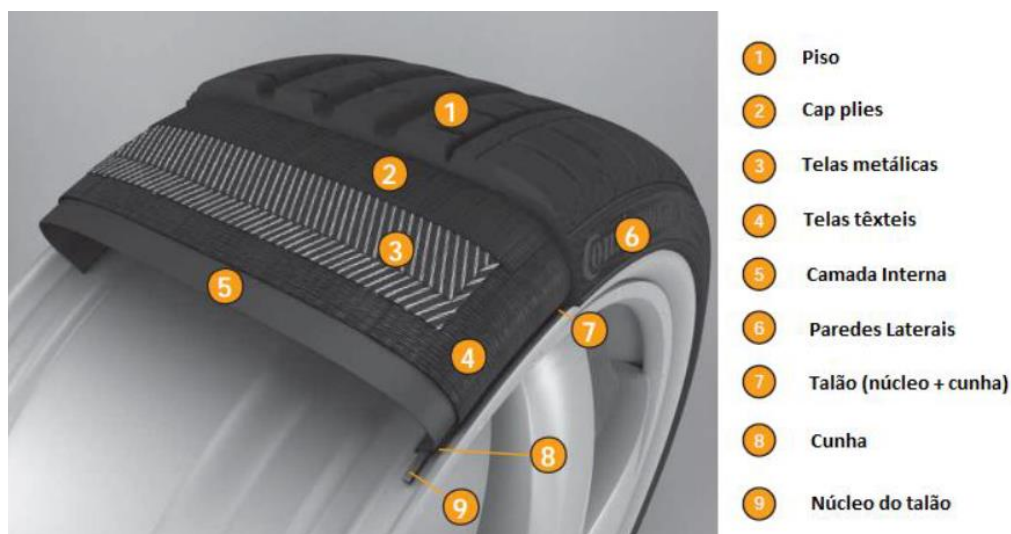


Figura 2.11 - Principais elementos que integram a estrutura geral de um pneu[12]

Na Figura 2.12 é possível verificar todos os diferentes componentes presentes num pneu, o material presente nesse componente e suas respectivas funções no produto acabado.

	<p>1)Piso</p> <ul style="list-style-type: none"> •Material: borracha natural e sintética. •Funções:Capa- fornecer aderência, resistência ao desgaste e estabilidade direccional; Base-reduz resistência ao rolamento e protege a carcaça; Extremo-garante a transição do piso para a parede.
	<p>2) Cap plies</p> <ul style="list-style-type: none"> •Material: Nylon coberto por camada de borracha. •Funções: Promove a adaptabilidade para altas velocidades e precisão de fabrico.
	<p>3) Telas Metálicas</p> <ul style="list-style-type: none"> •Material: Cordas de aço. •Funções: Retêm a forma e estabilidade direccional, reduz a resistência ao rolamento, aumenta a longevidade do pneu.
	<p>4)Telas Têxteis</p> <ul style="list-style-type: none"> •Material: Poliéster ou rayon coberto de borracha. •Funções: Fornecem consistência ao pneu e mantêm-no sob elevadas pressões internas.
	<p>5)Camada Interna</p> <ul style="list-style-type: none"> •Material: Borracha butil. •Funções: Retêm o ar dentro do pneu, funciona como câmara-de-ar nos pneus atuais.
	<p>6)Paredes Laterais</p> <ul style="list-style-type: none"> •Material: Borracha natural. •Funções: Protege a carcaça contra choques laterais e contra degradação atmosférica.
	<p>7)Talão(núcleo+cunha)</p> <ul style="list-style-type: none"> •Material: Nylon coberto por camada de borracha. •Funções: Fornece estabilidade direccional, precisão na condução.
	<p>8)Cunha</p> <ul style="list-style-type: none"> •Material: Borracha sintética. •Funções: Fornece estabilidade direccional, precisão na condução, melhora o conforto.
	<p>9) Núcleo do Talão</p> <ul style="list-style-type: none"> •Material: Fio de aço cobreado coberto com borracha. •Funções: Assegura que o talão assenta com firmeza na jante.

Figura 2.12 - Componentes de um pneu e sua função[12].

2.3 - Descrição do sistema produtivo

Na Continental Mabor S.A. o sistema de produção do pneu pode ser fracionado em três fases, das quais a receção das matérias-primas que são necessárias para o fabrico do produto, o processo de fabrico do produto propriamente dito e o processo de armazenamento e expedição do produto acabado.

Assim sendo, existem dois armazéns para o armazenamento de matérias-primas existentes e o produto acabado é armazenado num outro armazém.

Relativamente ao processo de fabrico do pneu este encontra-se dividido em cinco fases. A Figura 2.13 representa os cinco departamentos que constituem o processo produtivo.

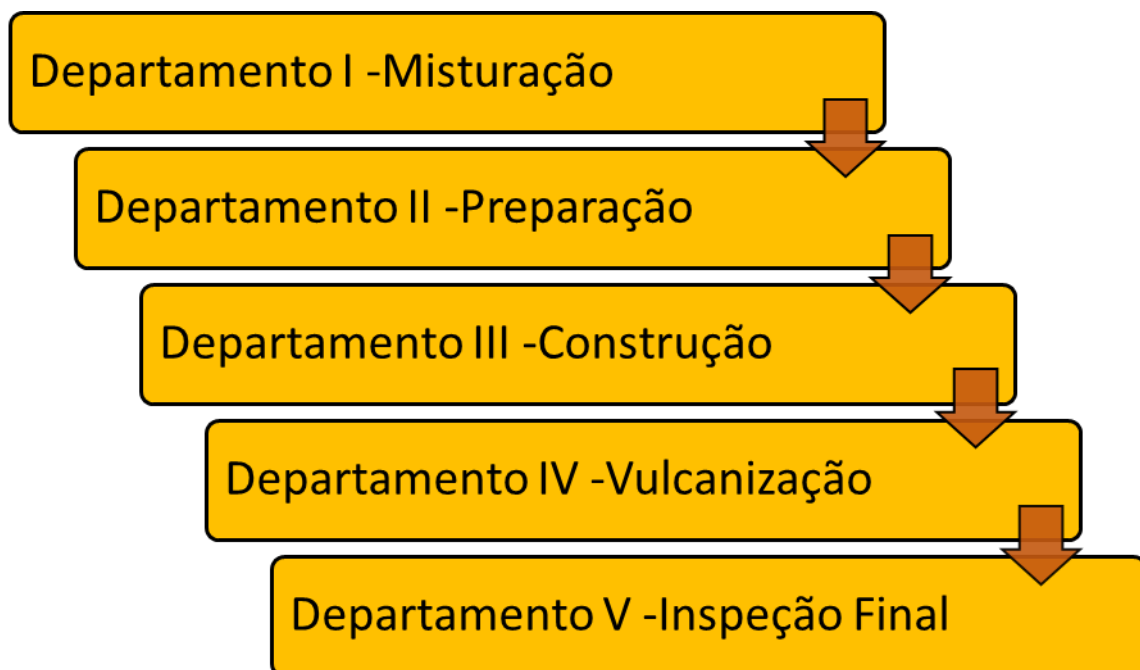


Figura 2.13 - Departamentos do processo produtivo da Continental Mabor S.A.

Como se pode verificar na Figura 2.13, a produção inicia-se com a misturação. Nesta fase são produzidos os vários compostos de borracha que depois seguem para a preparação. Posteriormente, todos os componentes que irão constituir o pneu passam à construção onde é feita a junção dos diversos elementos constituintes, ou seja, a montagem do mesmo. Após a construção, ocorre o processo de vulcanização, onde o pneu irá assumir a sua forma/relevo sendo, por fim, submetido à inspeção final para a verificação de todos os requisitos de qualidade. Em seguida, será realizada para cada departamento uma breve descrição de cada uma destas fases.

Na Figura 2.14, encontra-se representado de forma mais detalhada as diferentes fases do processo, incluindo as máquinas utilizadas para o fabrico dos componentes constituintes do pneu e a sequência que é necessária ser seguida para a sua produção.

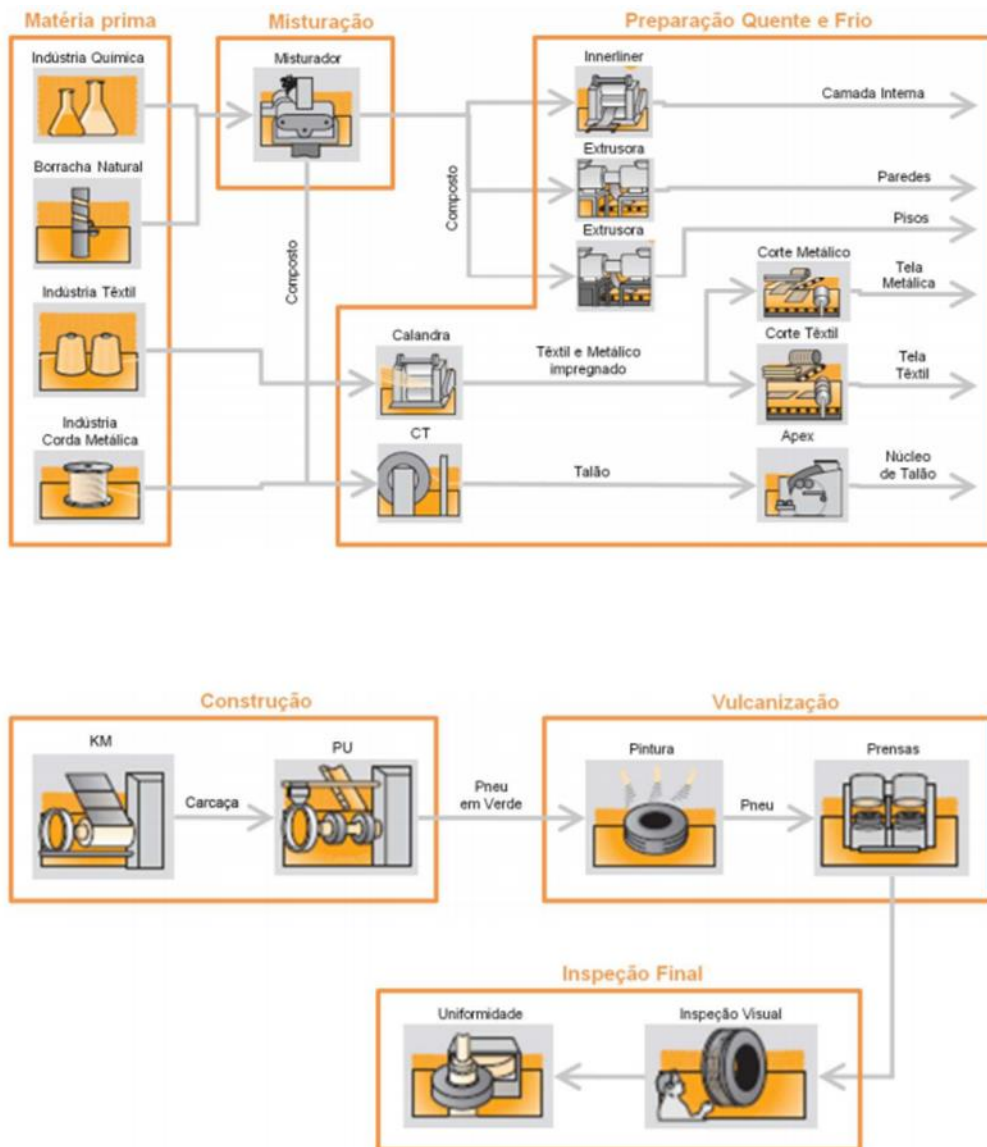


Figura 2.14 - Diversas fases da produção de pneus da Continental Mabor com as respetivas matérias-primas e máquinas[15].

2.3.1 -Departamento I - Misturação

O início do processo produtivo ocorre na misturação. Nesta fase do processo ocorre a pesagem e medição das matérias-primas que formam a borracha (borracha natural, borracha sintética, pigmentos, óleo mineral, sílica, negro de fumo). Estes componentes são misturados e passam por dois misturadores: os “*masters*” (misturadoras para a produção de borracha intermédia) e os “ *finais*” (misturadores para a produção de borracha final), sendo que no final desta fase pretende-se obter borracha homogénea e com o perfil indicado para a seguinte fase[14].

A Figura 2.15 mostra o Departamento I da Continental Mabor S.A..



Figura 2.15 - Departamento I - Misturação[14].

2.3.2 -Departamento III - Preparação

No departamento II ocorre a segunda fase do processo. Nesta etapa, ocorre a produção de todos os componentes que compõem o pneu, sendo que a preparação pode ser dividida em dois subdepartamentos: a preparação a frio e a preparação a quente.

Na preparação a frio, é realizada a preparação e corte do material, sendo obtidos os seguintes componentes: tela têxtil, tela metálica, cinta metálica, cinta têxtil em espiral e camada estanque. Em termos de equipamento, este subdepartamento possui calandras, *innerliner*, máquinas de corte têxtil e máquinas de corte metálico.

Relativamente à preparação a quente, nesta fase são produzidos todos os elementos para a “construção” do pneu, tais como: piso, cunhas, parede do pneu, talão e talão com cunha. Estes materiais são produzidos em extrusoras, CT’s e APEX’s.

Depois de produzidos, os materiais são armazenados nos locais designados para esse efeito e posteriormente transportados para o departamento de construção[14].

A Figura 2.16 da próxima página, mostra o Departamento II da Continental Mabor S.A..



Figura 2.16 - Departamento II - Preparação[14].

2.3.3 -Departamento IV - Construção

O departamento de construção é responsável pela “montagem” dos componentes provenientes do departamento de preparação. As máquinas responsáveis pela montagem do pneu têm o nome de módulo de construção. Estes módulos são constituídos por duas máquinas: KM (*karcass Machine*) e PU (*Pressure Unity*). Inicialmente, na KM, é produzida a carcaça do pneu que depois é utilizada na PU onde se une a carcaça às cintas metálicas, cintas têxteis e ao piso.

Desta etapa, o processo resulta no “pneu em verde” ou “pneu em cru” que posteriormente é transportado para o departamento de vulcanização[14].

A Figura 2.17 mostra o Departamento III da Continental Mabor S.A..



Figura 2.17 - Departamento III - Construção[14].

2.3.4 -Departamento V - Vulcanização

O departamento IV é constituído pelo processo de pintura e pela vulcanização dos pneus. Os “pneus em verde” são transportados por transportadores automáticos (GTC) a partir dos módulos até às cabines de pintura, onde estes são pintados (lubrificados) no seu interior. Depois deste processo de “pintura”, os lots de pneus são transportados por carros para a vulcanização, onde o pneu é colocado numa prensa. Posteriormente, este é submetido a um ciclo de vulcanização com cerca de 10 minutos a elevadas temperaturas, onde, através de moldes, o pneu assume a sua forma final[14].



Figura 2.18 - Departamento IV - Vulcanização[14].

2.3.5 -Departamento VI - Inspeção final

Após o processo de vulcanização, os pneus são transportados por transportadores automáticos para a inspeção final. Neste setor, são realizadas verificações manuais, inspeções automáticas e os ensaios necessários para a verificação de todos os requisitos de qualidade. Após esta verificação, só os pneus que cumprem os requisitos de qualidade são encaminhados, em paletes, pelos transportadores para o armazém de produto acabado[14].

A Figura 2.19 mostra o Departamento IV da Continental Mabor S.A..



Figura 2.19 - Departamento V - Inspeção Final[14].

Capítulo 3

Enquadramento teórico

3.1 - Panorama energético mundial

Atualmente, a energia é considerada um motor da sociedade. O bem-estar das populações, assim como a prosperidade industrial e económica, depende de uma energia segura, sustentável e a preço comportável[16].

Um dos principais indicadores de desenvolvimento económico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade é o consumo de energia. Assim sendo, o consumo energético está relacionado com a atividade do setor industrial, comercial e de serviços. O poder económico de uma sociedade também se relaciona com o consumo de energia, pois permite a aquisição de equipamentos tecnologicamente mais avançados, como veículos motorizados ou simples eletrodomésticos e acessórios eletrónicos, como o telemóvel. Todos estes bens materiais referidos consomem energia. Os combustíveis como a gasolina e o gasóleo no caso dos veículos motorizados e a eletricidade para os equipamentos eletrónicos[17].

A crescente demanda energética mundial pode ser justificada pela necessidade de energia gerada pela evolução permanente das sociedades e pela grande evolução tecnológica sofrida nos últimos anos.

Os consumos energéticos a nível mundial têm sofrido um crescimento acentuado como se pode verificar na representação da Figura 3.1 da página seguinte, que representa a energia consumida a nível mundial desde 1990 até ao ano de 2015. Os dados utilizados para a elaboração da representação gráfica encontram-se presentes no Anexo A.

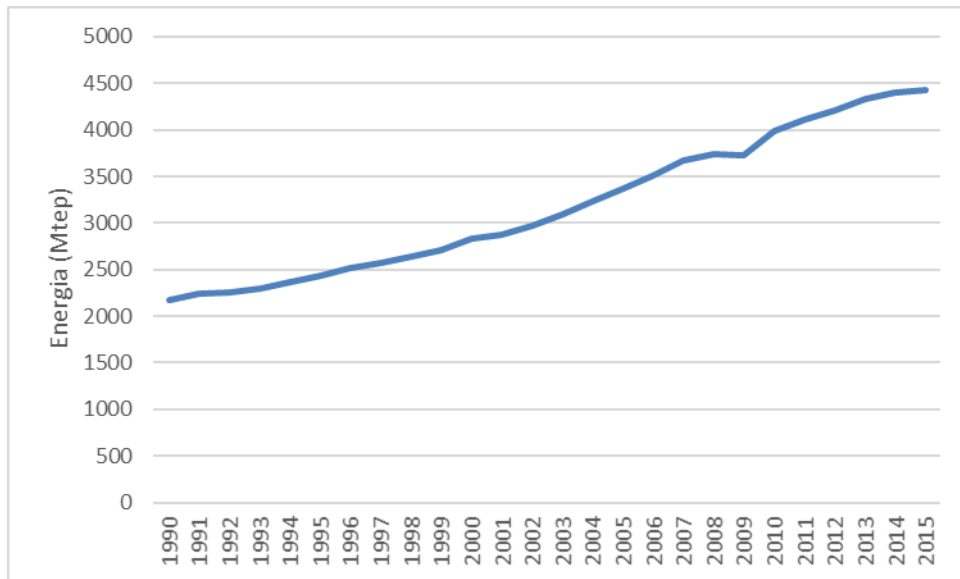


Figura 3.1 - Representação gráfica da evolução do consumo total de energia no Mundo[18].

O consumo de energia a nível mundial teve um crescimento de 49,2% desde 1990 até ao ano de 2015. O consumo energético de cada país é muito diferente, como se pode verificar na Figura 3.2, relativa ao consumo de energia primária. Nesta figura, o esquivamento da eletricidade para tep (tonelada equivalente de petróleo) utilizado foi de $86 * 10^{-6} tep/kWh$, pois a figura foi recolhida do site oficial da enerdata. Esta figura tem como principal função demonstrar a diferença de consumo de energia primária nos diferentes países. Durante o presente trabalho, a conversão de energia elétrica para tep utilizada será $215 * 10^{-6} tep/kWh$, valor presente na regulação portuguesa associada à eficiência energética na indústria (SGCIE)[19].

Os países considerados desenvolvidos são os consumidores mais intensivos de energia a nível mundial[20]. Estes 35 países compõem a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE). No entanto, a China revela-se o país onde a demanda energética é maior e não se engloba nesta organização, mantendo, no entanto, relações cooperação.

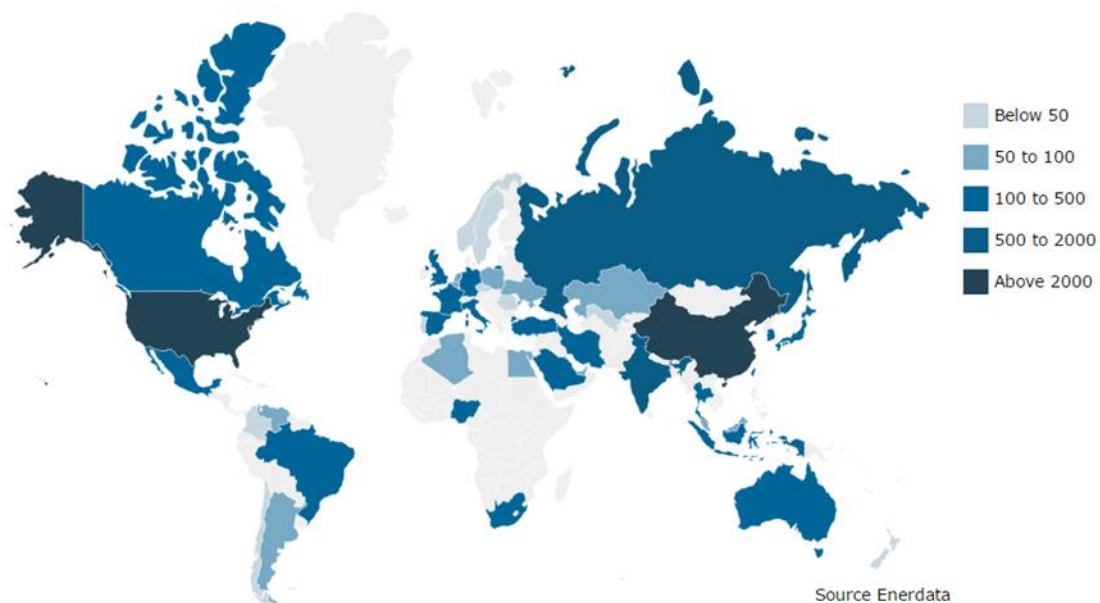


Figura 3.2 - Mapa mundo com o consumo total de energia em Mtep[18].

Segundo dados do enerdata, os cinco países com maior consumo energético, por ordem decrescente, são: a China, os Estados Unidos, a Índia, a Rússia e o Japão[18].

Para uma melhor perceção da diferença de consumo de energia, realizou-se uma análise do consumo energético por regiões ao longo de 25 anos em Mtep. Os valores obtidos encontram-se no Anexo B, tendo em conta estes dados foi realizada a representação da Figura 3.3.

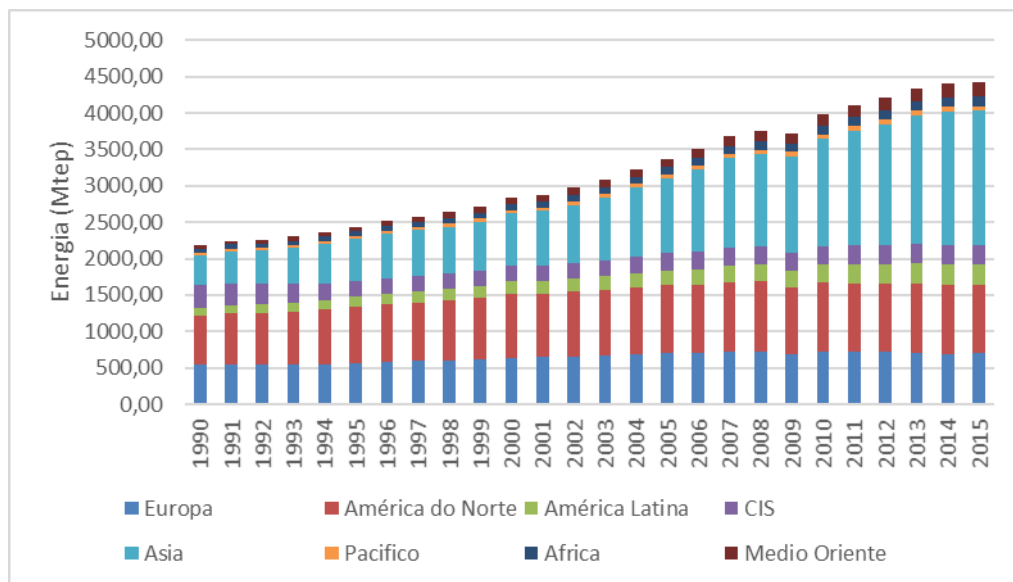


Figura 3.3 - Consumo total de energia a nível mundial em Mtep[18].

Na Ásia, o aumento de consumo energético foi de 352% neste período, sendo que nos últimos 15 anos foi de 157%. Isto traduz-se num aumento de consumo de 1131,65 Mtep, representando, assim, o caso mais notório de crescimento na procura energética. Por outro lado, na Europa, durante o ano de 2000, foram consumidos 635,1 Mtep e, em 2015, foram consumidos 707,1 Mtep. Ou seja, verifica-se que o consumo energético aumentou 11,4%. Este facto pode ser explicado pela crise económica vivida na Europa que tem tido um impacto relevante sobre o consumo energético, levando a uma redução no seu crescimento. Por outro lado, podemos verificar que os países em desenvolvimento demonstram, nas últimas décadas, um aumento significativo no consumo energético, como é exemplo notório a China.

Nos dias que correm podemos inferir um crescente interesse por parte dos diversos elos da sociedade em questões ligadas à sustentabilidade do planeta que habitamos. Esta temática tem sido cada vez mais destacada por consequência dos efeitos da desmedida utilização dos recursos existentes no planeta.

A produção e consumo de energia leva a grandes emissões de gases com efeito de estufa. Atualmente, verifica-se que a maior parte da energia usada no mundo é proveniente de combustíveis fósseis, sendo que estes representam quase 80% das emissões totais da EU[21]. Assim sendo, na Europa existe o desafio de reduzir estas emissões mantendo uma produção energética que corresponda às necessidades das populações.

Assim sendo, na Figura 3.4 encontra-se a representação das emissões de CO_2 por país no ano de 2015, na qual as bolas a preto representam as emissões.

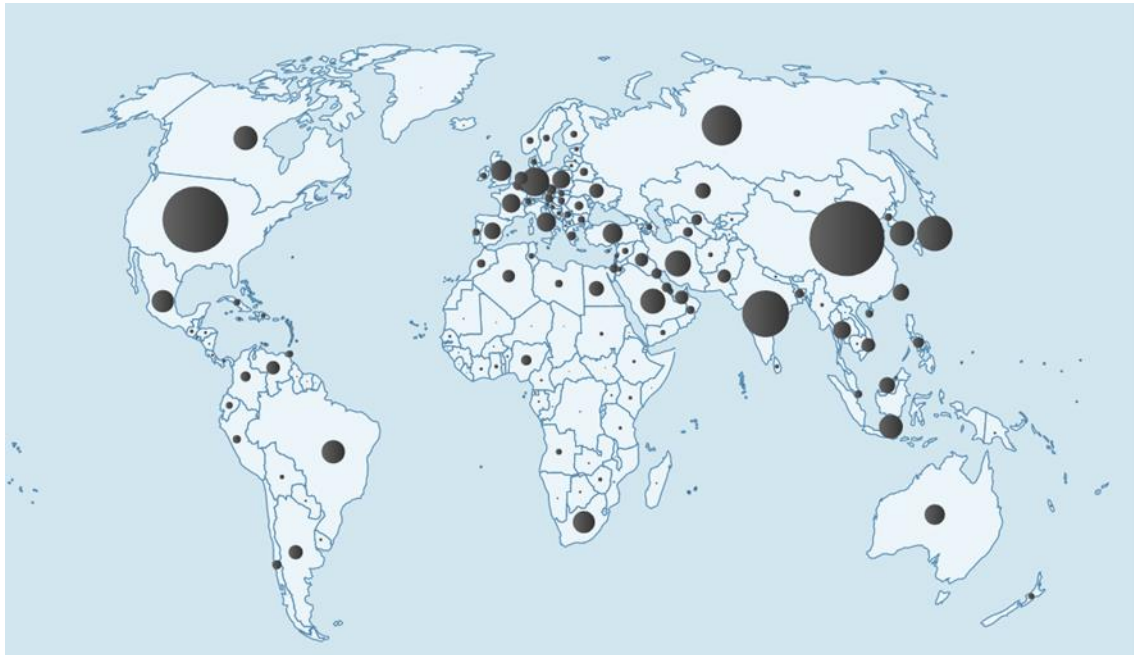


Figura 3.4 - Mapa Mundo com indicadores de emissões de dióxido de carbono[22].

Na Tabela 3.1, encontra-se um ranking de emissões de CO_2 . É notório referir que os cinco maiores consumidores de energia primária são, também, os cinco países com maiores emissões, reforçando o facto do consumo e produção de energia levar a emissões de gases poluentes.

Tabela 3.1 - - Ranking de emissões de dióxido de carbono[22].

Rank	Pais	MtCO ₂
1	China	10357
2	Estados Unidos	5414
3	Índia	2274
4	Rússia	1617
5	Japão	1237
58	Portugal	51

3.2 - Panorama energético nacional

Passando do panorama mundial para o nacional, é possível verificar, com base na representação gráfica presente na Figura 3.5 (Os valores utilizados para a construção da figura encontram-se no Anexo C), a evolução do consumo total nacional de energia. Entre 1990 e 2015, existiu um crescimento no consumo de 93%, sendo este aumento de 22 Mtep.

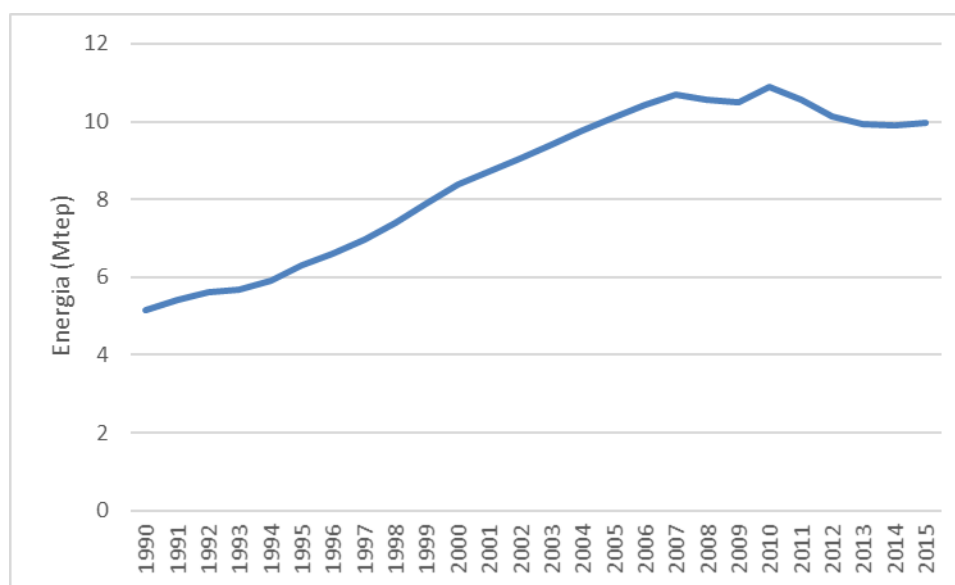


Figura 3.5 - Representação gráfica da evolução do consumo total de energia em Portugal[18].

Com base na Figura 3.5, verifica-se que o consumo teve uma evolução gradual entre 1990 e 2007. Este aumento deve-se ao crescimento do poder económico da população, assim como ao aumento do número de habitantes. Nos dois anos seguintes, a tendência inverteu-se, sofrendo uma redução de 2%, correspondendo a 105135 tep.

No entanto, o caso mais significativo de redução do consumo energético ocorre entre 2010 e 2015, sendo a redução de 9,8%, correspondente a 901755,5 tep. Esta redução do consumo de energia advém de vários fatores, sendo a contração económica o principal, afetando os consumos energéticos nacionais de forma semelhante ao que ocorreu com os restantes países pertencentes à OCDE[23].

Por outro lado, este facto pode, também, ser explicado em parte pela aplicação de medidas de eficiência energética aplicadas neste período, assim como uma maior consciencialização da população sobre o consumo energético, promovendo uma melhor racionalização do consumo de energia[24].

Relativamente à produção de energia primária, Portugal é um país com elevada dependência energética externa, uma vez que não possui recursos petrolíferos próprios, nem jazidas de gás natural ou minas de carvão em atividade. Assim sendo, fica sujeito a condicionantes como o preço dos combustíveis fósseis. Com o passar dos anos, acentua-se a necessidade de utilização de energias limpas e renováveis, pois são um método de combater a dependência energética, são inesgotáveis e isentas de poluição e são provenientes de elementos fornecidos pelo planeta[25].

Sendo assim, a nível nacional desenvolveu-se toda uma panóplia de novas possibilidades no campo da produção de energia elétrica sobretudo ao nível das energias renováveis. Estas têm

tido uma expansão exponencial em todo o mercado, sendo utilizadas quer por grandes produtores quer por pequenos consumidores domésticos[26].

Na representação gráfica presente na Figura 3.6, podemos verificar a percentagem de energias renováveis na produção de eletricidade ao longo de 25 anos a nível nacional, europeu e mundial. Os valores utilizados para a representação gráfica encontram-se presentes no Anexo D.

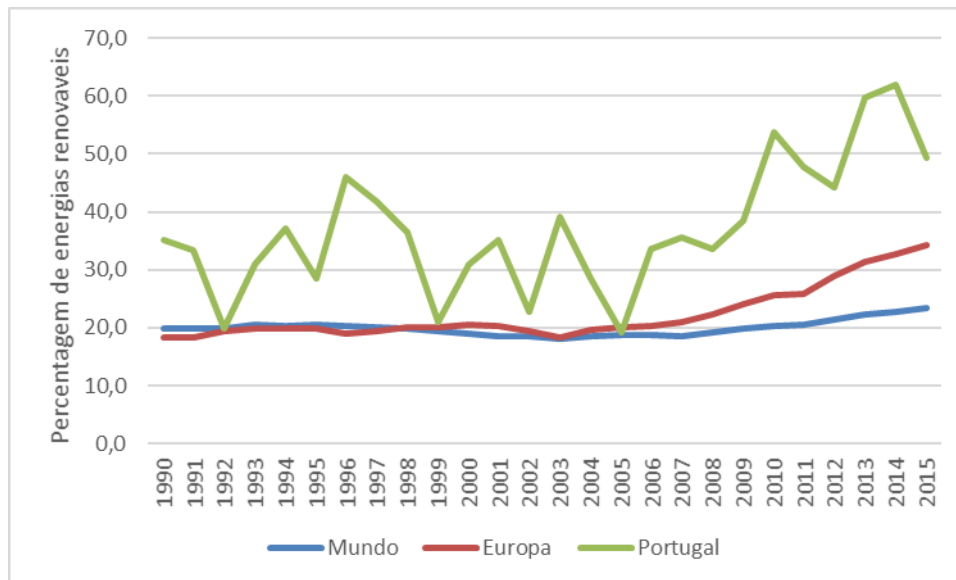


Figura 3.6 - Percentagem de energias renováveis na produção de eletricidade[18].

As fontes de energia renovável para produção de eletricidade como a eólica, a biomassa e o solar fotovoltaico, ainda não têm grande expressão a nível global, o que também se explica pelo facto de só terem começado a ser implementadas em maior escala nas últimas duas décadas. A sociedade económica e o mercado energético são dependentes da extração e posterior queima de combustíveis fósseis para produção de energia[27]. A grande desvantagem deste método de produção energética são as emissões de gases de efeito de estufa (GEE).

Como podemos verificar com a análise da Figura 3.6, existe uma crescente demanda na utilização de energias provenientes de fontes renováveis ao longo dos anos a nível mundial e europeu[28]. A nível nacional, a percentagem de energias renováveis na produção de eletricidade sofreu uma elevada variação ao longo dos anos. No entanto, é importante referir que apesar desta variação o seu valor é sempre superior à média Mundial e Europeia, sendo que em 2014 foi atingido o valor mais elevado de 61,9%.

Portugal atingiu uma importante meta na produção energética no ano de 2016, durante 107 horas, entre as 6:45 de dia 7 de maio e as 17:45h do dia 11 de maio. O país consumiu apenas energia proveniente de fontes renováveis (energia solar, hídrica e eólica). Para além das vantagens ambientais, é importante evidenciar as vantagens económicas, pois tornou possível a redução da importação de combustíveis fósseis[29].

3.2.1 -Energia na indústria

O consumo de energia final pode ser dividido em quatro setores de maior consumo: os transportes, a indústria, o residencial e os serviços[30]. A energia consumida a nível nacional,

como já referido anteriormente, provem de fontes renováveis e da utilização de combustíveis fósseis.

A energia, desde a sua origem até à sua utilização final, sofre diversos processos e transformações. O local de onde a energia provem tem a denominação de fonte de energia primária. Esta energia pode ter origem renovável, fóssil, mineral ou na reciclagem de resíduos. Para atingir a forma final (forma comercial), a energia sofre um conjunto de processos e transformações de forma a ser utilizada em equipamentos específicos[31].

Na Figura 3.7, encontram-se representadas as principais fontes de energia, assim como os principais setores consumidores de energia.

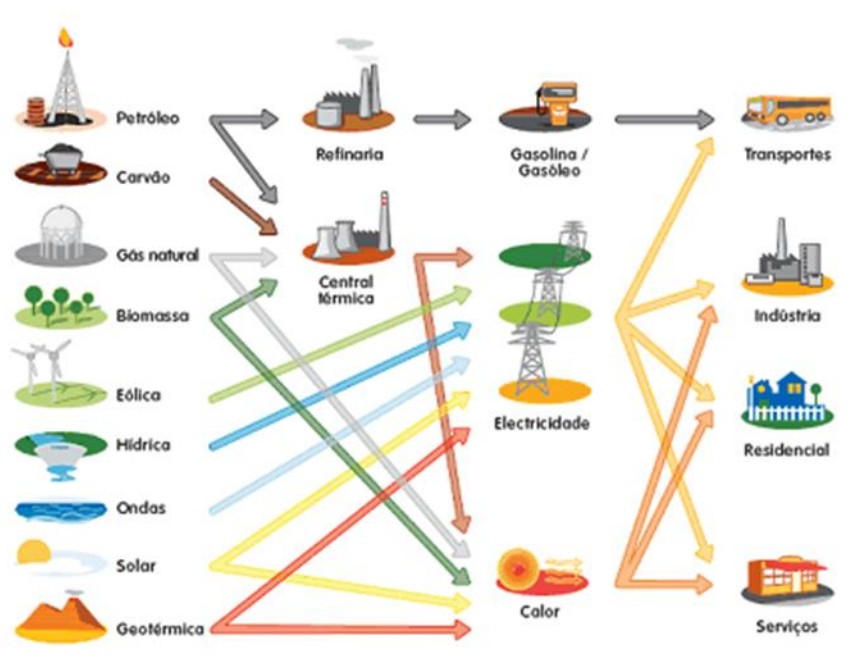


Figura 3.7 - Ciclo de algumas fontes de energia renováveis e não renováveis[32].

A energia consumida por cada um destes setores apresenta grandes diferenças, como se pode observar na Figura 3.8 na próxima página, na qual se encontra representado o consumo energético por setor, em percentagem, no ano de 2015. Para uma melhor perceção, realizou-se, também, a construção da Tabela 3.2, na qual se encontram os valores de consumo final de energia por setor em Mtep.

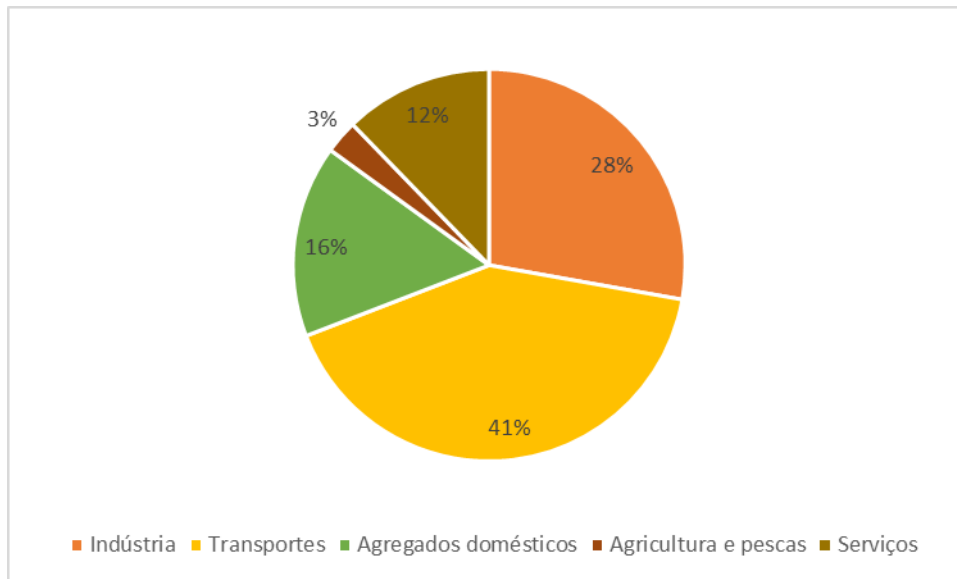


Figura 3.8 - Representação gráfica do consumo energético por sectores, em Portugal em 2015[33].

Tabela 3.2 - Consumo energético por setor de atividade económica em Portugal no ano de 2015[33].

Setor de atividade económica	Consumo final de energia (Mtep)
Indústria	4450
Transportes	6612,6
Agregados domésticos	2538,6
Agricultura e pescas	440,7
Serviços	1960,4
Total	16037

A Figura 3.8 demonstra que o consumo no ano de 2015 no setor dos transportes foi o que mais energia primária utilizou, perfazendo 41% do total. Seguem-se os setores da indústria e doméstico com 28% e 16%, respetivamente, o sector da agricultura e pescas com 12% e, por fim, o setor dos serviços com 3% do consumo total.

O setor Industrial representou, aproximadamente, um terço do consumo de energia em Portugal, no ano de 2015, tendo consumido 4450 Mtep. Torna-se evidente que este é um setor relevante no consumo de energia. Assim sendo, este setor tem sido alvo de medidas de eficiência e poupança energética. Com estas mediadas, torna-se possível obter uma vantagem financeira, aumentando a sustentabilidade associada à produção, transporte e consumo de energia e, como tal, deve ser explorada e posta em prática, para que as metas propostas no Pacote Europeu Energia/Clima 20-20-20 sejam atingidas, garantindo, assim, o progresso social, o equilíbrio ambiental e o sucesso económico.

3.3 - Eficiência energética

No seguinte subcapítulo, abordaremos o tema da eficiência energética, o seu significado, a sua importância, a norma energética associada, assim como as motivações e entraves para a sua aplicação.

A eficiência energética revela-se um importante aliado para consumidores de energia, passando desde os pequenos consumidores aos considerados consumidores intensivos.

3.3.1 -O que é eficiência energética?

Atualmente a temática da eficiência energética é cada vez mais debatida, tendo-se tornado um fator a ter em conta por todos os elos da sociedade[34]. Apesar disto, muitas vezes este termo é confundido com eficácia energética, sendo termos distintos e de extrema importância no momento de melhorar um sistema consumidor de energia.

A eficácia consiste em obter os resultados pretendidos, focando-se unicamente nos resultados finais a serem alcançados, explorando ao máximo o potencial dos processos. No caso da eficiência, o objetivo é atingir os resultados pretendidos, mas focando-se no processo, tentando salvaguardar os recursos disponíveis. Ou seja, a eficiência energética é mais competente e otimizada. Para que isto seja possível, é necessário, para além de optar por equipamentos energeticamente mais eficientes, estudar estes equipamentos para perceber de que modo podem ser aplicados de maneira mais eficaz, com o intuito de favorecer ainda mais a eficiência energética[35].

Para além desta distinção, considerou-se importante salientar, também, a diferença entre eficiência energética e poupança energética. A poupança energética representa a redução do consumo de energia, refletindo a redução da atividade consumidora de energia. Por outro lado, a eficiência energética é um conceito distinto, pois representa a otimização do consumo de energia. Por outras palavras, é conseguida com poupança sem redução da atividade consumidora de energia[36].

Tendo em conta o referido anteriormente, podemos afirmar que eficiência energética consiste na utilização racional de energia com o compromisso da mesma ou maior quantidade de produção de bens e serviços. Por outras palavras, consiste em utilizar a menor quantidade de energia possível para a produção do mesmo bem ou serviço. Por exemplo, no setor industrial a eficiência energética pode ser medida em função da quantidade de energia utilizada para a produção de uma tonelada de produto final[37].

De acordo com o Livro Verde da Comissão Europeia “Para uma estratégia europeia de segurança do aprovisionamento energético”, o consumo final total de energia na União Europeia é, aproximadamente, 20% superior ao justificável. Neste seguimento, podemos afirmar que seria possível, através de medidas de eficiência energética, uma poupança energética significativa a nível europeu, trazendo vantagens não só a nível económico, mas também ambiental[38].

Quando comparados com os processos utilizados convencionalmente, considera-se que será possível melhorar os índices de eficiência energética com recurso à utilização de novas tecnologias e com a alteração de comportamentos e processos que permitam a redução do consumo, sendo que, como já referido, estas medidas não devem em caso algum afetar negativamente a produção de bens e/ou serviços[39].

3.3.2 - Norma de gestão energética ISO50001:2011

A norma ISO 50001 - Sistemas de Gestão de Energia, publicada em junho de 2011, especifica os requisitos para uma organização estabelecer, implementar, manter e melhorar um Sistema de Gestão Energética, permitindo uma abordagem sistemática com a finalidade de atingir a melhoria contínua do desempenho energético, incluindo a eficiência energética, uso e consumo de energia. Esta norma destina-se a qualquer tipo de instituição pública ou privada, independentemente da sua dimensão e das suas condições geográficas, culturais e sociais. Prevê-se que no futuro esta tenha um impacto de 60% no consumo mundial de energia.

Em Portugal a norma ISSO 50001 foi adaptada, dando assim origem à norma NP EN ISO 50001:2012[40].

Esta norma tem como princípio a melhoria contínua do processo e para atingir os principais objetivos foi desenvolvido um procedimento baseado na metodologia de Deming, conhecida por “Plan-Do-Check-Act” (PDCA). Esta metodologia encontra-se representada na Figura 3.9, e integra a gestão de energia nos procedimentos diários de uma instituição, podendo ser aplicada em diferentes instituições com performances energéticas distintas. Para além disto, pode ser integrada com outros sistemas de gestão.

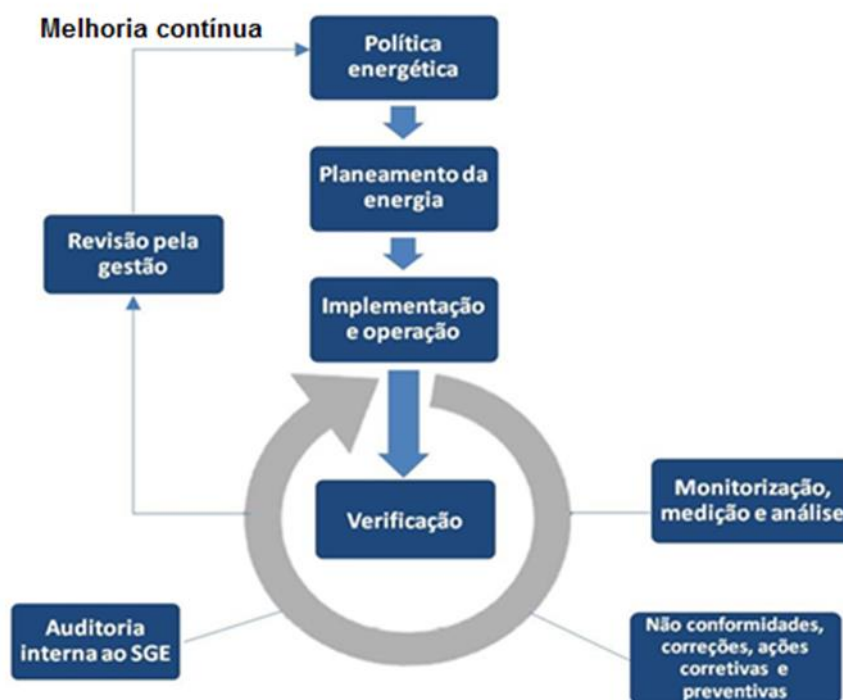


Figura 3.9 - Modelo de sistema de gestão de energia para a norma EN ISO 50002:2012[40].

No contexto da gestão da energia, a abordagem PDCA, segundo o Instituto Português De Qualidade[40], pode ser descrita em 4 fases:

- *Plan* (planear): Realizar uma avaliação energética do panorama atual para definir a linha de base, os indicadores de desempenho energético, objetivos, metas e planos de ação necessários para atingir os resultados que irão melhorar o desempenho energético de acordo com a política de energia da organização;
- *Do* (executar): Concretizar os planos de ação de gestão de energia, incluindo procedimentos e processos, melhorando o seu desempenho energético;

- *Check* (verificar): Monitorização e medição dos processos e características chave das operações que determinam o desempenho energético face à política energética e aos objetivos, com a respetiva descrição dos resultados;
- *Act* (atuar): Realizar ações para melhorar continuamente o desempenho do sistema de gestão de energia face aos resultados atingidos[40].

O desempenho energético de uma organização é definido em função de vários Indicadores de Desempenho Energético(IDE), como podemos verificar no exemplo da Figura 3.10. Os IDE a serem utilizados pelo sistema de gestão de energia da organização são, por norma, definidos pelo representante da gestão de energia. Estes indicadores devem ser adequados para a monitorização e medição da evolução do desempenho energético da organização[41].



Figura 3.10 - Representação conceptual do desempenho energético[40].

3.3.3 -Motivações para a eficiência energética

Após as primeiras crises energéticas vividas nos anos 70, verificou-se uma crescente conciliação e motivação para a temática da eficiência energética, sendo que a Europa Ocidental se destacou pelos ganhos obtidos desde esse momento. No caos nacional, o consumo de energia final per capita é inferior média europeia. No entanto, verifica-se um aumento da intensidade energética na economia.

Atualmente, vivemos num período em que a eficiência energética é praticamente uma necessidade por vários motivos, sendo que os fatores económicos associados ao aumento do custo da energia e as preocupações relativas à sustentabilidade se sobressaem. Para além destes, é importante salientar as obrigações legais tanto a nível nacional como europeu e mundial[42, 43].

Com a implementação de medidas de eficiência energética nas organizações, são conseguidos vários benefícios, como por exemplo:

- Redução da fatura energética das organizações;

- Reforço da sustentabilidade financeira e aumento da competitividade nos mercados internos e externos;
- Contribuição para a redução dos impactos negativos decorrentes do consumo de energia, incluindo a redução de emissão de gases com efeito de estufa;
- Promoção da utilização mais eficiente dos recursos energéticos, reduzindo o desperdício e custos associados;
- Redução da intensidade energética;
- Otimização energética de atividades e equipamentos relevantes;
- Cumprimento das exigências legais aplicáveis;
- Redução da dependência energética externa;
- Promoção de investimento em tecnologias emergentes mais eficientes[41, 44].

3.3.4 -Barreiras para a eficiência energética

Para a implementação de medidas de eficiência energética, surgem por vezes entraves ou fatores mais desmotivantes no momento de fazer alterações. Para combater este paradigma, é essencial o papel do governo e da regulação para a criação do PNAEE-Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, demonstrando um compromisso nacional pela busca da redução do consumo energético e promovendo a eficiência energética. Para além do governo, as empresas do setor energético podem desempenhar um papel fundamental para a promoção da eficiência energética, como é exemplo a empresa EDP, que tem realizado várias iniciativas para a divulgação de eficiência energética, tanto a nível industrial como para o consumidor doméstico[45].

Os principais obstáculos identificados para a melhoria da eficiência energética com base na economia neoclássica, economia institucional e comportamental são as seguintes[46]:

- Falta de informação- Na qual, estão incluídos os custos para identificar o consumo de energia dos produtos e serviços;
- Custos ocultos- Representam os custos associados à recolha, análise e aplicação de informações, devido a interrupções de produção e custos de formação de pessoal.
- O risco- Incluindo os riscos técnicos de tecnologias de eficiência energética, o risco associado a investimentos irreversíveis, a incerteza do tempo de recuperação do investimento, o preço da energia que no futuro pode variar ou mesmo por falhas e avarias nos sistemas adquiridos.
- O acesso ao capital- Reflete a falta de recursos financeiros para investimentos em eficiência energética.
- Divisão de benefícios- Ocorre quando o investidor não pode ficar inteiramente com os benefícios, tornando a implementação menos atrativa.
- Racionalidade limitada- Estão incluídas as restrições de tempo, atenção e capacidade de processar informações. Por exemplo, quando as decisões são tomadas com base em rotinas organizacionais que podem negligenciar a melhoria do desempenho energético.
- Legislativas/normativas- Ocorre em casos em que o regulamento aplicado ao setor pode constituir um constrangimento.
- Liderança hierárquica- Por norma, os órgãos responsáveis pela gestão energética têm baixo estatuto nos quadros da organização, levando à falta de prioridade na melhoria deste setor.

- Inércia- Ocorre quando parte dos colaboradores está contra a mudança, levando ao não cumprimento das medidas de melhoria[46, 47].

3.4 - Desenvolvimento sustentável e eficiência energética

Quando se fala em eficiência energética, é praticamente impossível não fazer a ligação entre este termo e o conceito de desenvolvimento sustentável.

A produção e utilização de energia têm impacto no meio onde se inserem. Este impacto pode ser ambiental, económico ou social. Tendo isto em conta, no momento de projeção de uma estratégia de desenvolvimento sustentável, é importante ter em consideração estes impactos e a sua origem.

A eficiência energética contribui para a máxima produtividade e racionalização da energia produzida, logo é dedutível que uma estratégia com base na eficiência energética seja uma forma eficaz de minimizar os impactos negativos provenientes da produção e utilização de energia, independentemente da sua proveniência. Neste seguimento, a eficiência energética mostra-se uma poderosa aliada no desenvolvimento energético sustentável das sociedades do futuro. Pois, como já referido, a nível ambiental permite a redução da emissão de gases de efeito de estufa e a nível económico permite uma diminuição da despesa e dependência energética. No entanto, a eficiência energética representa apenas uma fração para o solucionamento destes problemas, devendo ser complementada com um investimento no desenvolvimento continuado da eficiência e com uma maior aposta nas fontes de energia renováveis, pois estas são um importante fator para a sustentabilidade do planeta[48, 49].

O conceito de desenvolvimento sustentável é relativamente recente, tendo a sua origem em 1987 no relatório de Brundtland denominado “O nosso futuro comum”. Este foi apresentado na Cimeira da Terra que decorreu no Rio de Janeiro, em 1992, e teve como finalidade alertar para a crescente necessidade de utilizar os recursos existentes com base nas necessidades das gerações futuras. Desta iniciativa, foi aprovado um compromisso de promoção de uma economia adaptada aos desafios de uma população mundial crescente[47].

“O Desenvolvimento Sustentável pode ser entendido como o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades” [50]

Para que exista um desenvolvimento sustentável é necessário o cumprimento de algumas diretrizes sem as quais este não pode existir:

- A exploração dos recursos renováveis não deve exceder o seu ritmo de regeneração;
- As emissões de resíduos poluentes devem ser reduzidas ao mínimo e não devem exceder a capacidade de absorverão e de regeneração dos ecossistemas;
- A exploração dos recursos não renováveis deve ser de um modo quase sustentável, limitando o seu ritmo de esgotamento ao ritmo de criação de substitutos renováveis[51].

O desenvolvimento sustentável só pode ser alcançado através da sintonia e evolução constante de três pilares fundamentais: a atividade económica, o meio ambiente e o bem-estar global da sociedade. A conceção existente entre estes três conceitos demonstra uma grande interligação que pode ser verificada na Figura 3.11.

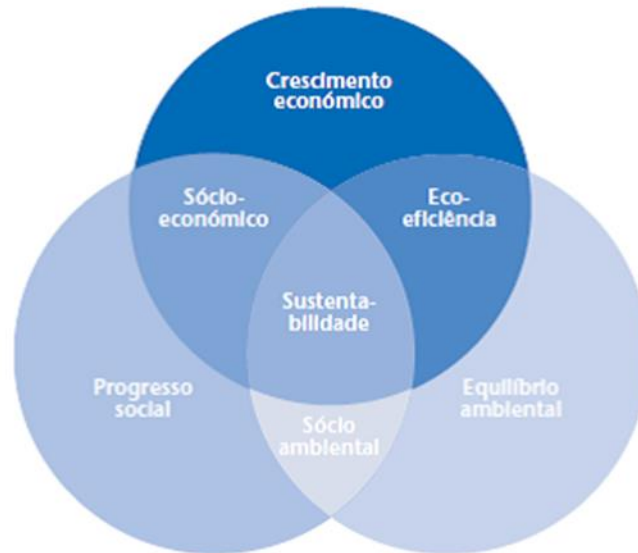


Figura 3.11 - Dimensão ambiental, económica e social do desenvolvimento sustentável[51].

As três componentes do desenvolvimento sustentável podem ser definidas como:

- Sustentabilidade ambiental- Na qual, se pretende promover a conservação a longo prazo dos recursos naturais, evitando a exploração desmedida dos mesmos, manutenção da biodiversidade e a redução da poluição atmosférica. Assim, permite-se a continuidade das condições de vida para as pessoas e para os outros seres vivos, tendo em conta a habitabilidade, a beleza do ambiente e a sua função como fonte de energias renováveis.
- Sustentabilidade social- Concentra-se no equilíbrio social, tendo como foco as ações voltadas para a pessoa humana, garantindo os seus direitos universais como: saúde, educação, moradia, trabalho, etc. O bem-estar social é essencial para a implementação de ações de sustentabilidade, pois só com o auxílio desta se torna possível a implementação das restantes ações de sustentabilidade.
- Sustentabilidade económica- Representa um conjunto de medidas e políticas para a integração de preocupações ambientais e sociais. No fundo, o lucro não é medido somente em função da componente financeira, mas também em função da componente ambiental e social, proporcionando uma combinação mais eficiente dos recursos e permitindo um uso mais eficiente e consciente das matérias primas e dos recursos humanos envolvidos[46].

Capítulo 4

Caso pratico em estudo

Neste capítulo, será realizada uma breve descrição do processo de construção de núcleos de talão na CT e da aplicação da cunha no núcleo de talão na APEX (Figura 4.1). Posteriormente, será realizada a análise dos consumos energéticos de ambas as máquinas no ano de 2016.

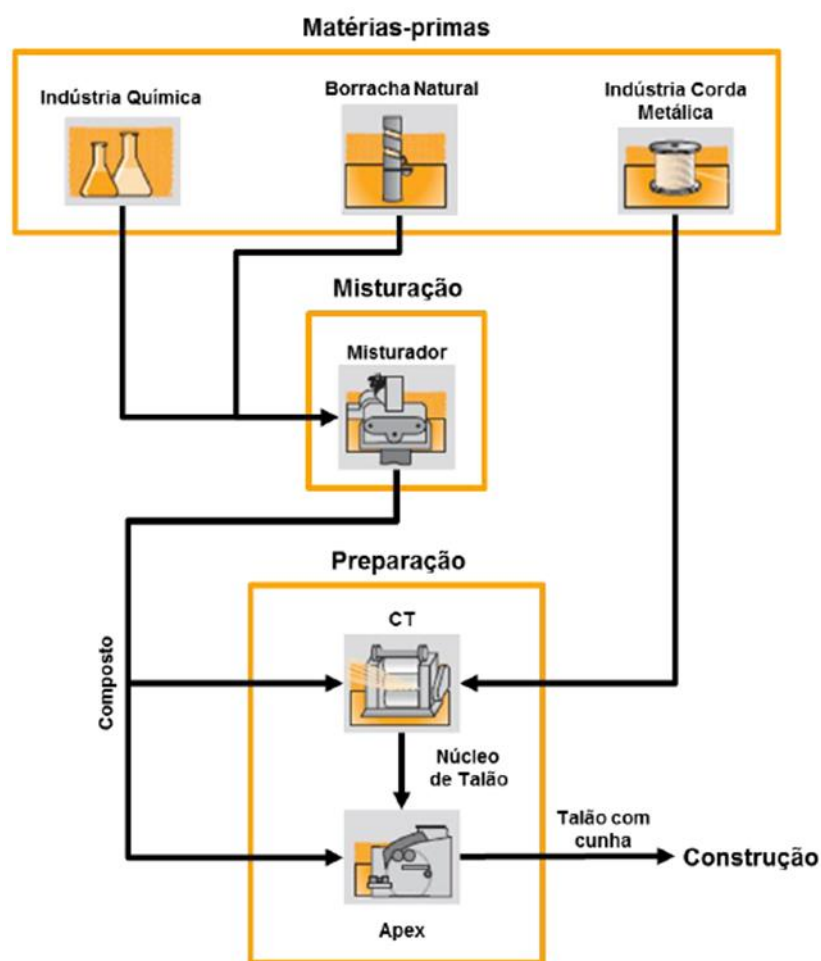


Figura 4.1 - Processo de Construção do Talão com Cunha[15].

4.1 - Descrição do processo da máquina CT

Como se pode observar na Figura 4.1, a máquina responsável pela produção dos núcleos de talão é a CT. No departamento de preparação existem três destas máquinas. Estas apresentam um funcionamento similar entre si, sendo que o sistema de armazenamento dos núcleos de talão em duas das máquinas é feito automaticamente. Na outra máquina, a CT2, o armazenamento tem de ser feito de forma manual. A CT escolhida para a realização deste estudo foi a CT1, devido ao facto de esta ser a única das três que possui um sistema de recolha de dados no MESSDAS - *Energy meets innovation*, software da Mabor - que é responsável pelo registo e monitorização dos consumos elétricos e de ar comprimido.

Com o intuito de descrever o processo da CT, foi elaborado o fluxograma da Figura 4.2. Com este fluxograma pretende-se demonstrar o fluxo dos materiais durante o processo.

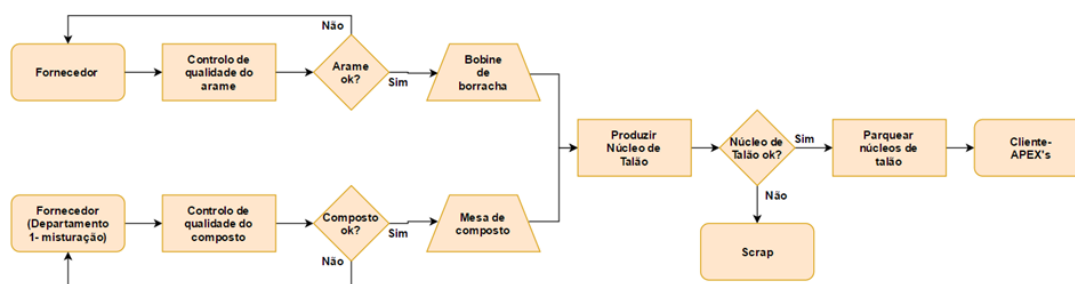


Figura 4.2 - Fluxo de materiais na secção de construção de núcleos de talão.

Para se iniciar o processo, são necessárias matérias-primas, nomeadamente, mesas de borracha provenientes do Departamento I (Misturação) e bobines de arame que são fornecidas por um fornecedor externo. Podemos, então, considerar que o processo de construção dos núcleos de talão se divide em duas etapas: a extrusão e a conformação e o corte.

No processo de extrusão são utilizadas duas matérias-primas: o arame e um composto que consiste na mistura de borrachas, pigmentos e outros químicos. Este composto, assim como o número de arames utilizados, varia em função da receita que está a ser produzida. Assim sendo, neste processo, o composto é aquecido na extrusora passando para uma fieira (elemento constituinte da cabeça da extrusora, pela qual passa o arame). Na fieira, o composto é empregado no arame, resultando uma tira de talão.

Posteriormente, a tira de talão proveniente da extrusão passa por cilindros de arrefecimento e acumuladores e é utilizada no processo de conformação e corte. No processo de conformação e corte, a tira de talão é enrolada na jante até ter o número de voltadas definido na receita e é, depois, cortada obtendo assim a forma final: o núcleo de talão (Figura 4.3).

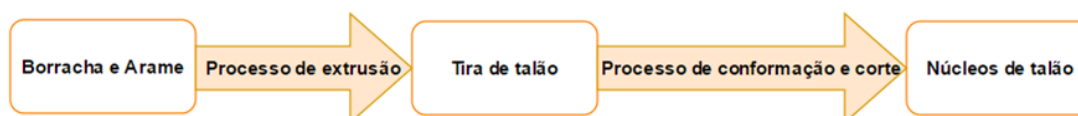


Figura 4.3 - Processo produtivo de construção de núcleos de talão.

Depois de obtidos os núcleos de talão, estes são transferidos para o *servomat* (um acumulador) e, mais tarde, de forma automática, para os carrinhos de armazenamento pelo carregador de talões (um robot coloca os núcleos de talão nos suportes de armazenamento). Na CT2, todo o processo é idêntico com a exceção do já referido armazenamento, que tem de ser feito de forma manual[52].

4.2 - Descrição do processo da máquina APEX

Após a produção dos núcleos de talão nas CT's, estes são utilizados nas APEX para a aplicação de uma cunha ao núcleo de talão. No departamento de preparação existem doze máquinas APEX. Todas apresentam um funcionamento semelhante apesar de existirem várias gerações distintas, sendo que as principais diferenças se situam essencialmente no software, tecnologias, segurança e dimensões.

O presente estudo foi focando na APEX 12. Esta é a máquina mais atual pois foi alvo de um upgrade mais recente. Esta máquina possui um sistema de recolha de dados no MESSDAS, mas só para consumos de energia elétrica, sendo que o consumo de ar comprimido é medido, mas não registado.

De forma similar ao realizado para as CT's, foi elaborado o fluxograma das matérias nas APEX, estando este representado na Figura 4.4. Com este fluxograma pretende-se demonstrar o fluxo dos materiais no processo.

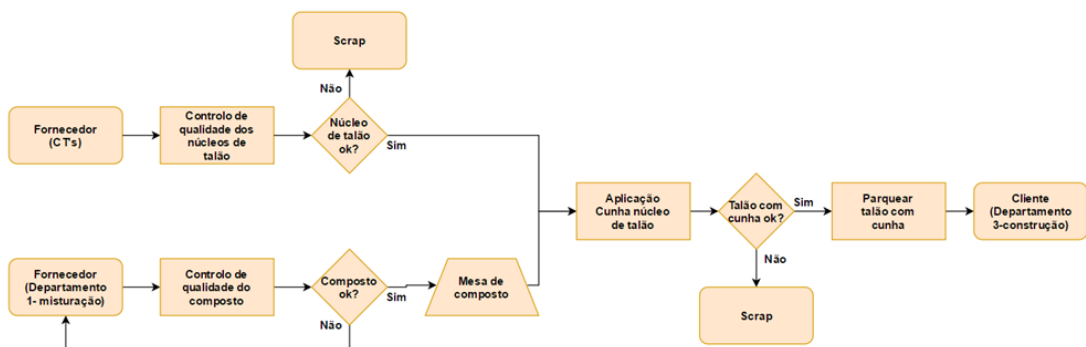


Figura 4.4 - Fluxo de materiais na secção de aplicação de cunha aos núcleos de talão.

No processo de produção das APEX, as matérias-primas utilizadas são a borracha que provem do Departamento I (Misturação) e os núcleos de talão produzidos nas CT's. O processo destas máquinas pode ser fracionado em três etapas: a extrusão, o corte e, por fim, a conformação.

Inicialmente, a borracha é aquecida na extrusora sendo depois extrudida, resultando num perfil de borracha. Este perfil de borracha passa por cilindros de arrefecimento, sendo que depois é cortado em duas tiras de cunha de igual dimensão.

O processo final é o processo de conformação. Neste são utilizadas as cunhas e os núcleos de talão. A cunha é enrolada no tambor pneumático da máquina, sendo depois

colocados os núcleos de talão sobre a cunha pelo operador da máquina. Após a contração pneumática do tambor, é adquirida a forma final: o talão com cunha (Figura 4.5).

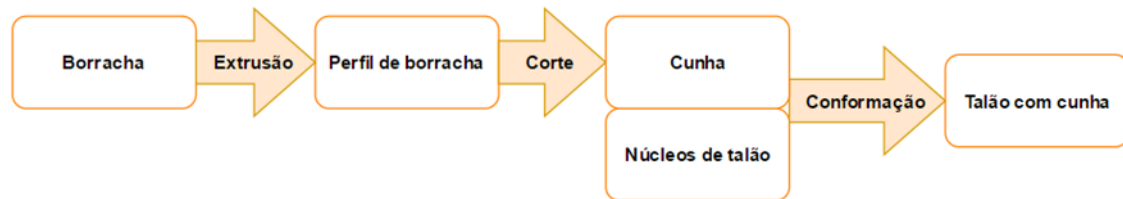


Figura 4.5 - Processo produtivo de aplicação da cunha ao núcleo do talão.

As características deste produto final são definidas em função da receita utilizada no núcleo de talão, do composto utilizado na cunha e da largura da cunha.

De seguida, os núcleos de talão com cunha são transferidos para os suportes de armazenamento de forma manual, sendo estes separados por separadores de forma circular com diferentes cores, em função do tamanho da jante[53].

Capítulo 5

Levantamento e avaliação energética

No seguinte capítulo será apresentado o levantamento do consumo energético e da produção da Continental Mabor. Posteriormente, será realizada uma análise de dados de forma mais específica para as máquinas CT1 e para a APEX12. Os dados relativos ao consumo energético foram adquiridos com recurso ao software MESSDAS software da Mabor que é responsável pela monitorização dos consumos energéticos das diversas utilidades da fábrica.

É, ainda, importante referir que a informação contida nesta análise é referente ao ano de 2016, ano que serviu de referência para o desenvolvimento deste trabalho.

5.1 - Produção e consumo energético da Continental Mabor

A fábrica da Continental Mabor tem uma produção média mensal de cerca de 1.510.000 pneus. Como já foi referenciado, devido a esta elevada produção, a fábrica nacional assume uma posição de relevo em termos de índices de produtividade, reconhecido pelas premiações recebidas nesta área. Os dados relativos à produção de pneus mensal encontram-se representados no Figura 5.1, na página seguinte.

No Anexo E encontram-se as tabelas com os valores de produção mensais relativos ao ano de 2016 fornecidos pela empresa.

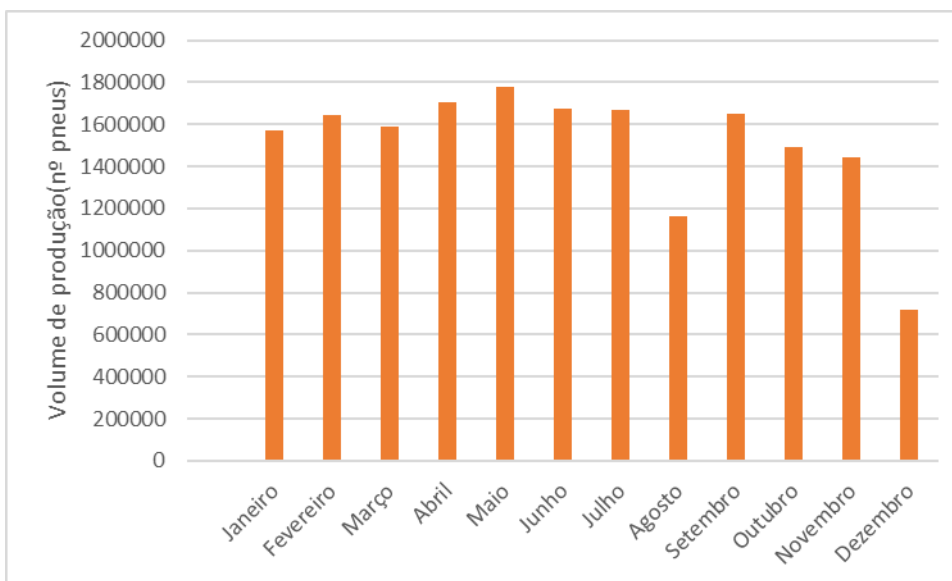


Figura 5.1 - Representação gráfica do volume de produção mensal relativa ao ano de 2016.

Analisando a Figura 5.1, podemos concluir que a produção mensal ao longo de um ano é, aproximadamente, constante. No entanto, verifica-se uma discrepância nos meses de agosto e dezembro. Isto ocorreu devido ao facto de nestes meses terem sido realizadas paragens mais longas para manutenção, que ocorreram entre os dias 9 e 16 de agosto e 19 e 31 de dezembro.

O volume total de pneus produzido pela Continental Mabor, no ano de 2016, foi de 18093879 pneus, ou seja, o equivalente ao equipamento de 4523469 carros ligeiros.

Relativamente aos custos energéticos, estes encontram-se representados na Figura 5.2, em percentagem, em função de cada fonte de energia utilizada no ano de 2016. Os dados utilizados para esta análise foram fornecidos pelo departamento de energia da Continental Mabor e encontram-se no Anexo E, assim como todos os dados para a realização da representação gráfica.

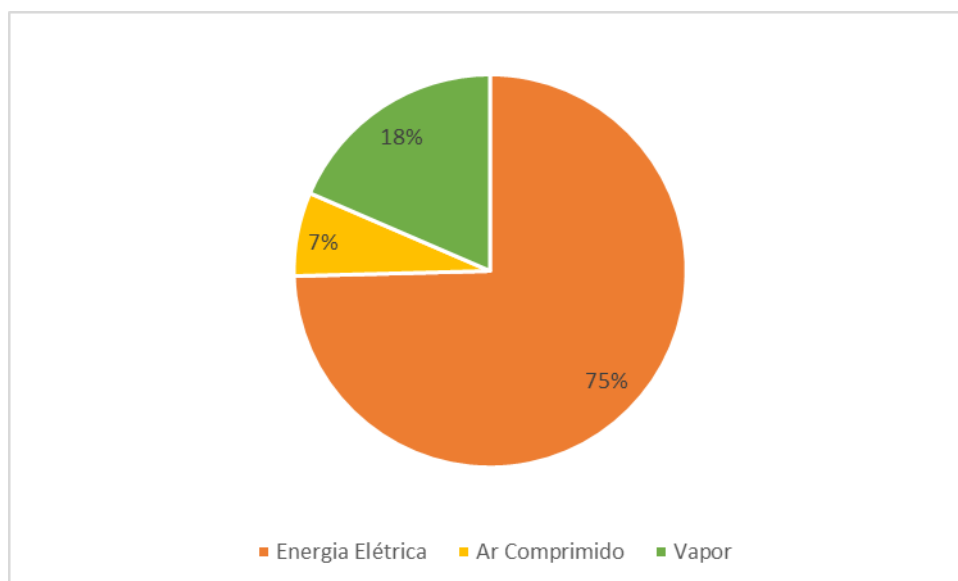


Figura 5.2 - Representação percentual do consumo energético total em Tep da fábrica no ano de 2016.

Como é perceptível pela Figura 5.2 a Continental Mabor utiliza vapor, eletricidade e ar comprimido como fontes de energia, sendo que o consumo de eletricidade se destaca com um valor de 75%, seguido pelo valor do vapor de 18% e por fim, o ar comprimido com 7%. A produção de ar comprimido é realizada com recurso a energia elétrica, mas para esta análise foi tido em conta que o estudo de cada energia seria mais preciso.

O custo, em termos monetários (euros), de cada uma destas unidades de energia encontra-se representado na Figura 5.3.



Figura 5.3 - Representação gráfica dos gastos monetários que a CMP teve no ano de 2016, relativamente a cada utilidade no ano de 2016.

Recorrendo a uma análise dos custos energéticos, verifica-se que a eletricidade se destaca, representando a maioria dos gastos monetários do ano de 2016, com um valor superior a 12 milhões de euros, ou seja, uma média de 1 milhão de euros mensais. Um valor de relevo, sendo que a fábrica gastou mais de 18 milhões de euros em energia neste ano.

Na Tabela 5.1, estão representados os consumos energéticos de energia elétrica, ar comprimido e vapor no decorrer do ano de 2016, sendo que a unidade utilizada foram as habituais, sendo posteriormente convertidas para tep (tonelada equivalente de petróleo).

Tabela 5.1 - Produção de pneus, consumo de energia elétrica, vapor e ar comprimido (SI e tep) no ano de 2016.

Mês	Pneus Produzidos	Energia Elétrica		Vapor		Ar Comprimido		Total tep
		kWh	tep	ton	tep	m ³	tep	
Janeiro	1568469	12766485	2744,79	14924	756,50	10393838	247,69	3748,98
Fevereiro	1646312	13052219	2806,23	16509	836,84	11320009	267,70	3910,77
Março	1588510	12820005	2756,30	15157	768,31	10742479	251,50	3776,11
Abril	1708274	13830135	2973,48	14440	731,96	11529549	268,67	3974,11
Mai	1778762	14235720	3060,68	14800	750,21	11781055	276,91	4087,81
Junho	1674535	13896373	2987,72	14138	716,66	11771351	274,41	3978,79
Julho	1666924	14053840	3021,58	13660	692,43	11876082	281,06	3995,06
Agosto	1163216	10742815	2309,71	9840	498,79	8848456	222,93	3031,43
Setembro	1649028	14085579	3028,40	13749	696,94	11177739	270,39	3995,73
Outubro	1489216	13272408	2853,57	12861	651,92	10749686	264,06	3769,56
Novembro	1440537	12586348	2706,06	13557	687,20	10509001	255,69	3648,96
Dezembro	720096	8533230	1834,64	8426	427,11	7223382	178,33	2440,09
Total	18093879	153875157	33083,16	162061	8214,87	127922627	3059,35	44357,38

Com base na Tabela 5.1, percebe-se facilmente que a Continental Mabor é um consumidor intensivo de energia, tendo consumido mais de 500 tep no ano de 2016, e em termos legais é regulado pelo Decreto-Lei nº71/2008, de 15 de abril de 2008. Para além disso, o consumo ascende os 1000 tep, o que implica que hajam auditorias de seis em seis anos logo após quatro meses do registo da mesma[54].

As necessidades energéticas são estáveis, pois o período de laboração é de 7 dias por semana, com três turnos de oito horas cada, ou seja, um funcionamento de 24h por dia. Com a exceção dos feriados e dos meses de agosto e dezembro, nos quais, como já referido acima, ocorrem paragens mais prolongadas para manutenção.

5.2 - Consumos energéticos e específicos da CT1

No departamento de preparação a frio existem três “*Bead Winders*”. O estudo realizado é referente à “*Bead Winder CT1*”, devido ao facto de esta ser a máquina que sofreu uma atualização mais recente (2015) e de ser a única que possui contadores de energia digitais conectados à rede.

Assim sendo, realizou-se um levantamento sobre os consumos energéticos de ar comprimido e energia elétrica, e sobre a sua produção no decorrer do ano de 2016. Todos estes dados foram obtidos a partir do software MESSDAS. Este guarda os dados com os respetivos consumos em intervalos de 15 minutos, através do registo da informação contida nos contadores digitais existentes na máquina.

Após a análise dos dados recolhidos, realizou-se a representação gráfica da Figura 5.4 e da Figura 5.5, nas quais se encontram representados os consumos energéticos e os seus custos associados, respetivamente. Os dados para elaboração das figuras deste subcapítulo, assim como os exemplos de cálculo necessários, encontram-se presentes no Anexo H.

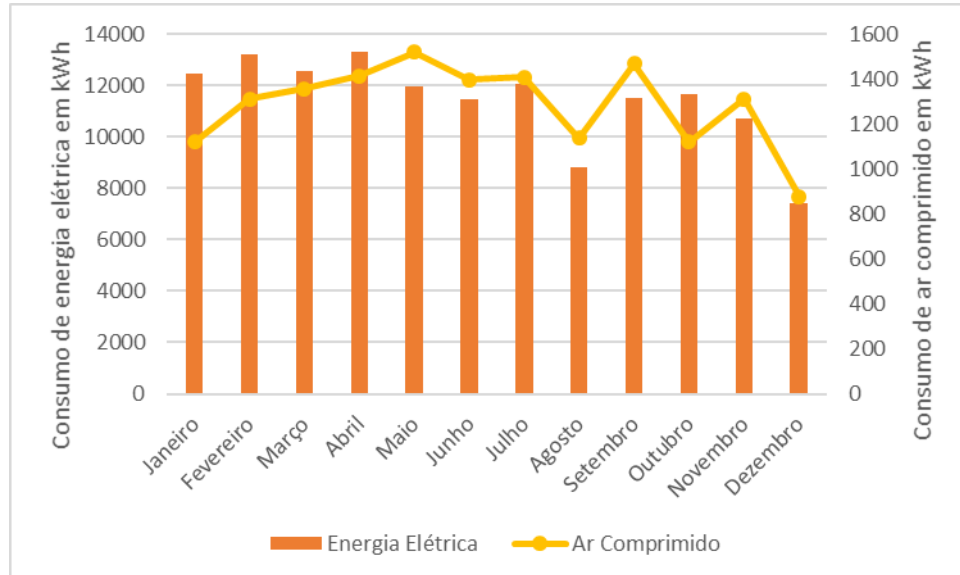


Figura 5.4 - Representação do consumo de energia elétrica e de ar comprimido na CT1 no ano de 2016.

Com base na Figura 5.4, verifica-se que o consumo de ar comprimido é muito inferior ao de eletricidade durante o período de um ano. Sendo que, mais especificamente, o consumo de ar comprimido foi de 140332 m³, que se traduz em 15436,48 kWh ou 3,32 Tep, e o consumo de eletricidade foi de 137091,30 kWh ou 23,47 Tep.

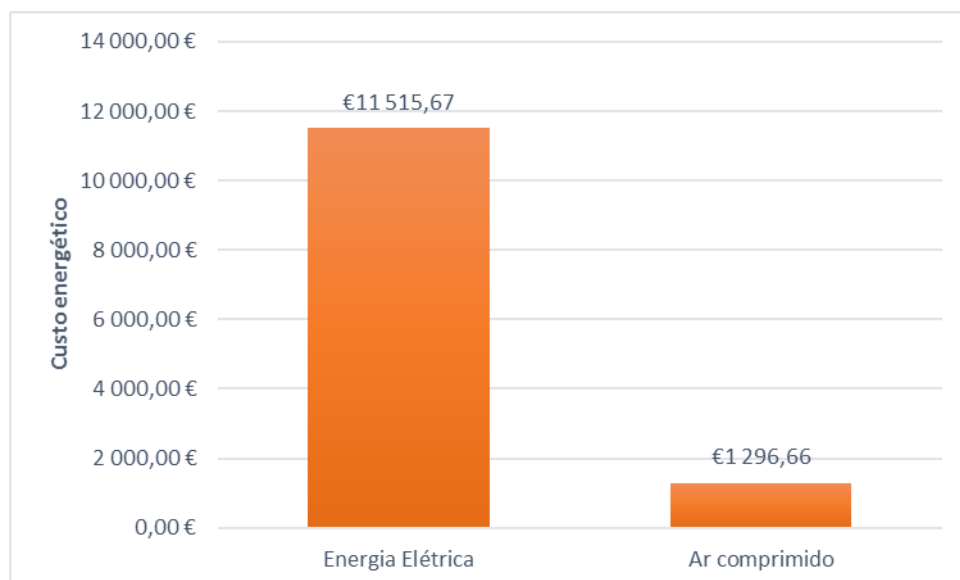


Figura 5.5 - Custos correspondentes ao consumo energético de eletricidade e ar comprimido da CT1 no ano de 2016.

Traduzindo os valores de consumos energéticos para valores em custo monetário, constata-se na Figura 5.5 que o valor total despendido foi de 12812,33€. Este custo provem da soma de 1296,66€ do custo do ar comprimido com 11515,67€ do custo da energia elétrica.

Tendo em conta que a máquina em questão utiliza duas formas de energia (ar comprimido e energia elétrica), estas juntaram-se de forma a analisar o consumo energético total mensal e realizou-se a sua representação na Figura 5.6.

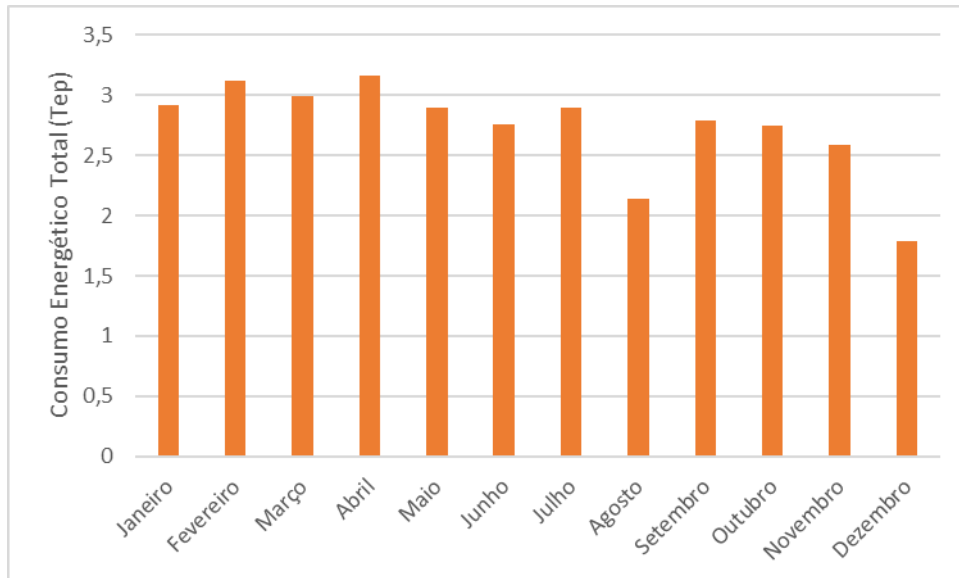


Figura 5.6 - Consumo energético mensal na CT1 no ano de 2016.

Para uma análise mais precisa sobre a CT1, foi realizado o levantamento também dos valores de produção mensal na CT1. Estes valores encontram-se representados graficamente na Figura 5.7.

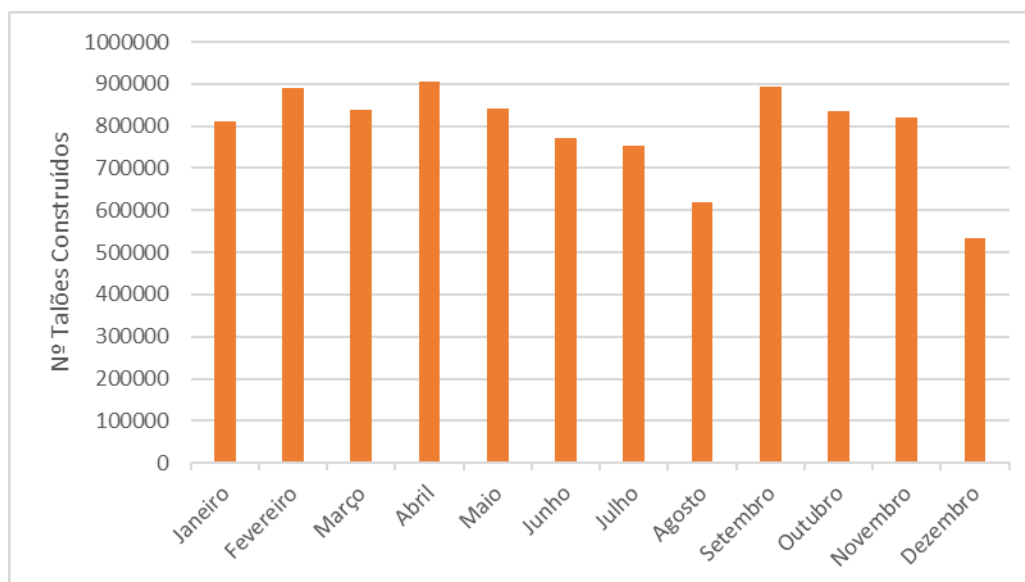


Figura 5.7 - Quantidade mensal de talões construídos pela CT1 no ano de 2016.

É notório que a produção mensal sofre algumas oscilações. No entanto, nos meses de agosto e de dezembro o decréscimo de produção é mais acentuado. Este decréscimo ocorre devido às paragens da fábrica referidas anteriormente.

Com base nos gráficos da Figura 5.6 e Figura 5.7, verifica-se que, como era espectável, o consumo energético é proporcional à produção, mas para uma mais fácil análise realizou-se uma representação gráfica do consumo específico na Figura 5.8.

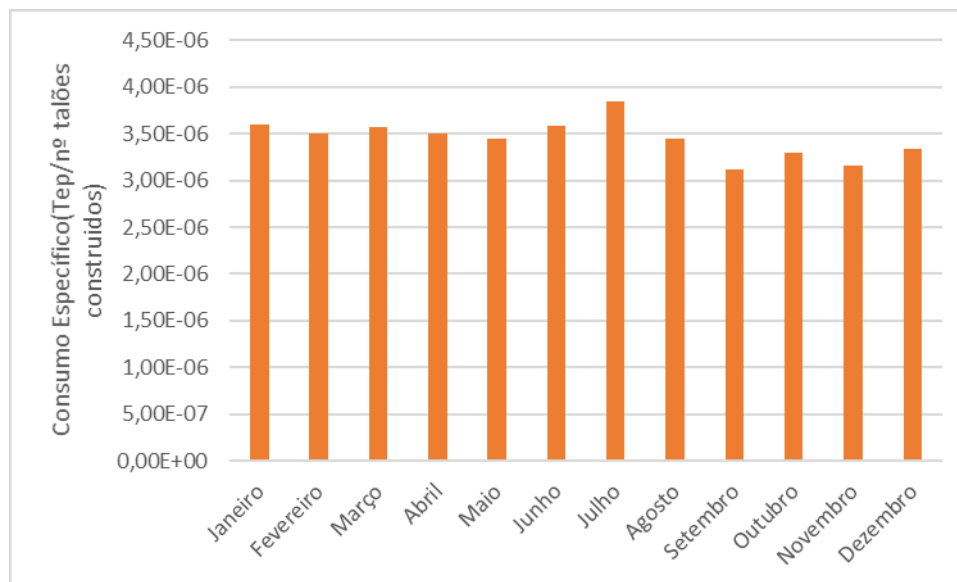


Figura 5.8 - Representação gráfica do consumo específico mensal da CT1 no ano de 2016.

Podemos verificar que o consumo específico mensal é, aproximadamente, constante. No entanto, verifica-se um valor mais elevado no mês de julho.

Para perceber este facto, procedeu-se à comparação do mês de junho e julho. No mês de junho, a produção de talões foi de 771382, ligeiramente superior ao mês de julho que foi de 752799. Mas, ainda assim, o consumo energético em junho foi mais baixo cerca de 0,136 Tep. Logo, é normal que o consumo específico no mês de julho seja superior. Esta discrepância deve-se à diferença do tamanho de talão produzido maioritariamente durante estes meses e ao tempo que a máquina se encontrou sem plano de produção, mas a consumir energia.

5.3 - Consumo energético e específico da máquina APEX 12

O segundo grupo de máquinas sobre o qual foi realizado o estudo é o grupo das APEX, também pertencente ao departamento de preparação a frio. A máquina sobre a qual foi realizado o estudo foi a APEX 12, pois foi adquirida no ano de 2010, sendo assim a máquina mais atual.

Esta máquina, como já referido, possui uma recolha de dados através do MESSDAS idêntico ao presente nas CT's. No entanto, são registados unicamente os consumos elétricos. Relativamente ao consumo de ar comprimido, as máquinas possuem um medidor de caudal de ar comprimido, mas os dados deste não são transmitidos para o MESSDAS.

Este tipo de máquinas é alimentado por ar comprimido e energia elétrica. Na Figura 5.9, encontra-se representado graficamente o consumo energético de cada utilidade, durante

o ano de 2016. Para além disto, foi realizada, como no caso anterior, Figura 5.10, que representa os custos anuais de energia elétrica e os custos estimados de ar comprimido. Como já referenciado, o medidor de ar comprimido não se encontra conectado ao MESSDAS. Assim sendo, foi necessário realizar uma aproximação do consumo de ar comprimido em função de valores medidos durante o ano de 2017. Todos os cálculos e aproximações realizadas para a elaboração das figuras presentes neste subcapítulo encontram-se presentes no Anexo G.

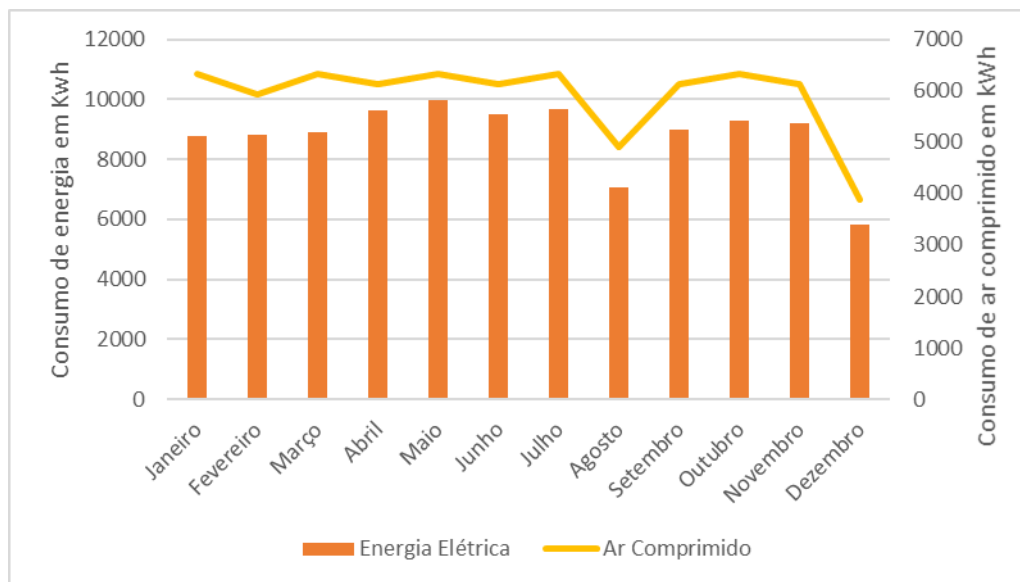


Figura 5.9 - Representação do consumo de energia elétrica e de ar comprimido na APEX 12.

Com a representação dos consumos energéticos da Figura 5.9, facilmente é perceptível que nas máquinas APEX o consumo de energia elétrica é ligeiramente superior ao consumo do ar comprimido. O consumo de energia elétrica representa cerca de 60% dos consumos energéticos totais da máquina, sendo os restantes 40% consumos de ar comprimido. O consumo de energia elétrica da máquina durante o ano de 2016 foi de 105657,32 kWh ou 22,72 tep e o consumo de ar comprimido estimado foi de 643893,2 m³, que se traduz em 70828,25 kWh ou 15,23 tep.

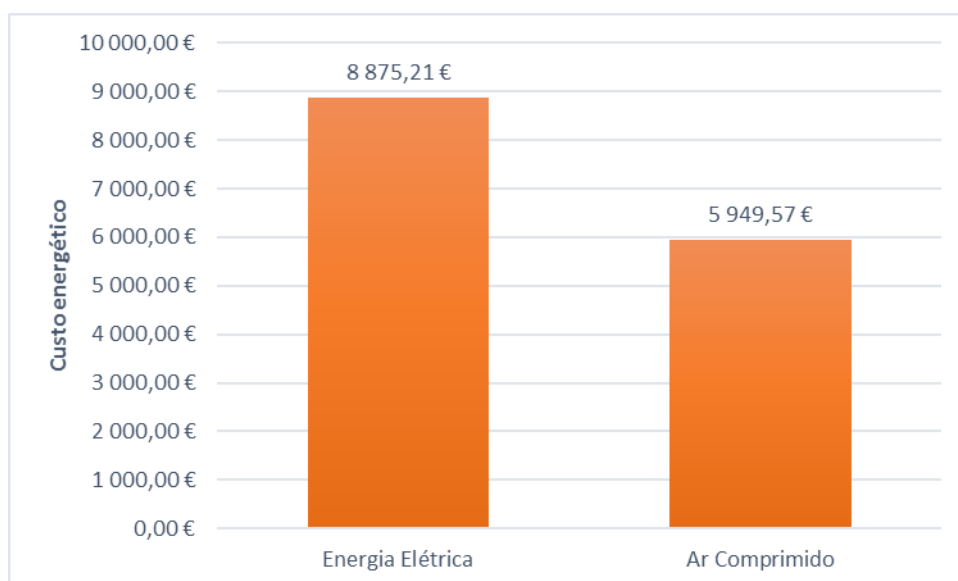


Figura 5.10 - Custos correspondentes ao consumo energético de ar comprimido e energia elétrica da APEX 12.

Os custos associados ao consumo das utilidades energéticas da máquina encontram-se representadas na Figura 5.10, sendo que a maior parcela dos gastos provem da energia elétrica, como é espetável. Assim, o gasto energético total durante o ano de 2016 na APEX 12 foi de 14824,79 €, sendo que o custo de ar comprimido foi de 5949,57 € e o custo de energia elétrica foi de 8875,21 €.

Agrupando os consumos das duas utilidades energéticas, de modo a ter um melhor conhecimento sobre o consumo total mensal durante o ano em análise, elaborou-se o gráfico da Figura 5.11.

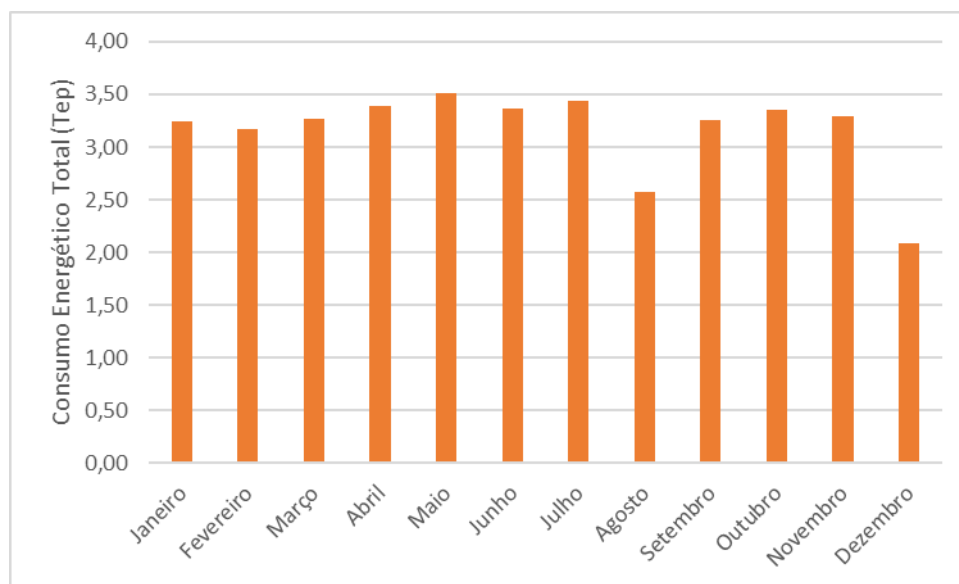


Figura 5.11 - Consumo energético total ao longo do ano de 2016 na APEX 12.

Com base na Figura 5.11, podemos verificar que os consumos mensais da APEX são, aproximadamente, constantes, em média 3,16 tep. No entanto, podemos verificar que nos meses de agosto e Dezembro o consumo é menor pelo motivo já apontado anteriormente.

Similarmente ao realizado no caso anterior, foi realizado o levantamento da produção mensal de talões na APEX12, no ano de 2016. Estes dados encontram-se representados na Figura 5.12, na próxima página.

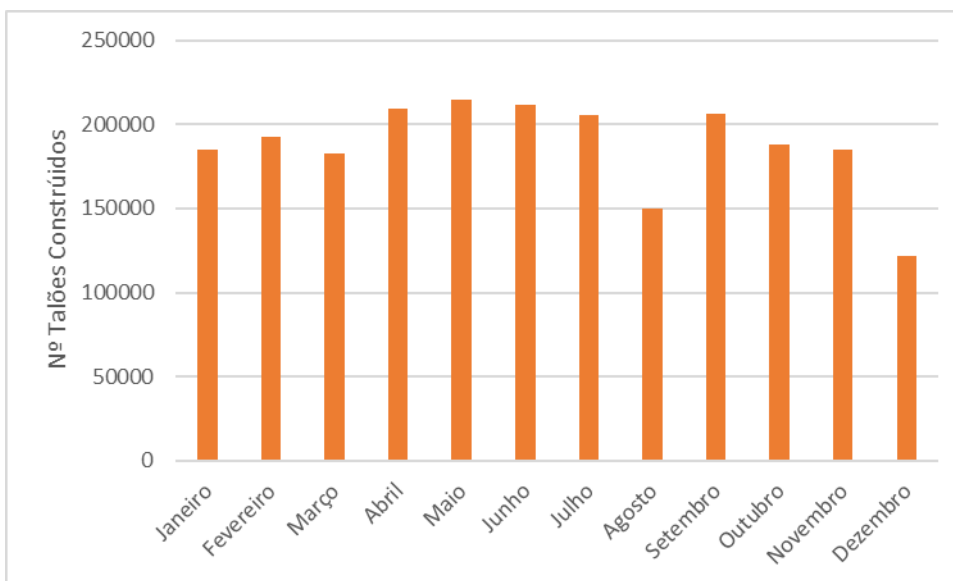


Figura 5.12 - Produção mensal de talões na APEX12 durante o ano de 2016.

Como é de observar pela Figura 5.12, a produção sofre algumas oscilações. No entanto, mantém um valor de produção aproximadamente constante, cerca de 198000 talões produzidos por mês. As variações mais significativas ocorrem nos meses de agosto e dezembro devido às já referidas paragens.

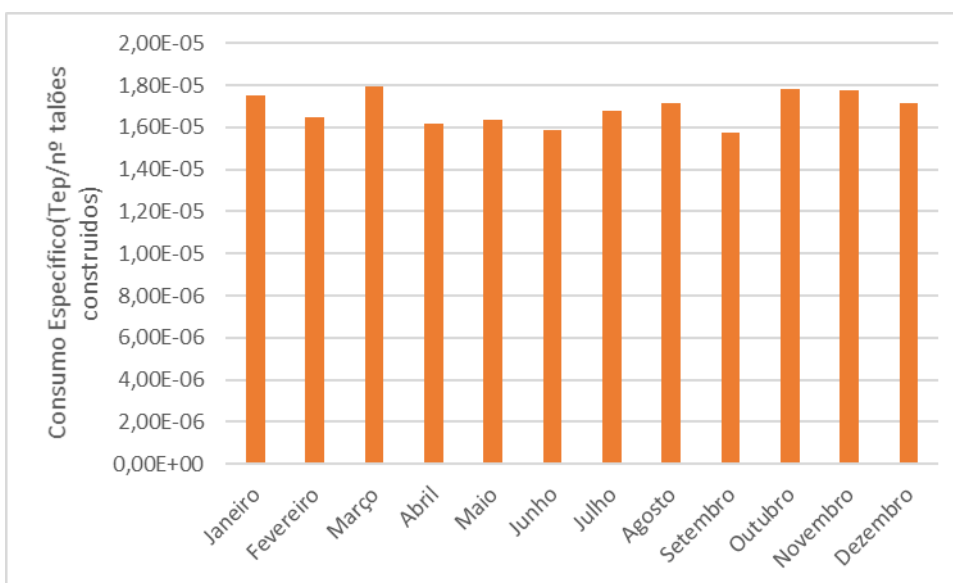


Figura 5.13 - Representação gráfica do consumo específico mensal da APEX 12 no ano de 2016.

Como se pode verificar na Figura 5.13, o consumo específico é aproximadamente constante. Logo, tal como no caso anterior, podemos concluir que o consumo é proporcional à produção.

O consumo específico foi mais elevado no mês de março, e teve o valor mais baixo no mês de setembro. O mês de março como se pode verificar na Figura 5.12, foi um dos meses com menor produção (com a exceção dos meses de paragem), e por outro lado, o mês de setembro foi dos meses com a produção mais elevada. Assim sendo, já era espectável que consumo específico no mês de março fosse mais elevado, e o do mês de setembro fosse mais reduzido, tendo em conta que a máquina funcionou aproximadamente o mesmo tempo.

Capítulo 6

Otimização energética dos equipamentos

No seguinte capítulo, serão expostas as diversas propostas de melhoria e otimização energética. Estas medidas serão estudadas e será analisada a viabilidade das suas execuções. Tendo em conta as medidas de otimização propostas, serão apresentados os ganhos energéticos e monetários esperados. É importante salientar que não foi necessário qualquer investimento para as medidas propostas.

Durante o decorrer dos turnos, os equipamentos de produção param por diferentes motivos, sendo estes:

- Pausas para lanche, almoço, jantar e ceia;
- Ausência de plano de produção;
- Mudanças de medida de jante;
- Mudança de turno;
- Testes de qualidade;
- Manutenções preventivas;
- Ocorrência de avarias.

Foi constatado que durante as paragens planeadas mais longas como almoço/jantar (40 minutos cada) ou no caso de não existir plano de produção, não são realizadas medidas de redução de consumo energético. Assim sendo, apesar das máquinas não se encontrarem a produzir, todos os elementos da máquina encontram-se ligados a consumir energia.

Tendo em vista esta situação, foi desenvolvido o projeto de “*start-stop*”. Este projeto tem como principal objetivo desligar alguns destes elementos durante os tempos de paragens referidos acima. Para isso, foi necessária a realização de propostas e análise do seu impacto, de modo a que o arranque da máquina não seja prejudicado. Durante o desenvolvimento do projeto, foram também elaboradas medidas de poupança energética.

A maioria das propostas apresentadas atuam apenas sobre as pausas programadas como as de almoço/jantar/ceia, uma vez que as paragens sem plano não têm um tempo específico, pois tanto podem ser de meia hora como várias horas.

É ainda importante referir, devido aos estudos de aquecimento e arrefecimento realizados nas lâminas e dos módulos de aquecimento, que a temperatura da fábrica é controlada, sendo em média de 25°C e variando entre os 22°C e 27°C.

6.1 - Máquina CT

Para a identificação de ações de melhoria energética, inicialmente foi analisado o processo produtivo da máquina. De seguida, foram identificados os elementos de maior consumo e, por fim, foram elaboradas as propostas de melhoria. Após a elaboração das propostas, foi necessário analisar o seu impacto na produção e na qualidade final.

As medidas apresentadas não possuem qualquer impacto sobre o processo produtivo, pois atuam sobre a máquina em momentos de paragem, permitindo com um menor consumo de energia os mesmos índices de produção e de qualidade. Para além disso, podem ser replicadas para as restantes máquinas CT, uma vez que todas têm um funcionamento semelhante.

Assim sendo, as ações de otimização energética são as seguintes:

- Desligar o chiller nas horas de almoço e quando não existir plano de produção;
- Desligar os módulos de controlo de temperatura nas horas de almoço e quando não existir plano de produção;
- Desligar os drives sempre que a máquina se encontrar parada;
- Desligar a iluminação sempre que a máquina se encontrar parada;
- Detecção e redução das fugas de ar comprimido;
- Estabelecimento de um limite padrão para o consumo energético.

6.1.1 - Desligar o chiller

As máquinas CT possuem um chiller do tipo ar/água instalado no interior da fábrica, com as características expressas na Tabela 6.1. O chiller possui um sistema de refrigeração, no qual é retirado calor do líquido de arrefecimento com base na condução forçada de ar.

Tabela 6.1 - Características do chiller da CT1.

Marca	Lennox
Modelo	EAC0111SKHN
Potência Térmica (kW)	11 Kw
Potência Nominal (kW)	6,6 Kw
Fonte de energia	Eletricidade
Fluido frigorigéneo	R-407C
Ano de instalação	2007

O chiller permite a redução da temperatura nos tambores de arrefecimento, recorrendo à circulação de água. Assim, após a água ser arrefecida no chiller, esta é enviada para os tambores que se encontram a uma temperatura mais elevada, devido ao aquecimento provocado pela tira de núcleo (fieiras de arame revestidas por uma mistura de borracha) que se encontra a elevada temperatura quando sai da extrusora. Este processo é imprescindível, pois é vital que a tira de núcleo arrefeça antes de ser enrolada para a produção do talão, na estação seguinte.

Foi constatado, durante o estudo do processo da máquina, que o chiller se encontra em funcionamento constante, mesmo que a máquina se encontre parada. No entanto, durante as pausas planeadas referidas anteriormente, não existe movimentação de materiais da extrusora para os cilindros de arrefecimento, logo os cilindros não vão aquecer. Por conseguinte, o chiller

não necessita de estar em constante funcionamento, sendo que, segundo o fornecedor, e tendo em conta a temperatura ambiente da fábrica, este consegue refrigerar a água em 10min. Tendo isto em conta, concluiu-se que o chiller poderia ser desligado por 25 minutos durante as pausas programadas.

6.1.2 -Desligar os módulos de controlo de temperatura

Nas máquinas CT, existe uma estação de extrusão que é composta por uma extrusora da marca Berkstoff e pelos respetivos aparelhos de regulação de temperatura da empresa Kelviplast.

O aquecimento/arrefecimento da extrusora é realizado com recurso a três módulos, sendo que cada um destes controla a temperatura de uma zona específica da extrusora (cabeça, fuso e camisa). Para o controlo da temperatura, recorre-se à circulação de água entre o módulo da extrusora e a respetiva zona de ação, através de tubagem com o devido isolamento térmico. Em cada módulo, o aquecimento da água é feito com recurso a duas resistências em paralelo de 3kwh. Quando é necessário reduzir a temperatura da água, é introduzida água diretamente da rede de distribuição. Para possibilitar a circulação da água, cada módulo possui uma bomba de água com 0,5kw. Por fim, para o arrefecimento do sistema no interior do módulo existe um sistema de ventilação com 20w de potência.

Durante a análise dos elementos de maior consumo na máquina, foi constatado que os módulos responsáveis pela regulação de temperatura são os elementos de maior consumo energético. Com recurso a um medidor de energia colocado na alimentação dos módulos de aquecimento, foi possível verificar que o consumo destes com a máquina parada é em média de 7002,659wh, ou seja, cerca de 7kWh.

Assim sendo, foi dada especial atenção ao aquecimento da extrusora na pausa de almoço/jantar/ceia que corresponde a um tempo de 40 minutos cada, e ao fim do qual a máquina necessita se estar pronta a arrancar. Para obter os resultados pretendidos, foi necessário encontrar um equilíbrio entre o tempo que os módulos podem estar desligados e o tempo de aquecimento, de maneira a que não comprometa a produção.

Com a finalidade de calcular o tempo que a extrusora demora a aquecer e a temperatura que atinge após arrefecimento, foram realizados testes nos quais se registou a temperatura da extrusora. Ou seja, durante as manutenções preventivas o operador removia toda a borracha existente no interior da extrusora. Depois, os módulos eram desligados e eram registadas as temperaturas a cada 5 minutos num intervalo de tempo de 30 minutos. Após este período, os módulos eram novamente ligados e registada novamente a temperatura na extrusora a cada 5 minutos durante 20 minutos.

Foram realizados 2 testes em duas máquinas diferentes e recolhidos os dados de temperatura. Os dados obtidos estão presentes no Anexo H, sendo realizadas a partir destes as representações gráficas da próxima página, na Figura 6.1e Figura 6.2.

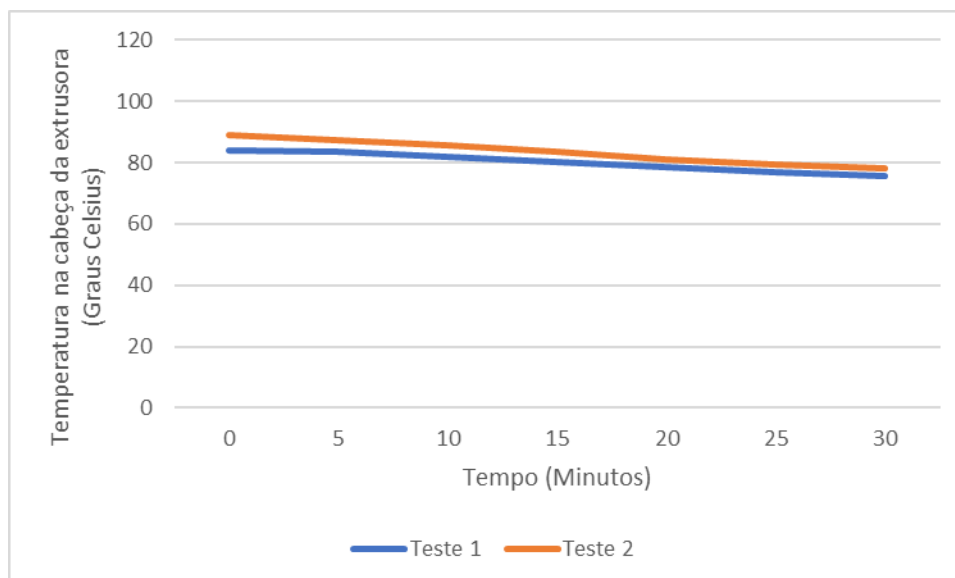


Figura 6.1 - Representação da temperatura na cabeça da extrusora durante o arrefecimento na CT.

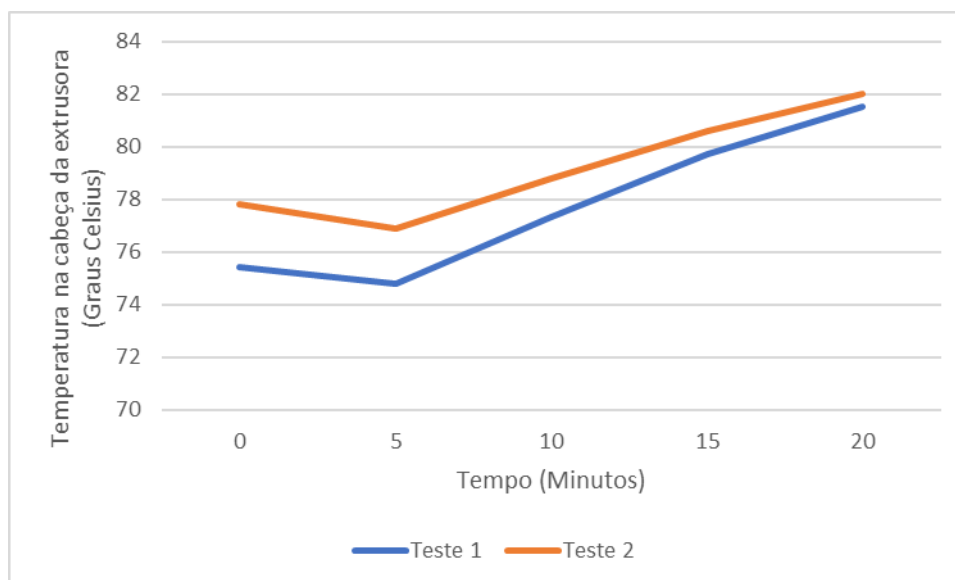


Figura 6.2 - Representação da temperatura na cabeça da extrusora durante o aquecimento na CT.

Como é possível verificar na Figura 6.1, a temperatura inicial de cada teste é diferente. Isto deve-se ao facto dos valores de temperatura definidos nos módulos serem ligeiramente diferentes e devido à fricção da borracha no interior da extrusora. O aumento de temperatura devido à fricção da borracha no interior da extrusora não é constante e depende de vários fatores como a mistura de borrachas que está a ser utilizada, velocidade de rotação do fuso da extrusora e a capacidade de arrefecimento exercida pelos módulos (pois a temperatura da extrusora é superior à da água proveniente dos módulos).

No entanto, podemos verificar que, como era espectável, a descida de temperatura na extrusora é maior quanto mais elevada for a temperatura inicial. No entanto, é importante referir que caso os módulos não fossem desligados completamente, o calor na extrusora seria perdido não só por radiação, mas também por condução, pois como já referido a temperatura da água a circular proveniente dos módulos encontra-se a uma temperatura inferior.

Relativamente à representação gráfica presente na Figura 6.2, podemos inferir que após os módulos serem ligados novamente, a temperatura desce durante os primeiros cinco minutos. Este decréscimo é resultante da temperatura da água nas tubagens dos módulos ser inferior à da extrusora, pois durante o tempo em que os módulos se encontram desligados, a temperatura da água desce devido às perdas de calor nas tubagens. Por outro lado, foi possível constatar que ao fim destes cinco minutos, a temperatura da água nos módulos atingia o valor definido, sendo que depois deste intervalo de tempo verifica-se que a temperatura da extrusora sofre um notório crescimento. Existem vários fatores que podem influenciar o aquecimento da extrusora, sendo que as principais condicionantes encontradas foram as obstruções existentes nas mangueiras de ligação entre os módulos e a extrusora e o estrado das resistências no interior dos módulos de aquecimento.

Durante a realização destes estudos, foi constatado que a temperatura assinalada nos módulos é definida de forma analógica pelo operador em função da receita utilizada. No entanto, este valor sofre variações de máquina para máquina em função da decisão do respetivo operador. É, ainda, importante salientar que a temperatura definida nos módulos é sempre inferior à temperatura da extrusora, pois a fricção da borracha no interior da extrusora faz aumentar consideravelmente a sua temperatura. Em alguns casos, foi verificado que este aumento de temperatura é superior a 20 graus. Tendo isto em conta, foram realizados dois testes nos quais foi observado a variação de temperatura quando o operador coloca a borracha na extrusora. Os resultados obtidos encontram-se representados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Temperatura da extrusora após colocação de borracha.

Tempo (minutos)	Teste 1	Teste 2
0	73,3°C	80,4°C
1	88,1°C	83,4°C
2	95,3°C	85,2°C
3	96°C	88,1°C
4	95,5°C	87,5°C
5	95,6°C	87,4°C
6	95,5°C	87,5°C

Alguns dos entraves refletidos consistiam em analisar se o decréscimo na temperatura da borracha no interior da extrusora afetaria as propriedades da mesma, ou mesmo se existiria a possibilidade de vulcanizar no seu interior. Assim sendo, foi averiguado junto de elementos do departamento de qualidade e de processo e foi constatado que não existe qualquer inconveniente para a amplitude de temperaturas em questão, pois para existir vulcanização foi referido que as temperaturas atingidas teriam de ser inferiores a cerca de 60 graus. Foi, ainda, constatado que uma diferença de menos 5 graus na temperatura da extrusora relativamente à temperatura assinalada nos módulos, não teria qualquer impacto no arranque da máquina, no início do processo produtivo ou na qualidade. É também importante salientar que não foi possível em todos os testes iniciar a análise no momento exato em que máquina parava e em que a temperatura da extrusora era mais alta, devido às ações de manutenção preventiva a decorrerem.

Tendo em conta todos os fatores referidos anteriormente, assim como os testes realizados, foi possível obter o tempo ótimo que os módulos podem ser desligados, para que

ao fim de 40 minutos a máquina esteja pronta para entrar em funcionamento. Foi definido que os módulos podem ser desligados por 25 minutos, sendo depois ligados novamente por 15 minutos.

6.1.3 -Desligar os drives

As máquinas CT possuem vários motores que necessitam de um módulo de controle (driver) para o seu funcionamento. Recorre-se à utilização de um driver, pois é necessário amplificar os sinais gerados pelo controlador e, assim, fornecer energia suficiente ao motor. Neste tipo de máquinas, parte dos motores são servomotores controlados por drives. Este tipo de motores permitem um maior controlo do posicionamento, velocidade e torque. Assim, são utilizados para os processos que necessitam de mais precisão, como por exemplo a colocação dos talões nos acumuladores.

Durante a análise dos consumos, foi possível constatar que nos momentos em que a máquina se encontra parada, os drives continuam a consumir energia para manter o posicionamento dos motores. No entanto, foi testado que no caso destes serem desligados, no momento de arranque da máquina quando são ligados novamente, todos os motores mantêm o seu posicionamento, não representando qualquer inconveniente no momento de arranque da máquina.

No software MESSDAS não se encontram dados sobre o consumo discriminado dos componentes da máquina. Tendo isto em conta, recorreu-se à utilização de uma pinça amperimétrica para realizar a medição da corrente nos drivers dos motores com a máquina parada. Obtendo o valor da intensidade da corrente à entrada dos mesmos e sabendo que a potência é o resultado da multiplicação do valor da intensidade da corrente pela tensão da mesma, foi possível calcular o consumo.

Na Tabela 6.3, encontram-se os valores das correntes medidas por fase nos drives da CT1.

Tabela 6.3 - Intensidade de corrente à entrada dos drives por fase na CT1.

Fase		
U	V	w
4.6A	4.55A	5.38A

A intensidade de corrente total corresponde à soma da corrente nas três fases, totalizando um valor de 14,53 amperes.

Tendo em conta que ao desligar e ligar os drives com a máquina parada não representa qualquer inconveniente para o arranque da máquina, foi definido que estes podem ser desligados durante todo o tempo das pausas programadas, ou seja 40minutos.

6.1.4 -Desligar iluminação

A iluminação da máquina é realizada por duas lâmpadas Philips master tl-d super 80, com 604 milímetros de comprimento e 18 watts de potência. Estas lâmpadas encontram-se em diferentes locais cada uma na respetiva luminária.

Durante os períodos em que a máquina se encontra parada, foi verificado que a iluminação não é desligada, mesmo não sendo necessária. Assim sendo, durante as pausas programadas, como não é necessária iluminação, as duas lâmpadas devem ser desligadas durante o tempo total da pausa, ou seja, 40 minutos.

6.1.5 -Deteção e redução de fugas de ar comprimido

Durante a análise dos consumos da máquina, verificou-se que para o seu funcionamento a máquina consome energia elétrica e ar comprimido. Relativamente ao consumo de ar comprimido, foi possível constatar que quando a máquina se encontrava parada, continuava a existir consumo devido à existência de fugas de ar comprimido.

Com base nos dados recolhidos pelo MESSDAS na CT1 durante o mês de abril, foi possível calcular o consumo diário e por hora de ar comprimido da máquina. Quando a máquina se encontrava parada, foi registado o consumo por fugas de ar comprimido. Nas restantes duas máquinas, como não possuem ligação ao MESSDAS, só foi registado o valor das fugas de ar comprimido. As medições das fugas de ar comprimido ocorreram entre o dia 23 e 28 de abril.

Os dados recolhidos, assim como o cálculo aproximado do consumo médio de ar comprimido por dia e por hora, encontram-se representados na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 - Consumo de ar comprimido nas máquinas CT.

Máquina	Consumo de ar comprimido no mês de abril(m^3)	Consumo de ar comprimido médio por dia (Nm^3 /dia)	Consumo de ar comprimido médio por hora(Nm^3 /h)	Consumo de ar comprimido em fugas médio por dia(Nm^3 /dia)	Consumo de ar comprimido em fugas médio por hora(Nm^3 /h)
1	12850,53	428,35	17,85	292,80	6,20
2	Sem informação	Sem informação	Sem informação	372	15,50
3	Sem informação	Sem informação	Sem informação	199,20	14,30

A eliminação de 100% das fugas de ar comprimido é praticamente impossível. No entanto, é importante que estas estejam controladas. Tendo isto em conta, realizou-se uma análise de qual seria a poupança no caso de existir uma redução de 85% das fugas existentes.

Tendo em conta os valores recolhidos e indicados na Tabela 6.4, realizaram-se as representações gráficas da Figura 6.3 e Figura 6.4. Com esta representação, é possível analisar a percentagem representativa de fugas de ar comprimido no consumo diário da CT1, tal como o valor estimado em metros cúbicos consumidos pela máquina e perdido em fugas durante um

dia. Sendo depois estes valores comparados com um cenário no qual as fugas eram reduzidas em 85%.

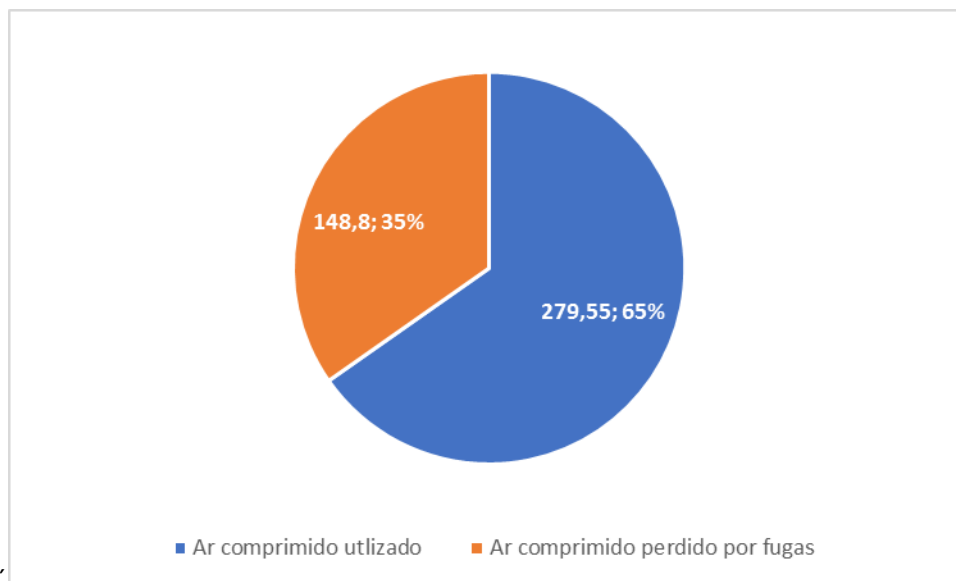


Figura 6.3 - Representação gráfica da contribuição percentual do consumo de fugas no consumo diário de ar comprimido atual na CT1.

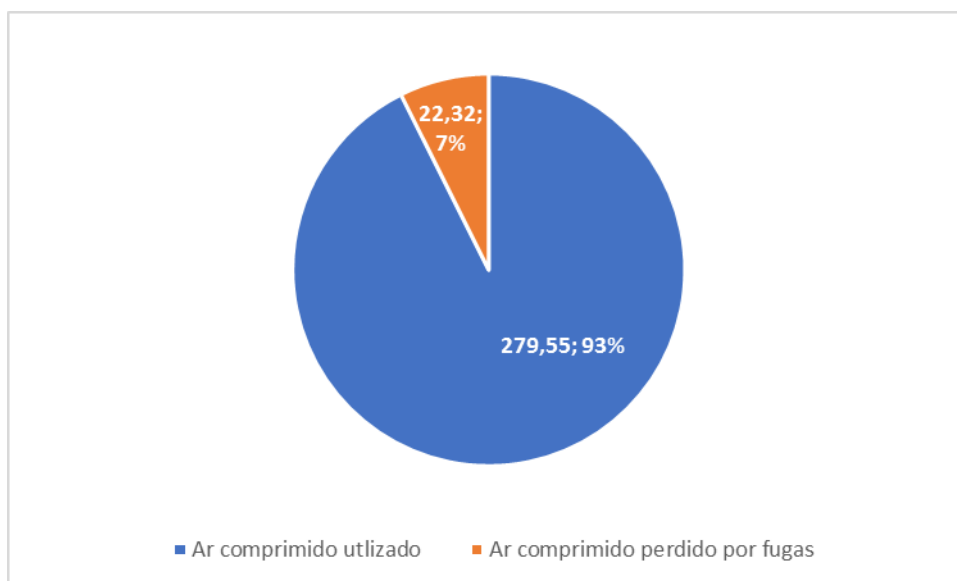


Figura 6.4 - Representação gráfica da contribuição percentual do consumo de fugas no consumo diário de ar comprimido após redução na CT1.

Com base na Figura 6.3, verifica-se que cerca de 35% do consumo de ar comprimido é utilizado para alimentar fugas na CT1. Quando reduzimos o valor das fugas em 85% este valor diminui para 7%(Figura 6.4). Na máquina CT2, o valor das perdas era de 15,50 Nm³/h e na CT3, era de 14.30 Nm³/h. Aplicando o mesmo principio de redução das perdas, estes valores diminuem para 2,33 Nm³/h e 2,46 Nm³/h, respetivamente.

6.1.6 -Estabelecimento de um limite padrão para o consumo energético.

O ar comprimido, como já referido, representa uma forma de energia dispendiosa na sua produção e que apresenta perdas avultadas. Recorrendo à criação de alertas na máquina para um limite padrão de consumo, tornaria possível a identificação de fugas de ar comprimido. Assim sendo, quando estas fugas fossem detetadas, seria emitido um alerta para as equipas de avarias e manutenção, permitindo ter a perceção do problema no momento em que ocorre, tornando o controlo de fugas mais eficiente e rápido.

Considerando os dados recolhidos, seria instalado um alarme para o consumo de ar comprimido sempre que o consumo fosse 15% superior ao consumo normal e tendo em conta a receita utilizada na produção. O sinal de alerta enviado continha informação de qual das máquinas se encontrava com fugas e o valor estimado da fuga.

Para a recolha de dados do consumo de ar comprimido seria utilizado o software MESSDAS (que recolhe dados sobre o consumo a cada 15 minutos), sendo que na programação interna da máquina seria realizada a comparação do consumo estipulado por hora e o consumo realizado.

6.2 - Máquina APEX

De forma similar ao realizado no caso da CT, foi realizada a análise do processo produtivo, seguido da identificação dos elementos de maior consumo energético e, por fim, foram apresentadas as propostas de melhoria energética. Como no caso anterior, nenhuma das medidas representa um entrave para a produção ou para a qualidade.

Todas as medidas de otimização energética enumeradas podem ser replicadas nas restantes máquinas APEX, pois o seu funcionamento e os seus componentes constituintes são similares.

As ações de otimização energética propostas são as seguintes:

- Desligar os módulos de controlo de temperatura nas horas de almoço e quando não existir plano de produção;
- Desligar o aquecimento das lâminas nas horas de almoço e quando não existir plano de produção;
- Desligar os drives sempre que a máquina se encontrar parada;
- Desligar a iluminação sempre que a máquina se encontrar parada e reduzir o número de lâmpadas para metade;
- Deteção e redução das fugas de ar comprimido;
- Estabelecimento de um limite padrão para o consumo energético.

6.2.1 -Desligar os módulos de controlo de temperatura

Nas APEX, tal como nas máquinas CT, no início do processo produtivo existe uma estação de extrusão que é composta por uma extrusora da marca Berkstoff e pelos respetivos aparelhos de regulação de temperatura da empresa Kelviplast. Ou seja, tanto a extrusora como os módulos de aquecimento são idênticos e com as mesmas especificações dos presentes nas máquinas CT. Assim sendo, o seu funcionamento e modo de operação é idêntico.

Para além dos três módulos de regulação de temperatura para a extrusora nas máquinas APEX, existe mais um módulo responsável pelo controlo de temperatura de um cilindro por onde a cunha passa após sair da extrusora. A temperatura assinalada neste módulo varia, sendo, no entanto, inferior à dos módulos da extrusora correspondentes. A temperatura definida neste módulo varia em função da receita utilizada, dimensão da cunha produzida e da decisão do operador da máquina. Com recurso a um analisador de energia foi verificado que o consumo deste módulo era cerca de 1,45kWh.

No entanto, como as máquinas APEX e CT são diferentes, foi considerado mais apropriado realizar nestas um estudo como o realizado nos módulos das máquinas CT. Neste seguimento, foram realizados 4 testes, em quatro máquinas diferentes. No caso das máquinas APEX, foram realizados mais testes do que nas máquinas CT, pois existem em maior número na fábrica.

Os dados obtidos encontram-se presentes no Anexo I. Utilizando o mesmo método realizado anteriormente, realizou-se a representação gráfica presente na Figura 6.5 e Figura 6.6.

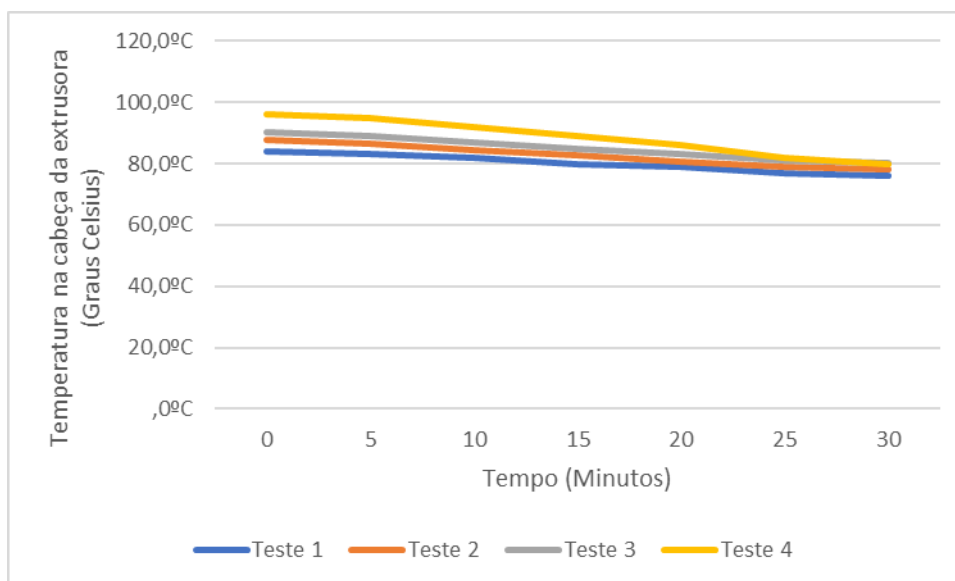


Figura 6.5 - Representação da temperatura na cabeça da extrusora durante o arrefecimento na APEX.

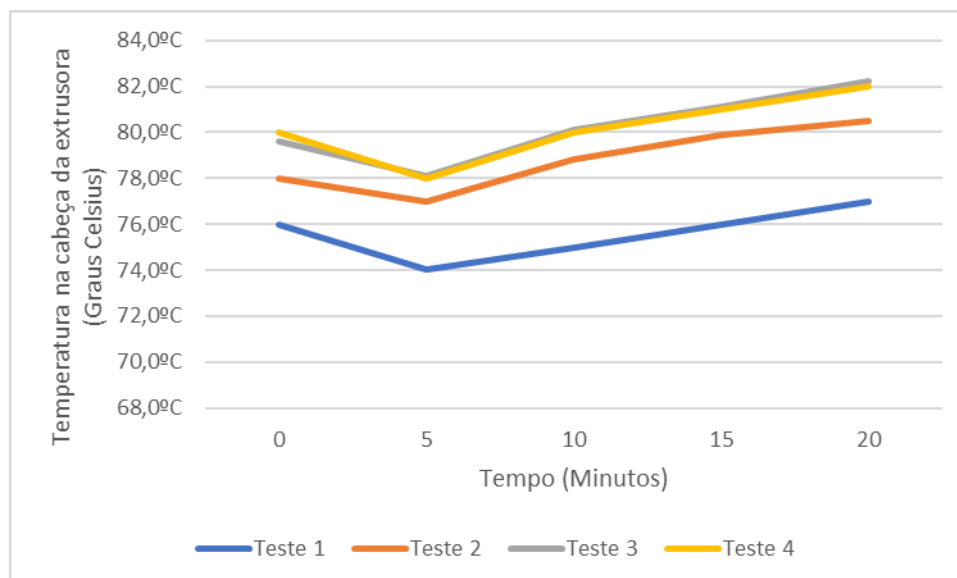


Figura 6.6 - Representação da temperatura na cabeça da extrusora durante o aquecimento na APEX.

Observando a Figura 6.5 e Figura 6.6, podemos verificar que os testes realizados seguem a mesma tendência que os testes realizados nas extrusoras das CT. Este resultado era espectável, pois, como já referido, tanto os módulos de aquecimento como as extrusoras são idênticos e com as mesmas especificações em ambas as máquinas.

Foi, por isso, considerado, como no caso anterior, que os módulos de aquecimento poderiam ser desligados durante 25 minutos e ligados novamente durante 15 minutos, sem que representasse qualquer inconveniente no arranque da máquina. No caso do módulo responsável pela regulação da temperatura do cilindro, este pode ser desligado durante os 40 minutos sem que exista qualquer inconveniente.

6.2.2 -Desligar os drives

Nas máquinas APEX, existem servomotores e motores controlados por drives como no caso das CT. Assim sendo, foi proposto também para esta máquina que estes fossem desligados nos momentos em que a APEX se encontrar parada.

Como já referido, o software MESSDAS não possui o consumo discriminado de energia. Para saber a energia consumida nos drives, foi realizado, como anteriormente, a medição da corrente nos drives com a máquina parada com recurso a uma pinça amperimétrica. De seguida, foi calculado o seu consumo energético tendo em conta a tensão de funcionamento da máquina.

Os valores medidos para as correntes nas diferentes fases à entrada da alimentação dos drives encontram-se a Tabela 6.5.

Tabela 6.5 - Intensidade de corrente à entrada dos drives por fase na APEX 12.

Fase		
U	V	W
1.98A	1.92A	2.12A

A intensidade de corrente total corresponde à soma da corrente nas três fases, totalizando um valor de 6,02 amperes.

Como no caso anterior, o desligar e ligar novamente os drives com a máquina parada não tem qualquer entrave para o arranque da máquina. Desta forma, podem ser desligados durante os 40 minutos.

6.2.3 -Desligar aquecimento de lâminas

Nas máquinas APEX, o corte da cunha antes da sua aplicação no tambor é realizado por duas lâminas de aço, cada uma com 150 milímetros de comprimento, 92 milímetros de largura, 4 milímetros de espessura e com um peso de 400 gramas. Para que o corte seja realizado de forma mais precisa e eficiente, cada lâmina é aquecida por duas resistências de 230w que se encontram fixas num suporte onde a lâmina é colocada.

Tal como o que foi realizado anteriormente para os módulos de aquecimento, foi realizado um estudo dos tempos em que as resistências das lâminas podem ser desligadas e de quanto tempo demoram a aquecer novamente para a temperatura de operação, durante as pausas de almoço/jantar/ceia.

Durante o período em que as resistências são desligadas, a lâmina perde calor por convecção natural, apesar de que o seu arrefecimento é retardado por ainda receber algum calor por condução da resistência e do suporte. No que se refere ao aquecimento, este é realizado por condução térmica, pois as resistências encontram-se em contacto com a lâmina.

Com o intuito de conhecer o tempo que as resistências podem ser desligadas, sem comprometer o arranque da máquina, foram realizados testes nas mesmas. Os testes consistiram em desligar as resistências durante 30 minutos e registar a temperatura das lâminas a cada minuto. De seguida, as resistências foram ligadas de novo durante 10 minutos e foi registada novamente a temperatura das lâminas.

Os resultados obtidos encontram-se presentes no Anexo I. Foram, assim, realizadas as representações gráficas da Figura 6.7 relativa ao arrefecimento e da Figura 6.8 relativa ao aquecimento.

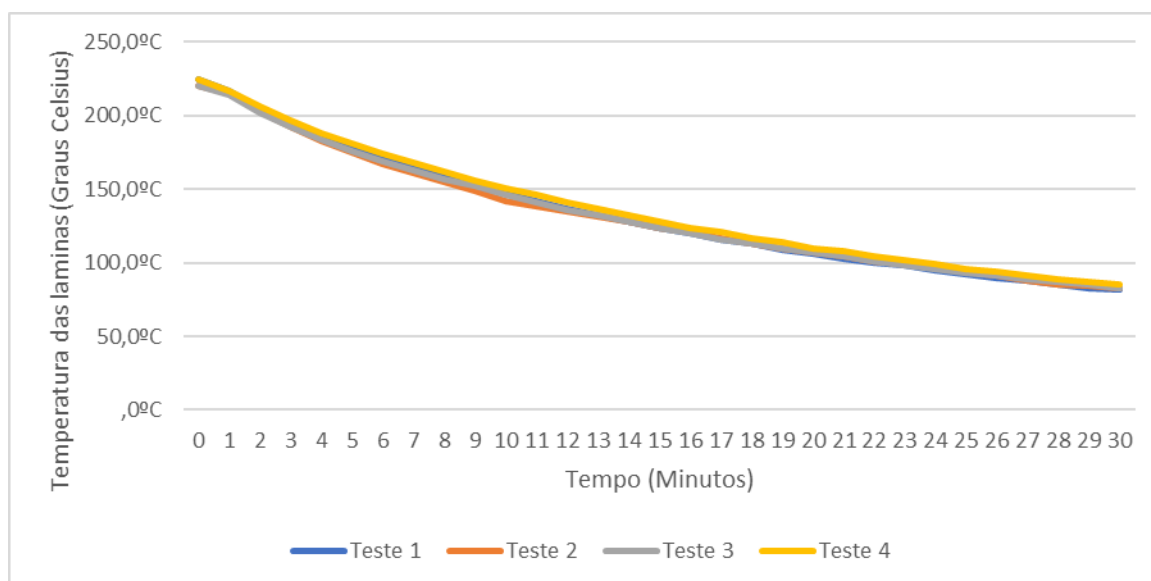


Figura 6.7 - Representação da temperatura das laminas durante o arrefecimento.

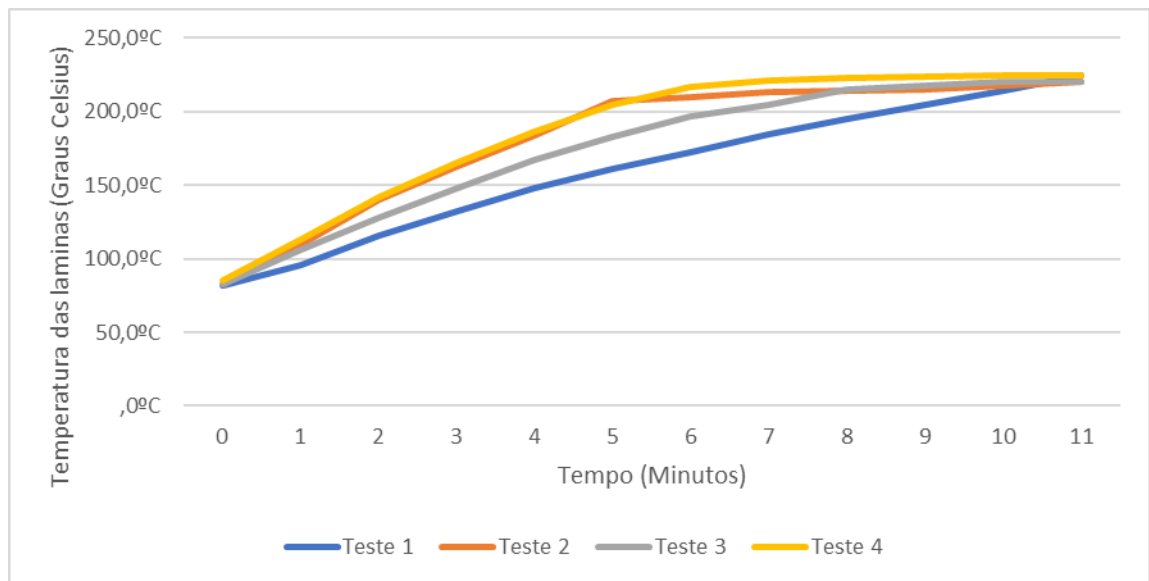


Figura 6.8 - Representação da temperatura das lâminas durante o aquecimento.

Como se pode verificar na representação gráfica do arrefecimento presente na Figura 6.7, nos quatro testes realizados, o decréscimo de temperatura é praticamente idêntico em todos os casos. Com o desligar das resistências, a temperatura da lâmina desce cerca de 130°C durante os 30 minutos.

Relativamente ao aquecimento das lâminas, podemos verificar na Figura 6.8 que este sofre algumas variações de teste para teste. No primeiro teste realizado, o aquecimento das lâminas foi mais lento, mas aproximadamente contante ao longo do tempo. Por outro lado, no quarto teste o aquecimento foi mais rápido, sendo que ao fim de 7 minutos a temperatura já era de 221°C. A variação existente ao nível do aquecimento das lâminas pode ser explicada pelo desgaste das lâminas existentes, pela folga existente nos apoios das resistências e lâminas e pelo estado das resistências.

É importante evidenciar que ao fim de 10 minutos em todos os testes, as lâminas se encontram acima dos 215°C (temperatura na qual o corte é realizado sem comprometer a qualidade do talão).

Tendo em conta os resultados obtidos, concluiu-se que as resistências podem ser desligadas durante 30 minutos e ligadas por 10 minutos, sem que exista qualquer inconveniente para o arranque da máquina ou para a qualidade das cunhas produzidas.

6.2.4 -Desligar luzes e reduzir o número de lâmpadas

Nas máquinas APEX a iluminação resume-se ao local de trabalho do operador, no qual existem duas lâmpadas Philips master tl-d Super 80 com 1514.2 milímetros de comprimento e 58 watts de potência.

Neste caso, tal como ocorre no caso das máquinas CT referido anteriormente, nos momentos em que a máquina se encontra parada, a iluminação mantém-se ligada sem que seja necessário. Assim sendo, a iluminação pode ser desligada durante as pausas programadas, durante os 40 minutos.

Para além disto, foi verificado que as duas lâmpadas se encontram inseridas na mesma luminária. No entanto, uma das máquinas APEX mais recente só possui uma lâmpada com a

mesma potência e, neste caso, a luz fornecida é suficiente para os trabalhos realizados, pois a área que é necessária iluminar é de pequenas dimensões e a luminária encontra-se por cima da mesma.

É importante referir que em alguns casos se verifica que a luminária com uma única lâmpada ilumina mais do que as luminárias mais antigas com duas lâmpadas. Este facto provem de algumas das máquinas mais antigas possuírem luminárias mais degradadas e por vezes não se encontrarem devidamente limpas, representando assim, um obstáculo para a iluminação.

Assim sendo, surgiu a proposta de que todas as máquinas fossem iluminadas por uma lâmpada única e fosse dada especial atenção durante as manutenções preventivas ao estado das luminárias, permitindo reduzir os gastos em iluminação para metade.

6.2.5 -Deteção e redução das fugas de ar comprimido

De forma similar ao realizado no caso das máquinas CT, foi possível verificar que em todas as máquinas APEX existiam fugas de ar comprimido. Para estas medições, foi realizado o levantamento do consumo de cada máquina ao longo de um mês (entre o dia 18 de abril e 18 de maio), sendo depois estimado o consumo diário e por hora para cada uma. No caso da APEX7, não foi possível verificar o consumo de ar comprimido, nem as fugas, pois o medidor de caudal de ar comprimido da máquina encontrava-se danificado.

Nos momentos em que as máquinas se encontravam paradas foram verificadas as perdas de cada uma. Este levantamento das fugas foi realizado entre o dia 18 e 28 de abril.

Assim sendo, os dados recolhidos encontram-se representados na Tabela 6.6, assim como o cálculo aproximado do consumo médio de ar comprimido por dia e por hora.

Tabela 6.6 - Consumo de ar comprimido nas máquinas APEX.

Máquina	Consumo de ar comprimido durante 30 dias (m^3)	Consumo de ar comprimido médio por dia (Nm^3 /dia)	Consumo de ar comprimido médio por hora (Nm^3 /h)	Consumo de ar comprimido em fugas médio por dia (Nm^3 /dia)	Consumo de ar comprimido em fugas médio por hora (Nm^3 /h)
1	317858	2257,1	94,0	187,2	7,8
2	239256	2539	105,8	182,4	7,6
3	386556	2712,1	113,0	1116	46,5
4	322598	2503,5	104,3	242,4	10,1
5	344620	2210,8	92,1	213,6	8,9
6	420439	3162,1	131,8	590,4	24,6
7	Sem informação	Sem informação	Sem informação	Sem informação	Sem informação
8	365606	2676,6	111,5	343,2	14,3
9	305161	2124,4	88,5	194,4	8,1
10	335754	2533,7	105,6	216	9
11	180221	2817,3	117,4	220,8	9,2
12	1515514	1855,6	77,3	148,8	6,2

Como é possível verificar na Tabela 6.6, todas as máquinas apresentam fugas de ar comprimido, e como é espectável estas fugas têm diferentes valores. A máquina que apresenta

menores fugas é a APEX 12, com um valor de $6,2 \text{ m}^3/\text{h}$. Por outro lado, a máquina que perde mais ar comprimido em fugas é a APEX 3, com um valor de $46,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Aplicando a mesma proposta referida para o caso das máquinas CT, foi realizada uma análise considerando uma redução de 85% das perdas existentes. Tendo em conta os valores presentes na Tabela 6.6, realizaram-se as representações presentes na Figura 6.9. Na representação desta figura, podemos verificar o valor das fugas em percentagem relativamente ao consumo diário para cada máquina. Estes valores, tal como no caso da CT, foram comparados com um cenário no qual as fugas eram reduzidas em 85%, presente na Figura 6.10.

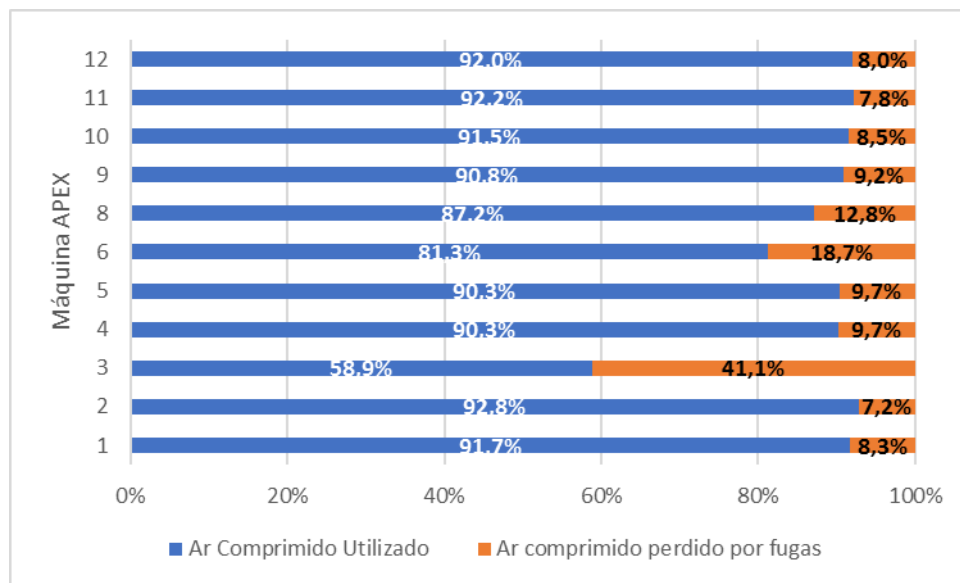


Figura 6.9 - Representação gráfica da contribuição percentual do consumo de fugas no consumo diário de ar comprimido atual nas máquinas APEX.

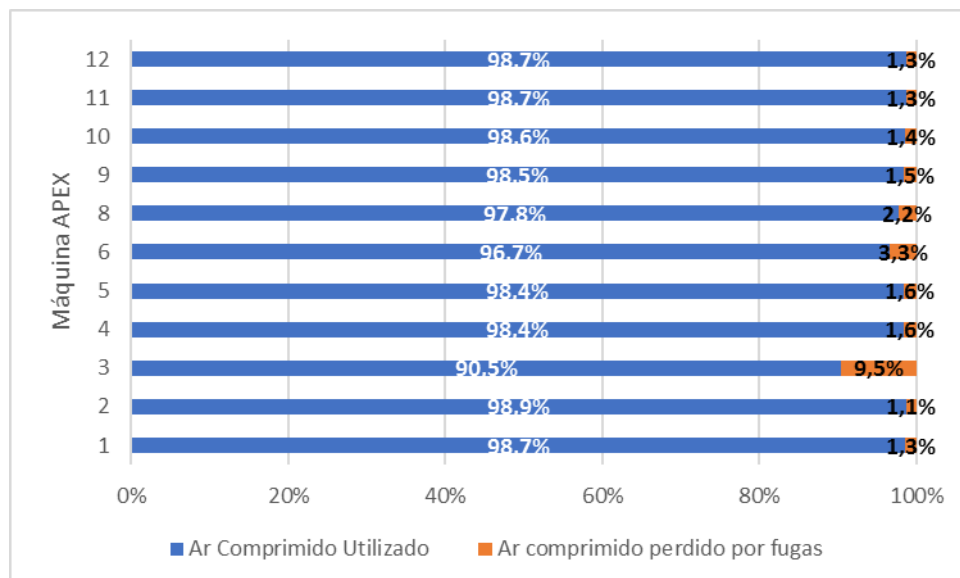


Figura 6.10 - Representação gráfica da contribuição percentual do consumo de fugas no consumo diário de ar comprimido após redução nas máquinas APEX.

Como era espectável tendo em conta os valores presentes na Tabela 6.6, o caso mais significativo de existência de fugas ocorre na APEX 3. Na qual, do seu consumo total, 41,1% é

perdido em fugas. Com a aplicação da proposta referida, este valor passaria a ser de 9,5%, um valor ainda significativo, mas muito inferior ao existente neste momento.

Com a redução das fugas existentes, o consumo diário de ar comprimido da máquina vai ser inferior. Para uma melhor perceção desta diferença de consumo, realizou-se para cada máquina a comparação entre o consumo diário atual e o consumo após a aplicação da redução. Os valores obtidos encontram-se representados graficamente na Figura 6.11.

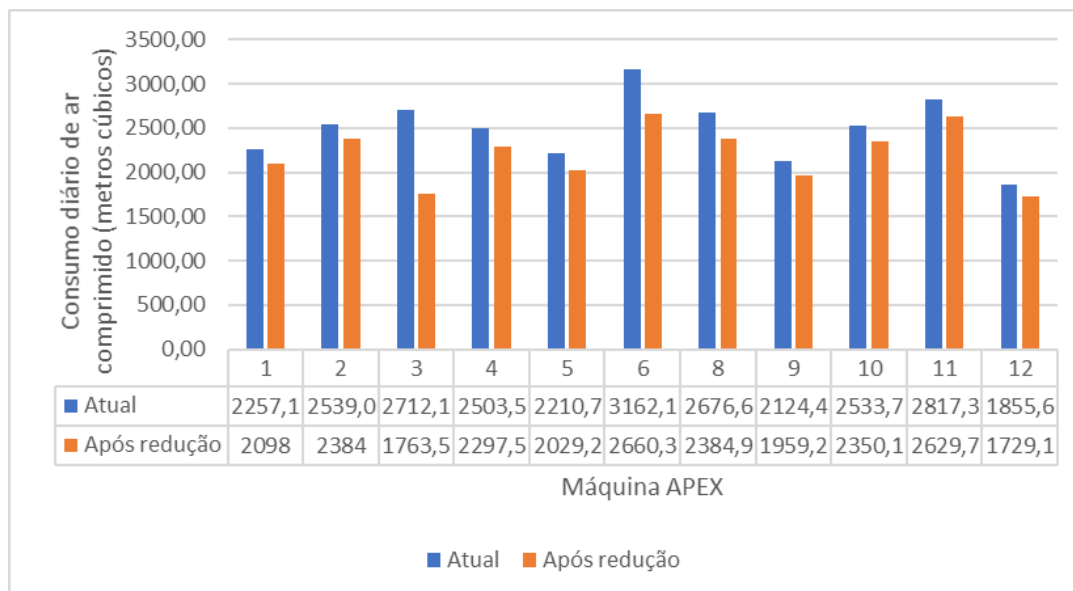


Figura 6.11 - Consumo anual de ar comprimido nas máquinas APEX, para a situação sem redução e com redução de 85% das fugas.

6.2.6 - Estabelecimento de um limite padrão para o consumo energético

Da mesma forma que se realizou para as máquinas CT, seria criado um limite padrão de consumo de ar comprimido que imitaria um alarme no caso de se verificar um consumo 15% superior ao normal.

Tal como no caso anterior, a recolha de dados do consumo de ar comprimido seria realizada recorrendo ao software MESSDAS e a comparação do consumo estipulado e realizado seria feita na programação interna da máquina.

6.3 - Análise económica

Com base nas medidas propostas, foi calculada a poupança económica e energética para o consumo de energia elétrica e ar comprimido. Foi realizada a análise em separado para estas duas fontes de energia, pois foi considerado que os resultados obtidos seriam mais precisos e explícitos deste modo. No Anexo J, encontram-se exemplos dos cálculos realizados para a elaboração desta análise económica.

Inicialmente, foi verificado o impacto das medidas para a poupança de energia elétrica. Para esta estimativa, foi considerado que a fábrica trabalha por 337 dias (dado fornecido pela empresa) e, como já referido, as medidas propostas foram aplicadas nas pausas programadas de almoço/jantar/ceia com a duração de 40 minutos cada.

Tendo isto em conta e os tempos que cada componente poderia ser desligado sem causar inconvenientes no arranque da máquina, construiu-se a Tabela 6.7 e Tabela 6.8. Nestas tabelas, encontram-se representados os valores de poupança energética e monetária para cada medida proposta para as máquinas CT e para as máquinas APEX, respetivamente.

Tabela 6.7 - Valores obtidos de poupança de energia elétrica nas máquinas CT com as propostas apresentadas.

Proposta	Consumo instantâneo (kWh)	Tempo desligado por ano em horas	Poupança (kWh/ano)	Poupança em todas as máquinas (kWh/ano)	Poupança (€/ano)
Chiller	6,6	421,25	2780,25	8340,75	700,62 €
Módulos de aquecimento	7	421,25	2948,75	8846,25	743,09 €
Drives	3,5	674	2359	7077	594,47 €
Desligar iluminação	0,036	674	24,26	72,79	6,11 €
Total	17,14	2190,5	8112,26	24336,79	2 044,29 €

Tabela 6.8 - Valores obtidos de poupança de energia elétrica nas máquinas APEX com as propostas apresentadas.

Proposta	Consumo instantâneo (kWh)	Tempo desligado anual em horas	Poupança (kWh/ano)	Poupança em todas as máquinas	Poupança (€/ano)
Módulo de aquecimento	7	421,25	2948,75	35385,00	2 972,34 €
Drives	1,44	674	970,56	11646,72	978,32 €
Aquecimento de lâminas	0,92	505,5	465,06	5580,72	468,78 €
Reduzir numero de lâmpadas	0,058	8088	469,10	5629,25	472,86 €
Iluminação	0,058	674	39,09	469,10	39,40 €
Módulo de aquecimento do cilindro	1,45	674	977,30	11727,60	985,12 €
Total	10,926		5869,87	70438,39	5 916,82 €

Como se pode verificar em ambas as máquinas, a proposta de desligar os módulos de aquecimento durante parte das pausas programadas é a que permite uma maior poupança. Este facto era espetável, pois os módulos de aquecimento são o elemento de maior consumo, como já referido, em ambas as máquinas.

Com base nos dados da Tabela 6.7, podemos verificar que a poupança média anual de energia elétrica para cada máquina CT é de 8112kWh, o que corresponde a 682€.

Nas máquinas APEX, realizando a mesma análise com base nos dados da Tabela 6.8, podemos verificar que a poupança energética por máquina é cerca de 5870kWh, correspondente a 493€ por máquina.

Assim sendo, com a aplicação de todas as medidas propostas, foi conseguido um valor total de poupança energética anual para os dois conjuntos de máquinas de 7961,11€.

Relativamente ao consumo de ar comprimido, tendo em conta as fugas existentes, foi realizada uma análise económica para um cenário em que estas fugas eram reduzidas em 85%, tanto nas máquinas CT como nas máquinas APEX.

No caso das máquinas CT, unicamente a CT1 possui dados sobre os consumos de ar comprimido. Logo, para esta análise, foi considerado somente o caudal de ar comprimido perdido por fugas pelas três máquinas, sendo depois verificada a poupança monetária com a redução das mesmas.

No que se refere às máquinas APEX, foi analisado o consumo atual de ar comprimido das 11 máquinas (APEX 7 não foi considerada) e realizada uma estimativa do consumo caso o caudal de fugas de ar comprimido fosse reduzido em 85%.

Para estes cálculos, foi considerado que as fugas existiam durante os 365 dias do ano, pois foi constatado que mesmo quando a máquina se encontrava sem consumo de eletricidade (nas paragens de agosto e dezembro), as máquinas continuavam a consumir ar comprimido devido às fugas existentes.

Assim sendo, foi elaborada a Tabela 6.9 e Tabela 6.10, referentes ao consumo de ar comprimido. Nestas tabelas, podemos verificar qual a poupança em ar comprimido anual para as 3 máquinas CT e para as 11 máquinas APEX respetivamente, assim como a poupança monetária correspondente.

Tabela 6.9 - Valores obtidos de poupança de ar comprimido nas máquinas CT com as propostas apresentadas.

	Consumo de ar comprimido anual em fugas (m^3)	Consumo de ar comprimido anual em fugas (kWh/ano)	Custo anual em fugas (€)
Caudal de fugas atual	315360	34689,6	2 913,93 €
Caudal de fugas após redução de 85%	47304	5203,44	437,09 €
Poupança	268056	29486,16	2 476,84 €

Tabela 6.10 - Valores obtidos de poupança de ar comprimido nas máquinas APEX com as propostas apresentadas.

	Consumo de ar comprimido anual (m^3)	Consumo de ar comprimido anual (kWh/ano)	Custo anual (€)
Caudal Atual	9998177,33	1099799,51	92 383,16 €
Caudal com redução de 85% das fugas	8864151,53	975056,67	81 904,76 €
Poupança	1134025,80	124742,84	10 478,40 €

Na Tabela 6.9, podemos verificar que, atualmente, o valor anual de ar comprimido utilizado para alimentar fugas nas três máquinas CT é de $315360 m^3$, o que corresponde a 2913,93€. Com a aplicação da redução das fugas, este valor passaria a ser de $47304 m^3$, resultando assim numa poupança monetária de 2476.84€ por ano, ou seja, em média 826€ por máquina. Tendo em conta que é necessária energia elétrica para a produção de ar comprimido, seriam poupados durante um ano nas três máquinas 29486 kWh, correspondente em média por máquina a 9828 kWh.

Nas máquinas APEX, atualmente, são despendidos anualmente cerca de 92383€ em ar comprimido para alimentar as 11 máquinas (Tabela 6.10), mas como foi possível constatar anteriormente parte deste valor é utilizado para alimentar fugas. Com a redução de 85% das fugas existentes, seria possível poupar cerca de 1134025,80 m^3 de ar comprimido, o que se

traduz numa poupança de 10478€ anuais, em média 953€ por máquina. Em termos de energia elétrica, com a aplicação desta medida seriam poupados no total cerca de 124742 kWh, ou seja, em média, 11340 kWh por APEX.

Em suma, com a aplicação destas medidas de otimização energética é possível economizar anualmente cerca de 20916€, sendo que este valor provem da soma de 4521€ economizados nas máquinas CT e 16395€ economizados nas máquinas APEX. Passando de unidades monetárias para unidades energéticas, com estas medidas é possível poupar cerca de 53823kWh nas máquinas CT e 195181kWh nas máquinas APEX, perfazendo um total de 249004kWh poupados por ano.

Capítulo 7

Conclusões e Trabalhos futuros

7.1 - Conclusões

A presente dissertação foi realizada na empresa Continental Mabor S.A. e consistiu na avaliação e implementação de medidas de otimização energética para um conjunto de máquinas pertencentes ao departamento de engenharia três, mais especificamente nas máquinas CT e APEX.

A maioria das medidas indicadas são aplicadas nas máquinas durante as pausas programadas das mesmas: paragens de almoço/jantar/ceia. Estas medidas podem também ser aplicadas para os casos em que exista ausência de plano de produção, no entanto, o tempo desta interrupção é variável, só podendo ser aplicadas as medidas caso seja especificado um período concreto de paragem. É importante salientar que para a implementação das medidas propostas não é necessário qualquer tipo de investimento, sendo que para serem aplicadas é apenas necessário recorrer à programação do software existente nas máquinas.

No caso das máquinas CT, foram identificadas seis medidas de otimização energética que consistem em desligar por um período de tempo definido (durante as pausas programadas) o chiller, os módulos de controlo de temperatura da extrusora, os drives da máquina e a iluminação. No que toca ao ar comprimido, foi realizada a deteção de fugas nas três máquinas e realizado um estudo para o caso destas fugas serem reduzidas em 85%. Foi, ainda, proposto o estabelecimento de um limite padrão para o consumo de ar comprimido que quando ultrapassado em 15% informa a equipa de avarias da existência de uma fuga.

Com a aplicação destas medidas, foi possível economizar anualmente cerca de 53823kWh nas três máquinas, ou seja, em média foram poupados cerca de 17941kWh por máquina CT. Estes dados traduzem-se numa poupança anual total de 4521€, cerca de 1507€ por máquina.

Relativamente às máquinas APEX, foram também identificadas seis medidas de otimização energética, sendo que algumas destas são similares às realizadas no caso das máquinas CT. Assim, foi proposto que durante as pausas programadas se desligasse, por um período de tempo concreto, os módulos de controlo de temperatura da extrusora, o aquecimento de lâminas, os drives da máquina e a iluminação. Para o caso da iluminação, foi ainda proposto a redução do número de lâmpadas por máquina para metade, sendo que neste momento existem duas e passaria a existir só uma. Por fim, como no caso anterior, foi realizada a deteção de fugas de

ar comprimido em onze máquinas e verificada a poupança que era possível atingir com a redução destas fugas em 85%. Foi também proposta a definição de um limite padrão de consumo de ar comprimido facilitando assim a deteção de fugas.

Assim sendo, com a aplicação das medidas de otimização energética enumeradas anteriormente, seria possível economizar anualmente cerca de 195181kWh, em média 17210kWh por máquina APEX. Assim sendo, em termos monetários seriam poupados 16395€ por ano, cerca de 1446€ por máquina.

Tendo em conta o referido anteriormente, com a aplicação das medidas de otimização energética para os dois grupos de máquinas, a fábrica poderia economizar anualmente 249004kWh, o que corresponde a uma poupança monetária total de cerca de 20916€, sem utilização de qualquer investimento, refletindo-se como ganho direto.

De forma geral, a maior parte das medidas de otimização energética apresentadas podem ser aplicadas a outras máquinas da empresa, podendo, assim, aumentar a poupança energética e monetária sem qualquer tipo de investimento adicional.

7.2 - Dificuldades encontradas

Na elaboração deste projeto surgiram algumas dificuldades para o desenvolvimento do mesmo, como:

- Só poderão ser realizados testes nas máquinas durante as manutenções preventivas;
- Só algumas máquinas possuem software de recolha de dados de consumos energéticos;
- Não foi possível estimar a poupança energética para momentos em que a máquina se encontra sem plano de produção, devido ao tempo desta interrupção variar;
- Por vezes, os esquemas elétricos das máquinas encontravam-se desatualizados;
- No caso da APEX 7, não foi possível verificar o consumo nem as perdas de ar comprimido devido ao medidor de caudal de ar comprimido estar danificado.

7.3 - Trabalhos futuros

Durante a realização deste projeto, devido ao tempo escasso e aos objetivos requeridos, não foi possível analisar aspetos referentes ao processo de produção das máquinas que se prevê que apresentem vantagens a nível de eficiência energética e a nível produtivo.

Assim, relativamente a medidas que podem ser ainda estudadas para a redução do consumo energético, sem afetar negativamente a qualidade do produto final, sugere-se:

- Análise e otimização da rede de distribuição de ar comprimido, mais especificamente no controlo de fugas e verificação dos equipamentos, como tubagens da rede e geradores, sendo avaliado o seu estado de manutenção e se são ou não os mais adequados.
- Otimização do sistema de aquecimento e monitorização da temperatura nas lâminas das máquinas APEX. Nomeadamente, verificar se é possível que o aquecimento das lâminas seja realizado de forma mais rápida e que a medição de temperatura nas lâminas na zona de corte seja mais precisa.

- Realização de um estudo e tentativa de resolução dos problemas de arranque das máquinas após períodos de manutenção programada. Esta sugestão é dada, devido à existência de várias máquinas que, após as paragens mais prolongadas para manutenção em setembro e dezembro, no momento de arranque apresentam vários problemas a nível elétrico.
- Realização de um estudo de eficiência relativo ao processo das máquinas. Mais concretamente, verificar se com a máquina em funcionamento existe possibilidade de redução do consumo, através da análise do processo produtivo da mesma.

Para finalizar, é importante referir que um projeto de eficiência energética nunca está acabado. Existem sempre novas soluções e novas práticas na indústria onde é possível intervir melhorando a sua eficiência.

Referências

1. Lourenço, F.B.d.M., *Optimização energética numa unidade industrial*. 2012.
2. Alves, H.F.N.A., *Eficiência energética em edifícios da Lipor I*. 2012.
3. Jornal da União Europeia, *Diretiva 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de abril de 2006*.
4. Jornal da União Europeia. *Diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril de 2009*.
5. ADENE. Agência para a Energia, Disponível em <http://www.adene.pt>. Consultado em 10 de abril de 2017.
6. Parlamento Europeu. *Pacote clima-energia: "três vintes" até 2020*, Disponível em www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?language=pt&type=IM-PRESS&reference=20081208BKG44004. Consultado em 11 de abril de 2017.
7. Comissão Europeia, *comunicação da comissão do parlamento europeu, ao conselho, ao comité económico e social europeu e ao comité das regiões, 22 de janeiro de 2014*.
8. PORTUGAL, Resolução do conselho de Ministros no 20/2013 de 10 de abril 2013.
9. APE - Associação Portuguesa de Energia, M. *O PNAEE 2016 e PNAER 2013-2020: Estratégias para a Eficiência Energética e Energias Renováveis*, Disponível em www.apenergia.pt/uploads/docs/Apresentacao_Pedro_Cabral_Final.pdf. Consultado em 15 abril 2017.
10. PORTUGAL, Resolução do conselho de Ministros no 80/2008 de 20 de maio de 2008.
11. PORTUGAL, Resolução do conselho de Ministros no 56/2015 de 30 de julho de 2015.
12. Continental. Continental Global Site Disponível em http://www.continental-corporation.com/www/portal_com_en/. Consultado em fevereiro de 2017.
13. Continental. Continental - Pneus, Disponível em <http://www.continental-pneus.pt/ligueiros>. Consultado em fevereiro de 2017.
14. Continental Mabor. Intranet-Continental, Consultado em fevereiro de 2017.
15. Nogueira, P.G., *Análise de Capacidade Processo Inspeção Visual*. 2014.
16. Pinho, O.M.F., *A reforma do Setor Elétrico em Contexto de Pobreza*. 2012.
17. da Veiga, J.E., *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*. 2005: Editora Garamond.
18. Enerdata, *Global Energy Statistical Yearbook 2015*, Disponível em <https://yearbook.enerdata.net/energy-consumption-data.html>. Consultado em Maio de 2017
19. Diário da República, 2.ª série-N.º122-26 de Junho de 2008.
20. da Silva, A.L.G.R., *Eletricidade, Crescimento Económico e Desenvolvimento: uma contribuição para o estudo do caso de Moçambique*. 2016.
21. Torgal, F.P., *Breve análise da estratégia da União Europeia (UE) para a eficiência energética do ambiente construído*. Ambiente construído, 2013. 13(4): p. 203-212.
22. Global Carbon Atlas, *Global Fossil Fuels Emissions*, Disponível em <http://www.globalcarbonatlas.org/>. Consultado em Maio 2017.
23. OECD, *Organisation for Economic Co-operation and Development*, Disponível em <http://www.oecd.org/about/membersandpartners/>. Consultado em Março 2017.
24. Dias, A., Teixeira, A., Fátima, A., Gonçalves, L., Guerra, M., Ribeiro, R. Alvarenga A., *Relatório do Estado do Ambiente 2013*, Disponível em http://www.apambiente.pt/_zdata/DESTAQUES/2014/REA_2013_Final_30dezembro.pdf.

25. Lopes, J.M.C.E., *Indicadores de desempenho ambiental do sector do petróleo e gás natural em Portugal*. 2014.
26. Ferreira, R.A.F.P., *Identificação da combinação ótima das fontes de energia renovável de origem hídrica, eólica e fotovoltaica para a integração no sistema elétrico português*. 2014, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
27. Lavado, A.L.C., *Os actuais desafios da energia: implementação e utilização de energias renováveis*. 2009.
28. Vieira, D.R., *Análise do desempenho de sistemas fotovoltaicos em operação*. 2013, UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR.
29. Alves, V., *Renováveis alimentaram o país quatro dias e meio*, *Diário de Notícias*, 16 de maio de 2016, Disponível em <http://www.dn.pt/dinheiro/interior/renovaveis-alimentaram-o-pais-quatro-dias-e-meio-5176232.html>.
30. Rodrigues, S.F.M., *Estudo e sugestões de melhorias de eficiência energética numa empresa do sector industrial de carnes*. 2015.
31. Cravo, D.N., *Eficiência energética na indústria: auditoria energética e análise de propostas de melhoria*. 2015.
32. EDP, *Fontes de Energia*, Disponível em <https://www.edp.pt/pt/sustentabilidade/ambiente/alteracoesclimaticas/saibamais/Pages/FontesdeEnergia.aspx>. Consultado em Maio de 2017.
33. PORDATA - Base de Dados de Portugal Contemporâneo, *Consumo de energia eléctrica: total e por tipo de consumo-Portugal*, Disponível em <http://www.pordata.pt/DB/Europa/Ambiente+de+Consulta/Tabela>. Consultado em março de 2017.
34. Robalinho, N.M.F., *proposta de melhoria de eficiência energética na feup*. 2014.
35. Fernandes, J.R.M., *Auditoria energética a um edifício de indústria*. 2014.
36. Oikonomou, V., et al., *Energy saving and energy efficiency concepts for policy making*. *Energy policy*, 2009. **37**(11): p. 4787-4796.
37. Patterson, M.G., *What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues*. *Energy policy*, 1996. **24**(5): p. 377-390.
38. Commission, E.-E., *Green Paper-Towards a European strategy for the security of energy supply*. European Commission DG Energy and Transport, COM (2000), 2001. **769**.
39. Portal da Eficiência Energética, Disponível em: <http://www.portaleficienciaenergetica.com.pt/>. Consuldato em março de 2017.
40. Instituto Português da Qualidade(2012), *Versão Portuguesa da EN ISO 50001:2011-Sistemas de Gestão de Energia-Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização*, Disponível em http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Documentos%20de%20acesso%20remoto/NP-EN-ISO-50001_2012.pdf.
41. AIDA, *Sistema de Gestão Energética Energética-Guia Prático*. 2014.
42. Alves, C.F.V., *Plano de eficiência energética numa unidade industrial*. 2013.
43. Mergulhão, P.A.F.d.S., *A energia solar e a sustentabilidade na terra: proposta de intervenção no 1º ciclo do ensino básico*. 2013.
44. Silva, R.J.G., *A implementação da norma NP EN ISO 50001: 2012 em instituições da administração pública portuguesa: caso de estudo*. 2015.
45. Silva, J.M.d., *O desafio da eficiência energética*, *Jornal de negócios*, 31 de maio de 2011, Disponível em http://www.jornaldenegocios.pt/opiniao/detalhe/o_desafio_da_eficiencia_energetica
46. Fernandes, I.D.d.A., *Barreiras à adoção da eficiência energética*. 2013, Instituto Superior de Economia e Gestão.
47. Brazão, A.C.S., *Políticas para a promoção da eficiência energética na indústria portuguesa*. 2012, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
48. Carvalho, M.F.A.M.F., *Eficiência energética, a 4ª energia: a importância das cidades para a eficiência energética: os casos das cidades do Porto e Estocolmo*. 2013.
49. Correia, A.C.P.F., *Melhoria da Eficiência Energética numa Indústria de Tintas*. 2015.
50. Brundtland, G.H. and M. Khalid, *Our common future*. New York, 1987: p. 4787-4796.
51. BCSD Portugal, *Manual de Boas práticas de eficiência energética* -

Implementar o desenvolvimento sustentável nas empresas. 2005.

52. Continental, *Manual de instruções Instalação de Bobinagem de Talões.* 2007.

53. Continental, *Manual de instruções máquina de montar perfis APEX a talões.* 2006.

54. SGCIE, *Decreto-Lei n.º 71/2008 Diário da República.* 2008.

55. Meyer, C.A., *ASME steam tables: thermodynamic and transport properties of steam: comprising tables and charts for steam and water, calculated using the 1967 IFC formulation for industrial use in conformity with the 1963 international skeleton tables, as adopted by the Sixth International Conference on the Properties of Steam.* 1983: American Society of Mechanical Engineers.

Anexo A: Energia no Mundo

Tabela A.1 - Consumo de energia primaria no Mundo.

Ano	Consumo	
	TWh	Mtep
1990	10 129,27	2177,79
1991	10 419,80	2240,26
1992	10 507,61	2259,14
1993	10 704,73	2301,52
1994	10 982,74	2361,29
1995	11 330,08	2435,97
1996	11 707,15	2517,04
1997	11 992,48	2578,38
1998	12 261,58	2636,24
1999	12 609,67	2711,08
2000	13 172,76	2832,14
2001	13 384,40	2877,65
2002	13 824,11	2972,18
2003	14 367,89	3089,10
2004	15 006,61	3226,42
2005	15 651,54	3365,08
2006	16 300,68	3504,65
2007	17 099,81	3676,46
2008	17 428,82	3747,20
2009	17 318,95	3723,57
2010	18 522,87	3982,42
2011	19 096,44	4105,74
2012	19 557,73	4204,91
2013	20 173,82	4337,37
2014	20 482,43	4403,72
2015	20 567,84	4422,09

Anexo B: Energia por continente

Tabela B.1 - Consumo de energia primaria por região.

Ano	Energia Consumida (TWh)							
	Europa	América do Norte	América Latina	CIS	Asia	Pacífico	Africa	Medio Oriente
1990	2 517,89	3 145,54	506,70	1 417,22	1 901,56	165,02	262,40	212,94
1991	2 538,47	3 292,21	524,92	1 388,44	2 026,26	168,21	268,15	213,14
1992	2 533,58	3 308,04	544,08	1 288,53	2 147,01	169,45	273,78	243,14
1993	2 526,40	3 414,92	569,97	1 186,21	2 282,25	174,63	283,49	266,86
1994	2 559,50	3 505,18	598,79	1 065,87	2 497,56	178,78	293,27	283,79
1995	2 633,45	3 602,79	630,53	1 034,89	2 643,12	184,31	304,44	296,55
1996	2 717,06	3 695,81	666,09	994,28	2 791,17	189,55	338,75	314,44
1997	2 761,09	3 751,02	708,25	968,15	2 924,19	195,53	352,77	331,47
1998	2 819,45	3 851,47	734,63	943,46	2 991,62	206,09	354,97	359,89
1999	2 863,90	3 946,73	758,44	959,56	3 124,90	212,37	362,30	381,48
2000	2 953,98	4 093,18	801,17	983,73	3 344,66	217,78	378,50	399,75
2001	3 024,15	4 057,08	795,27	994,18	3 482,53	226,84	382,76	421,61
2002	3 059,03	4 144,28	816,39	995,40	3 714,34	237,65	410,63	446,39
2003	3 131,38	4 186,90	860,79	1 030,84	4 020,66	234,17	426,48	476,68
2004	3 209,22	4 248,07	900,25	1 057,81	4 401,36	240,53	446,44	502,94
2005	3 265,21	4 344,54	937,81	1 085,75	4 777,25	240,98	472,03	527,98
2006	3 318,35	4 341,90	978,71	1 137,70	5 213,26	245,80	494,13	570,84
2007	3 357,37	4 466,14	1 019,82	1 165,14	5 718,84	255,56	519,64	597,29
2008	3 389,44	4 456,57	1 059,74	1 191,67	5 909,16	255,80	528,34	638,10
2009	3 230,67	4 228,08	1 064,15	1 134,75	6 198,29	260,16	525,41	677,45
2010	3 381,54	4 398,62	1 125,29	1 202,84	6 847,52	264,32	559,39	743,36
2011	3 336,55	4 398,62	1 178,45	1 223,41	7 343,94	266,81	585,12	763,54
2012	3 346,06	4 355,10	1 218,71	1 247,30	7 725,40	265,74	591,47	807,95
2013	3 317,68	4 402,16	1 268,09	1 243,22	8 237,77	261,16	603,53	840,22
2014	3 236,09	4 397,66	1 292,09	1 254,35	8 534,92	260,99	616,55	889,78
2015	3 291,19	4 341,59	1 279,40	1 227,23	8 608,14	264,24	620,58	935,47

Anexo C: Energia em Portugal

Tabela C.1 - Consumo de energia primaria em Portugal.

Ano	Consumo	
	TWh	Mtep
1990	23,95	5,15
1991	25,26	5,43
1992	26,04	5,60
1993	26,38	5,67
1994	27,43	5,90
1995	29,29	6,30
1996	30,69	6,60
1997	32,44	6,97
1998	34,41	7,40
1999	36,74	7,90
2000	38,94	8,37
2001	40,54	8,72
2002	42,12	9,06
2003	43,80	9,42
2004	45,50	9,78
2005	47,03	10,11
2006	48,55	10,44
2007	49,68	10,68
2008	49,19	10,58
2009	48,77	10,49
2010	50,61	10,88
2011	49,11	10,56
2012	47,11	10,13
2013	46,27	9,95
2014	46,12	9,92
2015	46,42	9,98

Anexo D: Percentagem de energia renovável na produção

Tabela D.1 - Percentagem de energia renovável na produção.

Ano	Energias renováveis na produção de eletricidade (%)		
	Mundo	Europa	Portugal
1990	19,9	18,3	35,1
1991	19,9	18,4	33,4
1992	19,9	19,4	19,8
1993	20,4	19,9	30,9
1994	20,2	19,9	37,2
1995	20,5	19,9	28,6
1996	20,2	19,0	46,0
1997	20,1	19,5	41,8
1998	19,8	20,0	36,5
1999	19,4	20,1	21,0
2000	19,1	20,5	30,9
2001	18,6	20,3	35,1
2002	18,5	19,4	22,7
2003	18,1	18,3	39,1
2004	18,5	19,6	28,5
2005	18,6	20,1	19,2
2006	18,8	20,3	33,6
2007	18,5	21,0	35,7
2008	19,1	22,3	33,6
2009	19,9	24,1	38,5
2010	20,2	25,7	53,8
2011	20,6	25,8	47,7
2012	21,5	28,9	44,3
2013	22,2	31,5	59,8
2014	22,8	32,8	61,9
2015	23,4	34,2	49,3

Anexo E: Consumos energéticos da Continental Mabor

Empresa continental Mabor

No seguinte anexo encontram-se os dados fornecidos pela Continental Mabor, assim como todos os cálculos realizados para a elaboração das figuras e conclusões atingidas. Todos estes dados são referentes ao ano de 2016. Este foi o ano de referência para a elaboração deste trabalho.

Produção e consumos energéticos da Continental Mabor

No seguinte subcapítulo serão apresentados os dados fornecidos pela empresa referentes à produção, consumo de energia elétrica, ar comprimido e vapor. Todos os dados foram fornecidos pelo departamento de energia da empresa.

Na Tabela E.1, são apresentados os dados relativos ao número de pneus produzidos mensalmente e no total, no ano de 2016.

Tabela E.1 - Produção mensal e total de pneus na Continental Mabor no ano de 2016.

Mês	Pneus Produzidos
Janeiro	1568469
Fevereiro	1646312
Março	1588510
Abril	1708274
Maio	1778762
Junho	1674535
Julho	1666924
Agosto	1163216
Setembro	1649028
Outubro	1489216
Novembro	1440537
Dezembro	720096
Total	18093879

Os valores relativos ao consumo das diversas utilidades energéticas da Continental Mabor são registados pelo MESSDAS. Assim sendo, foi possível analisar o consumo energético da empresa mensalmente.

No MESSDAS, a energia elétrica é contabilizada em kWh, o vapor utilizado em Ton e, por fim, o ar comprimido é registado em metros cúbicos consumidos. Este software também detém informação sobre a quantidade de energia elétrica que é necessária para a produção de cada metro cúbico de ar comprimido em tempo real.

Tendo em conta que as unidades das diversas utilidades são diferentes, foi realizada a sua conversão para tep (tonelada equivalente de petróleo). Para a realização da conversão,

recorreu-se ao Diário da República 2ª Série Nº122, despacho Nº17313/2008 de 26 de junho de 2008[19].

Energia elétrica

Para a conversão de energia elétrica em tep, sabe-se que 1kWh equivale a cerca de 0,000215 tep. Assim sendo, utiliza-se a seguinte formulação:

$$1 kWh = 215 * 10^{-6} tep$$

Energia térmica do vapor

$$Energia\ do\ vapor\ \left(\frac{tep}{Ton}\right) = \frac{Entalpia\ especifica\ do\ vapor\ \left(\frac{Mj}{Kg}\right)}{\eta_{térmico} * 41,868}$$

Tendo em conta que a entalpia específica do vapor a 18 bar (pressão a que é adquirido) é de 1,91 MJ/kg [55] e o rendimento térmico ($\eta_{térmico}$) para as caldeiras de produção de vapor é de 0,9, foi possível obter a seguinte simplificação da expressão:

$$1 Ton = 0,05069 tep$$

Ar comprimido

Relativamente ao ar comprimido, o departamento de energia forneceu o valor médio da eficiência da central de produção de ar comprimido. Foi constatado que o rendimento na produção de ar comprimido por hora é de 11%, ou seja, por cada metro cúbico de ar comprimido produzido são utilizados 0,11 kWh. Assim sendo, obtém-se a seguinte expressão:

$$1 m^3\ de\ ar\ comprimido = 0,11 kWh$$

Se a conversão for realizada diretamente de metros cúbicos de ar comprimido para tep:

$$1 m^3\ de\ ar\ comprimido = 23,65 * 10^{-6} tep$$

Na Tabela E.2, são apresentados os valores de consumo mensal e total das diferentes utilidades energéticas utilizadas na Continental Mabor.

Tabela E.2 - Consumo energético mensal e total de energia elétrica, vapor e ar comprimido da Continental Mabor no ano de 2016.

Mês	Energia Elétrica		Vapor		Ar Comprimido		Total
	kWh	tep	Ton	tep	m ³	tep	tep
Janeiro	12766485	2744,79	14924	756,50	10393838	247,69	3748,98
Fevereiro	13052219	2806,23	16509	836,84	11320009	267,70	3910,77
Março	12820005	2756,30	15157	768,31	10742479	251,50	3776,11
Abril	13830135	2973,48	14440	731,96	11529549	268,67	3974,11
Mai	14235720	3060,68	14800	750,21	11781055	276,91	4087,81
Junho	13896373	2987,72	14138	716,66	11771351	274,41	3978,79
Julho	14053840	3021,58	13660	692,43	11876082	281,06	3995,06
Agosto	10742815	2309,71	9840	498,79	8848456	222,93	3031,43
Setembro	14085579	3028,40	13749	696,94	11177739	270,39	3995,73
Outubro	13272408	2853,57	12861	651,92	10749686	264,06	3769,56
Novembro	12586348	2706,06	13557	687,20	10509001	255,69	3648,96
Dezembro	8533230	1834,64	8426	427,11	7223382	178,33	2440,09
Total	153875157	33083,16	162061	8214,87	1,28E+08	3059,35	44357,38

Na Continental Mabor o custo por kWh é de 0,084€ e o custo por tonelada de vapor é de 23,98€. Assim sendo, com base nas tarifas energéticas referidas, realizou-se a construção da Tabela E.3, na qual estão representados os custos mensais e totais das diferentes utilidades energéticas.

Tabela E.3 - Custos mensais e total de energia elétrica, vapor e ar comprimido da Continental Mabor no ano de 2016.

Mês	Energia Elétrica	Vapor	Ar Comprimido	Total
	€			
Janeiro	1072384,74	357877,52	96039,06	1526301,32
Fevereiro	1096386,40	395885,82	104596,88	1596869,10
Março	1076880,42	363464,86	99260,51	1539605,79
Abril	1161731,34	346271,2	106533,03	1614535,57
Mai	1195800,48	354904	108856,95	1659561,43
Junho	1167295,33	339029,24	108767,28	1615091,86
Julho	1180522,56	327566,8	109735,00	1617824,36
Agosto	902396,46	235963,2	81759,73	1220119,39
Setembro	1183188,64	329701,02	103282,31	1616171,96
Outubro	1114882,27	308406,78	99327,10	1522616,15
Novembro	1057253,23	325096,86	97103,17	1479453,26
Dezembro	716791,32	202055,48	66744,05	985590,85
Total	12925513,19	3886222,78	96039,06	17993741,04

Anexo F: Consumos energéticos da CT1

No seguinte subcapítulo serão apresentados os dados recolhidos com recurso ao software MESSDAS referentes à produção e consumo das diferentes utilidades energéticas utilizadas na CT1. Para além da apresentação dos dados recolhidos, serão apresentados os cálculos necessários para o consumo específico da máquina. As máquinas CT utilizam energia elétrica e ar comprimido no seu funcionamento. Todos os dados recolhidos, como já referido, referem-se ao ano de 2016.

Na Tabela F.1, são apresentados os valores de consumo mensal e total de energia elétrica e ar comprimido na CT1.

Tabela F.1 - Consumo energético mensal e total de energia elétrica e ar comprimido da CT1 no ano de 2016.

Mês	Energia Elétrica		Ar Comprimido		Total
	kWh	tep	m ³	tep	tep
Janeiro	12436,33	2,67	10179,44	0,24	2,91
Fevereiro	13225	2,84	11906,61	0,28	3,12
Março	12569,57	2,70	12319,52	0,29	2,99
Abril	13323,24	2,86	12850,53	0,30	3,17
Mai	11941,19	2,57	13821,08	0,33	2,89
Junho	11446,14	2,46	12686,99	0,30	2,76
Julho	12065,83	2,59	12797,88	0,30	2,90
Agosto	8797,57	1,89	10342,14	0,24	2,14
Setembro	11487,9	2,47	13347,35	0,32	2,79
Outubro	11674,56	2,51	10180,71	0,24	2,75
Novembro	10702,85	2,30	11924,62	0,28	2,58
Dezembro	7421,12	1,60	7974,81	0,19	1,78
Total	137091,3	29,47	140331,7	3,32	32,79

Com recurso à tarifa horária referenciada anteriormente, construiu-se a Tabela F.2. Esta tabela refere-se aos custos mensais de energia elétrica e ar comprimido mensal e total, na CT1.

Tabela F.2 - Custos mensais e total de energia elétrica e ar comprimido da CT1 no ano de 2016.

Mês	Energia Elétrica	Ar Comprimido	Total
Janeiro	1044,65	94,06	1138,71
Fevereiro	1110,90	110,02	1220,92
Março	1055,84	113,83	1169,68
Abril	1119,15	118,74	1237,89
Maio	1003,06	127,71	1130,77
Junho	961,48	117,23	1078,70
Julho	1013,53	118,25	1131,78
Agosto	739,00	95,56	834,56
Setembro	964,98	123,33	1088,31
Outubro	980,66	94,07	1074,73
Novembro	899,04	110,18	1009,22
Dezembro	623,37	73,69	697,06
Total	11515,67	1296,66	12812,33

Na Tabela F.3, são apresentados os dados relativos ao número de talões produzidos mensalmente e no total.

Tabela F.3 - Produção mensal e total de talões na CT1 no ano de 2016.

Mês	Talões Construídos
Janeiro	810499
Fevereiro	891439
Março	839693
Abril	904818
Maio	841407
Junho	771382
Julho	752799
Agosto	619865
Setembro	892334
Outubro	834751
Novembro	819622
Dezembro	533907
Total	9512516

Com os dados relativos aos consumos de energia totais e à produção de talões, realizou-se o cálculo do consumo específico mensal, utilizando a seguinte formulação:

$$\text{Consumo específico} \left(\frac{\text{tep}}{\text{n}^\circ \text{ talões}} \right) = \frac{\text{Energia consumida (tep)}}{\text{N}^\circ \text{ talões produzidos}}$$

Após o cálculo do consumo específico mensal, construiu-se a Tabela F.4.

Tabela F.4 - Energia consumida, produção e o respetivo consumo específico na CT1.

Mês	Energia Consumida	Talões Construídos	Consumo específico
	tep	unidades	tep/nº de talões
Janeiro	2,91	810499	3,60E-06
Fevereiro	3,12	891439	3,51E-06
Março	2,99	839693	3,57E-06
Abril	3,17	904818	3,50E-06
Maio	2,89	841407	3,44E-06
Junho	2,76	771382	3,58E-06
Julho	2,90	752799	3,85E-06
Agosto	2,14	619865	3,45E-06
Setembro	2,79	892334	3,12E-06
Outubro	2,75	834751	3,30E-06
Novembro	2,58	819622	3,15E-06
Dezembro	1,78	533907	3,34E-06
Total	32,79	9512516	4,14E-05

Anexo G: Consumos energéticos da APEX 12

Neste subcapítulo, como realizado nos casos anteriores, serão apresentados os dados recolhidos e calculados referentes à produção, consumo energético e de ar comprimido na APEX 12. Para além disto, será também realizado o cálculo do consumo específico.

As máquinas APEX utilizam energia elétrica e ar comprimido para o seu funcionamento. A energia elétrica consumida pela máquina é registada pelo MESSDAS em intervalos de 15 minutos, no entanto o consumo de ar comprimido não é registado como no caso da CT1. Apesar de todas as máquinas possuírem um medidor de caudal de ar comprimido, os dados destes não são enviados para o MESSDAS.

Os dados relativos ao consumo de energia elétrica mensal e total estão presentes na Tabela G.1

Tabela G.1 - Consumo energético mensal e anual de energia elétrica da APEX 12.

Mês	Energia Elétrica	
	kWh	tep
Janeiro	8775,76	1,89
Fevereiro	8805,34	1,89
Março	8897,39	1,91
Abril	9623,94	2,07
Maio	9977,98	2,15
Junho	9517,4	2,05
Julho	9689,89	2,08
Agosto	7075,48	1,52
Setembro	9009,63	1,94
Outubro	9271,36	1,99
Novembro	9190,13	1,98
Dezembro	5823,02	1,25
Total	105657,32	22,72

Relativamente ao consumo de ar comprimido, como referido anteriormente, a máquina possui um medidor de caudal de ar comprimido. No entanto, este não se encontra conectado ao software MESSDAS. Assim sendo, foi realizada uma leitura manual, na qual se registou o consumo de ar da máquina durante um mês.

Assim sendo, verificou-se que o valor totalizador (m^3) no medidor de caudal de ar comprimido registava no dia 18 de Abril foi de $1452565 m^3$, e no dia 18 de Maio foi de $1515514 m^3$. Com base nestes dados realizou-se os seguintes cálculos:

Consumo de ar durante o mês (m^3):

= Quantidade de ar às 8h30min do dia 18 de Abril - Quantidade de ar às 8h30min do dia 18 de Maio = $55668 m^3$

Consumo diário estimado de ar comprimido (m^3):
 =Consumo de ar durante o mês/30= 1855,60 m^3

Tabela G.2 - Registos do consumo de ar comprimido e consumo medio.

Máquina	Dia 18 de Abril	Dia 18 de Maio	Consumo em 30 dias	Consumo medio diário
12	1452565	1515514	55668	1855,60

Na Tabela G.3, encontram-se os consumos estimados de ar comprimido. Para uma estimativa mais consistente, considerou-se o consumo medio diário de ar comprimido obtido anteriormente e o número de dias, por mês, em que a máquina se encontra em funcionamento.

Tabela G.3 - Consumo estimado de ar comprimido, mensal e anual.

Mês	Consumo de ar comprimido		
	m^3	kWh	tep
Janeiro	57523,6	6327,596	1,36
Fevereiro	53812,4	5919,364	1,27
Março	57523,6	6327,596	1,36
Abril	55668	6123,48	1,32
Maio	57523,6	6327,596	1,36
Junho	55668	6123,48	1,32
Julho	57523,6	6327,596	1,36
Agosto	44534,4	4898,784	1,05
Setembro	55668	6123,48	1,32
Outubro	57523,6	6327,596	1,36
Novembro	55668	6123,48	1,32
Dezembro	35256,4	3878,204	0,83
Total	643893,2	70828,252	15,23

Como realizado anteriormente, recorreu-se à tarifa horária praticada na empresa e construiu-se a Tabela G.4. Esta tabela refere-se aos custos mensais de energia elétrica e ar comprimido mensal e total, na APEX 12.

Tabela G.4 - Custos mensais e anual de energia elétrica e ar comprimido da apex 12.

Mês	Energia Elétrica	Ar Comprimido	Total
	€		
Janeiro	737,16	531,52	1268,68
Fevereiro	739,65	497,23	1236,88
Março	747,38	531,52	1278,90
Abril	808,41	514,37	1322,78
Mai	838,15	531,52	1369,67
Junho	799,46	514,37	1313,83
Julho	813,95	531,52	1345,47
Agosto	594,34	411,50	1005,84
Setembro	756,81	514,37	1271,18
Outubro	778,79	531,52	1310,31
Novembro	771,97	514,37	1286,34
Dezembro	489,13	325,77	814,90
Total	8875,21	5949,57	14824,79

Os dados relativos ao número de núcleos de talão com cunha produzidos mensalmente e no total, no ano de 2016, são apresentados na Tabela G.5.

Tabela G.5 - Produção mensal e total de talões com cunha na APEX12 no ano de 2016.

Mês	Talões Construídos
Janeiro	185164
Fevereiro	192230
Março	182568
Abril	209306
Mai	214410
Junho	211912
Julho	205454
Agosto	149990
Setembro	206500
Outubro	188332
Novembro	185288
Dezembro	121790
Total	2252944

Os consumos totais de energia mensais e totais, assim como o número de talões produzidos e o respetivo consumo específico são apresentados na Tabela G.6.

Tabela G.6 - Energia consumida, produção e o respetivo consumo específico na APEX12.

Mês	Energia Consumida	Talões Construídos	Consumo específico
	tep	unidades	tep/nº de talões
Janeiro	3,25	185164	1,7537E-05
Fevereiro	3,17	192230	1,64689E-05
Março	3,27	182568	1,79296E-05
Abril	3,39	209306	1,61758E-05
Maio	3,51	214410	1,63504E-05
Junho	3,36	211912	1,58688E-05
Julho	3,44	205454	1,67617E-05
Agosto	2,57	149990	1,71643E-05
Setembro	3,25	206500	1,5756E-05
Outubro	3,35	188332	1,78078E-05
Novembro	3,29	185288	1,77692E-05
Dezembro	2,09	121790	1,71259E-05
Total	37,94	2252944,00	2,03E-04

Anexo H: Otimização energética nas máquinas CT

Na Tabela H.1, encontram-se os dados recolhidos durante os testes realizados nos módulos de aquecimento nas máquinas CT.

Comportamento da temperatura da extrusora durante o arrefecimento e aquecimento nas máquinas CT.

Tabela H.1 - Representação da temperatura na cabeça da extrusora na APEX.

Máquina CT		
Arrefecimento		
Tempo (minutos)	Teste 1	Teste 2
0	84,1	89,2
5	83,4	87,4
10	82	85,7
15	80,4	83,6
20	78,6	81,2
25	76,9	79,3
30	75,5	78
Aquecimento		
	Teste 1	Teste 2
0	75,4	77,8
5	74,8	76,9
10	77,3	78,8
15	79,7	80,6
20	81,5	82
Temperatura assinalada nos módulos	84	83

Anexo I: Otimização energética nas máquinas APEX

Na Tabela I.1, encontram-se os dados recolhidos durante os testes realizados nos módulos de aquecimento nas máquinas APEX.

Comportamento da temperatura da extrusora durante o arrefecimento e aquecimento nas máquinas APEX.

Tabela I.1 - Representação da temperatura na cabeça da extrusora na máquina CT.

Máquina CT				
Arrefecimento				
Tempo(minutos)	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4
0	84	87,6	90,4	96
5	83	86,3	89	95
10	82	84,5	87,1	92
15	80	82,6	85	89
20	79	80,8	83,1	86
25	77	79	81	82
30	76	78,2	80,2	80
Aquecimento				
	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4
0	76	78	79,6	80
5	74	77	78,1	78
10	75	78,8	80,1	80
15	76	79,9	81,1	81
20	77	80,5	82,2	82
Temperatura assinalada nos módulos	78	84	84	83

Na Tabela I.2, encontram-se os dados obtidos durante os testes realizados relativos ao arrefecimento das lâminas nas máquinas APEX, com as resistências desligadas.

Comportamento da temperatura das lâminas durante o arrefecimento nas máquinas APEX.

Tabela I.2 - Representação da temperatura durante o arrefecimento nas lâminas da máquina APEX

Arrefecimento				
Tempo (minutos)	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4
0	225	220	220	225
1	217	215	214	217
2	205	203	202	206
3	195	192	192	197
4	187	183	184	188
5	179	175	176	181
6	172	167	169	174
7	165	161	163	168
8	159	155	157	162
9	153	149	152	156
10	147	142	146	151
11	142	138	141	146
12	137	135	136	141
13	132	131	132	137
14	128	128	128	132
15	124	124	124	128
16	120	121	120	124
17	116	117	116	121
18	113	113	113	117
19	109	110	110	114
20	106	107	107	110
21	103	104	104	108
22	100	101	101	104
23	98	99	98	102
24	95	97	96	99
25	92	94	93	96
26	90	91	91	94
27	88	88	89	91
28	85	85	87	89
29	83	84	85	87
30	82	83	83	85
Temperatura assinalada	225	220	220	225

Na Tabela I.3, encontram-se os dados obtidos durante os testes realizados relativos ao aquecimento das lâminas nas máquinas APEX, após ligar as resistências.

Comportamento da temperatura das lâminas durante o aquecimento nas máquinas APEX.

Tabela I.3 - Representação da temperatura durante o aquecimento nas lâminas da máquina APEX

Aquecimento				
Tempo (minutos)	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4
0	82	83	83	85
1	96	110	106	113
2	116	140	128	142
3	132	163	148	165
4	148	184	167	186
5	161	207	183	205
6	172	210	197	217
7	185	213	205	221
8	195	214	215	223
9	205	215	218	224
10	215	218	220	225
11	225	220	220	225
Temperatura assinalada	225	220	220	225

Anexo J: Análise econômica

- Exemplo de cálculo da poupança nos módulos de aquecimento nas máquinas CT.
Consumo instantâneo=7kW.

Os módulos são desligados por 25 minutos por pausa programada e existem 3 pausas por dia.
Tempo desligado por ano em horas:

$$\begin{aligned}25 * 3 &= 75 \text{ minutos por dia.} \\75 \text{ minutos} * 337 \text{ dias} &= 25275 \text{ minutos por ano.} \\25275/60 &= 421,25 \text{ horas por ano}\end{aligned}$$

Poupança (kWh/ano): Consumo instantâneo * Tempo desligado por ano em horas

$$7 * 421,25 = 2948,75 \text{ kWh/ano.}$$

Poupança em todas as máquinas (kWh/ano):

$$3 * 2948,75 = 8846,25 \text{ kWh/ano.}$$

- Exemplo de cálculo para o consumo dos drives nas máquinas CT.

$$P = V * I$$

P- Potência

V- Tensão

I- Corrente

Consumo instantâneo (kW): Tensão de alimentação da máquina * Corrente medida

$$\begin{aligned}240 * 14,53 &= 3487,2 \text{ W} \\3487,2/1000 &= 3,5 \text{ kW}\end{aligned}$$

- Exemplo de cálculo para a poupança de ar comprimido nas máquinas CT.

Poupança no consumo de ar comprimido anual em fugas (m^3) = Caudal de fugas atual nas três máquinas- caudal de fugas nas três máquinas após redução de 85%

$$315360 - 47304 = 268056m^3$$

Consumo de ar comprimido anual em fugas (kWh/ano) =Caudal de ar comprimido poupado* eficiência da central de produção de ar comprimido (11%)

$$268056 * 0.11 = 29486,16 \text{ kWh/ano}$$

Custo anual em fugas (€): Quilowatts poupados * Preço por Quilowatt

$$29486,16 * 0.084 = 2476,84\text{€}$$