

**Promoção de Eficiência Energética numa Unidade
Industrial de Produção de Sistemas Sanitários**

João Diogo Cabrita de Almeida Oliveira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Orientadores: Dr. Rui Pedro da Costa Neto

Prof. Paulo Miguel Nogueira Peças

Júri

Presidente: Prof. Edgar Caetano Fernandes

Orientador: Dr. Rui Pedro da Costa Neto

Vogal: Prof. Carlos Augusto Santos Silva

Dezembro 2019

“You can’t manage what you don’t measure”

Peter F. Drucker

Resumo

Esta tese foi realizada no âmbito de um desafio da empresa OLI – Sistemas Sanitários, propondo a realização de uma análise energética à sua principal área industrial e um estudo de possíveis investimentos e ações de melhoria para reduzir os consumos energéticos e os custos associados aos mesmos.

Para a realização deste trabalho, fez-se uma análise macro aos padrões de consumo de energia da fábrica e concluiu-se que o edifício analisado consome cerca de 8,49 GWh/ano. Estimou-se que a unidade tem um consumo base de 64,9 MWh/mês, que não depende da quantidade de matéria-prima injetada. A outra componente do consumo, relaciona-se com o consumo de matéria-prima, sendo de 1,47 kWh/Kg de plástico injetado.

Estudaram-se diversas propostas de melhoria de eficiência energética estimando-se que, o investimento numa unidade de produção de energia fotovoltaica para autoconsumo permite obter uma poupança de 112.748 €/ano. O sistema de iluminação pode ser melhorado, podendo obter-se uma redução de cerca de 3.500 € anuais. A substituição dos motores atuais por motores de elevada eficiência, e a instalação de variadores eletrónicos de velocidade aos motores, permitem reduzir o valor da fatura energética em 5.857 € e 7.570 € anuais respetivamente. Propõe-se ainda a substituição das máquinas de injeção hidráulicas por máquinas elétricas, mais eficientes, resultando em poupanças na ordem de 8.675 €/ano na máquina estudada. Os períodos de retorno são respetivamente 4,23, 1,2, 10,4 e 5,1 anos.

Quanto às melhorias operacionais, realizou-se uma lista de boas práticas que permitem obter reduções energéticas de sensivelmente 17.153 €/ano.

Palavras Chave: Eficiência Energética, Auditoria Energética, Ações de Melhoria, Produção de Energia Fotovoltaica, Boas Práticas de Operação, Injeção Plástica.

Abstract

This dissertation was made based on a challenge of OLI – Sistemas Sanitários, who proposed the fulfilment of an energetic analysis of its industrial area and a study of possible investments and improvement actions aiming the reduction of its energy consumption and associated costs.

It was made a primary macro analysis to the consumption patterns of the factory and concluded that the building consumes about 8494,6 MWh/year. It was also estimated that the unit as a base consumption of 64,9 MWh/month, which isn't related to the raw material injected. The other part of the consumption has to do with the raw material, and it is 1,47 kWh/kg of injected plastic.

It was studied many energetic improvements and efficiency proposals and was estimated that the investment on a photovoltaic energy production unit for self-consumption allows to obtain a 112.748 € savings on the first year. The lighting system could be improved, resulting in a reduction of 3.500 € per year. The current motor's replacement for higher efficiency ones, and the investment on variable speed drivers to the motors allows the reduction of the electrical bill in 5.857 € and 7.570 € per year respectively. It was also proposed the substitution of the injection hydraulic machines for electrical ones, resulting in savings about 8.675 €/year on the studied machine. The paybacks are respectively 4,23, 1,2, 10,4 and 5,1 years.

Concerning operational improvements, it was made a list of good habits that allows energy reductions of 17.153 €/year.

Key Words: Energy Efficiency, Energy Auditing, Improvement Actions, Photovoltaic Energy Production Unit, Good Operating Habits, Injection Moulding.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à OLI – Sistemas Sanitários e ao Instituto Superior Técnico pela oportunidade de realizar esta dissertação.

De seguida, gostaria de agradecer aos meus orientadores, Prof. Paulo Peças e Dr. Rui Pedro da Costa Neto, pela disponibilidade demonstrada ao longo destes meses.

Agradeço também, aos Engenheiros e CEO's da OLI, António Oliveira e Rui Miguel Oliveira, pela oportunidade de realizar este trabalho neste âmbito, na OLI.

Queria agradecer ainda ao Eng^o Patrick Dembach, ao Ricardo Antunes e ao Eng^o Luís Sousa por todo o apoio e colaboração demonstrados, por toda a informação disponibilizada que tornou possível a realização deste trabalho, pela ajuda na integração na empresa e pela aprendizagem que me proporcionaram. Um agradecimento especial ao Técnico José Lopes, pelo seu apoio demonstrado ao longo do tempo passado na empresa, pela sua disponibilidade e boa disposição.

Por fim, quero agradecer à minha família, amigos e namorada que sempre me apoiaram e encorajaram ao longo da realização desta dissertação.

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1.	Enquadramento.....	1
1.2.	Objetivos	3
1.3.	Estrutura da Dissertação	4
1.4.	Caso de Estudo: OLI – Sistemas Sanitários.....	5
2.	Revisão Bibliográfica.....	8
2.1.	Desempenho Energético na indústria	8
2.1.1.	Auditoria Energética.....	8
2.1.2.	Gestão de Energia.....	10
2.1.3.	Indicadores de Desempenho Energético	12
2.2.	Medidas de Otimização Energética na Indústria.....	13
2.2.1.	Gestão da Produção	14
2.2.2.	Consumo de Energia das Máquinas de Injeção Plástica	15
2.2.3.	Motores e Variadores.....	17
2.2.4.	Sistema Fotovoltaico	19
2.3.	Poupanças Energéticas e Indicadores Financeiros.....	19
2.4.	Seleção do Período de Medição.....	21
3.	Metodologia	22
3.1.	Fontes de Recolha de Dados	22
3.1.1.	Métodos de Medição	22
3.2.	Análise Energética	25
3.2.1.	Auditoria.....	25
3.2.2.	Contracto.....	28
3.2.3.	Padrão de Consumo	29
3.2.3.1.	Horário de Consumo.....	33
3.2.3.2.	Relação Consumo de Energia e Máquinas em Produção	35
3.2.3.3.	Indicadores de Desempenho Energético	36
3.2.4.	Monitorização dos Consumos	37
3.2.4.1.	Análise ao Consumo das Máquinas de Injeção	37
3.2.4.2.	Análise ao Consumo Durante os <i>Setups</i>	41
3.2.4.3.	Análise ao Consumo dos Periféricos	43
3.2.4.4.	Análise às Paragens das Máquinas de Injeção	45
3.2.4.5.	Análise ao Consumo dos Carregadores de Baterias.....	46
3.3.	Resumo do Diagnóstico.....	47

4.	Resultados e Discussão.....	49
4.1.	Melhorias Tecnológicas.....	49
4.1.1.	Unidade de Produção Fotovoltaica	49
4.1.2.	Iluminação	55
4.1.3.	Máquinas de Injeção Plástica	57
4.1.4.	Motores e Variadores.....	59
4.1.5.	<i>Software</i> de Gestão de Energia	61
4.2.	Melhorias Operacionais.....	62
4.2.1.	Melhoria do SMED.....	62
4.2.2.	Setups	65
4.2.3.	<i>Idle</i>	66
4.2.4.	Desligar Periféricos.....	68
4.2.5.	Alteração de Horário de Carregamento de Baterias	70
4.2.6.	Redução de Picos de Consumo.....	71
4.3.	Indicadores de Desempenho Energético Finais	72
5.	Conclusões e trabalhos futuros.....	74
6.	Referências.....	76
	Anexos.....	80
	Anexo A – Dados de Postos de Transformação, Quadros Elétricos e Equipamentos	80
	Anexo B – Dados de Auditoria de 2014.....	86
	Anexo C – Estrutura do Cálculo do Valor da Fatura Energética	87
	Anexo D – Tarifas Horárias	88
	Anexo E – Lista de Medições Realizadas	89
	Anexo F – Lista de Erros do <i>Software</i> de Gestão de Energia.....	92
	Anexo G – Lista de Máquinas de Injeção.....	92
	Anexo H – Lista de Equipamentos de Transporte	95
	Anexo I – Ficha Técnica dos Módulos dos Painéis Solares	97
	Anexo J – Tabela Resumo de Estudo de Viabilidade de Substituição de Iluminação.....	99
	Anexo L – Proposta de Motores a Substituir e de Variadores a Instalar.....	101

Lista de Figuras

Figura 1. Evolução da Produção de Energia no Mundo, por fonte de Combustível, retirado de [3]	1
Figura 2. Evolução das Metas 20-20-20, retirado de [7]	2
Figura 3. Esquema da Estrutura da Dissertação.....	5
Figura 4. Esquema do Processo de Fabrico da OLI - Sistemas Sanitários	6
Figura 5. Estrutura de Auditoria Energética Industrial, adaptado de [18].....	9
Figura 6. Ciclo "Plan-Do-Check-Act", adaptado de [29].....	11
Figura 7. Estrutura de Auditoria Energética inserida no Sistema de Gestão de Energia ISO 50001, adaptado de [31].....	12
Figura 8. Esquema de Máquina de Injeção Hidráulica, retirada de [45].....	15
Figura 9. Comparação de Consumo Energético de Máquina de Injeção Hidráulica e Totalmente Elétrica, retirado de [46]	16
Figura 10. Distribuição de Consumo Energético num Máquina de Injeção Plástica, retirado de [49].....	17
Figura 11. Comparação de Ciclo de Injeção, com e sem VEV, retirado de [36]	17
Figura 12. Classes de Eficiência Energética dos Motores Elétricos, Retirado de [53].....	18
Figura 13. Evolução da Produção de Energia Fotovoltaica em Portugal, retirado de [54]	19
Figura 14. Exemplo de Diagrama de Carga resultante do <i>Software</i> de Gestão de Energia ..	23
Figura 15. Analisador de Energia Ligado	24
Figura 16. Analisador de Energia, <i>Fluke 1735</i>	24
Figura 17. Períodos de Medição Máximos Possíveis e respetivos Intervalos Médios	24
Figura 18. Exemplo de Diagrama de Carga Resultante de Medição com o Medidor <i>Fluke 1735</i>	25
Figura 19. Diagrama de <i>Sankey</i> do Consumo de Energia Elétrica, Realizado pelo Autor com dados Retirados de Auditoria Energética 2015	26
Figura 20. Distribuição do Consumo de Energia por Setores em 2014.....	27
Figura 21. Desagregação do Consumo de Energia em 2014	27
Figura 22 (a), (b). Consumos Mensais do P.T.2 e P.T.3 em 2018	29
Figura 23. Diagrama de Carga do P.T.2 em 2018	30
Figura 24. Diagrama de Carga do P.T.3 em 2018	30
Figura 25. (a), (b). Diagrama de Carga de Semana Típica do P.T.2 e P.T.3 em 2018.....	30
Figura 26. (a), (b). Diagramas de Carga ao Longo de Cada Dia da Semana para os P.T.2 e P.T.3	31
Figura 27. Períodos Horários de Inverno.....	33
Figura 28. Períodos Horários de Verão	33
Figura 29. Disponibilidade e Consumo em cada Período Horário de 2018 no Verão.....	34
Figura 30. Disponibilidade e Consumo em cada Período Horário de 2018 no Inverno	34
Figura 31. Consumo e Nº de Máquinas em Produção ao longo de uma semana em 2018 ..	35
Figura 32. Relação entre Nº de máquinas em funcionamento e Consumo Energético	35
Figura 33. Consumo de Matéria-Prima e Consumo Energético Total	36
Figura 34. Correlação entre o Consumo de Energia e o Consumo de Matéria-Prima.....	36
Figura 35. Diagrama de Carga de Máquina de Injeção.....	38
Figura 36. Diagrama de Carga Detalhado de um Ciclo de Máquina de Injeção Plástica	38
Figura 37 (a), (b). Consumos Horários das Máquinas dos Interiores e das Placas	39
Figura 38 (a), (b). Consumos Horários das Máquinas de Injeção e dos Exteriores	39
Figura 39. Diagrama de Carga de Setup da Máquina 70	41

Figura 40. Diagrama de Carga de Setup da Máquina 119	42
Figura 41. Distribuição do Tempo despendido no Setup	42
Figura 42. Distribuição do Consumo de Energia Despendido no Setup	42
Figura 43. Diagrama de Carga da Máquina 107 com Caixa de Controladores Ligada e Desligada	43
Figura 44. Diagrama de Carga da Máquina 107 com Termorregulador Ligado e Desligado.	44
Figura 45. Diagrama de Carga da Máquina 50 com Bomba Hidráulica Ligada e Desligada .	45
FIGURA 46. DISTANCIA ENTRE FILEIRAS CONSECUTIVAS, RETIRADO DE [63].....	51
Figura 47. Posição Solar Diária, OLI – Sistemas Sanitários, Aveiro	52
Figura 48. Espaço a instalar os Módulos Fotovoltaicos [61]	52
Figura 49. Diagrama de Carga da Máquina 65 e 117	58
Figura 50. Diagrama de Carga do Arranque e <i>standby</i> de Máquina Semiautomática.....	66
Figura 51. Diagrama de Carga do Arranque e <i>Standby</i> de Máquina Automática.....	66
Figura 52. Consumo de Energia em Arranque e em <i>Standby</i>	67
Figura 53. Consumo de Energia em Arranque e em <i>Standby</i>	67
Figura 54. Diagrama de Carga Semanal de Carregamento de Baterias.....	70

Lista de Tabelas

Tabela 1. Valores do consumo de Energia durante a semana e fim-de-semana	31
Tabela 2. Consumos de Energia Médios Diários em 2018.....	32
Tabela 3. Consumos de Energia Médios Diários em 2019.....	32
Tabela 4. Custo Unitário da Energia por Período Horário	34
Tabela 5. Indicadores de Desempenho Energético de 2018	36
Tabela 6. Média dos Consumos Horários por tipo de Produto e Máquina.....	40
Tabela 7. Média dos Consumos Horário por Tipo de Máquina.....	40
Tabela 8. Tempo e Consumo médios despendidos em cada fase do <i>setup</i>	43
Tabela 9. Causas de Paragens superiores a duas horas e respetivo número de horas e percentagem.....	46
Tabela 10. Resumo de Diagnóstico, Causas e Possíveis Soluções	47
Tabela 11. Hipóteses de Potências de Instalação de Painéis Fotovoltaicos	50
Tabela 12. Irradiâncias Mensais de 2018 para a Localização dos Painéis, obtido de [62]	50
Tabela 13. Propostas de Implementação de Instalações Fotovoltaicas.....	53
Tabela 14. Previsão de Utilização de Energia Após Implementação de Painéis Fotovoltaicos	54
Tabela 15. Poupanças Relativas ao 1ºAno de Produção de Energia e Investimento Total... ..	55
Tabela 16. Indicadores Financeiros Relativos à Proposta de Implementação de Painéis Fotovoltaicos para Produção de Energia para Autoconsumo no 1ºAno.....	55
Tabela 17. Características da Iluminação Atual e Soluções	56
Tabela 18. Indicadores Financeiros Relativos à Proposta de Substituição da Iluminação	57
Tabela 19. Comparação entre Máquina Automática Hidráulica e Elétrica	57
Tabela 20. Comparação entre os Diferentes Tipos de Máquinas de Injeção, adaptado de [66]	59
Tabela 21. Indicadores Financeiros Relativos à Proposta de Substituição de uma Máquina de Injeção de 80 Tons Hidráulica por uma Elétrica	59
Tabela 22. Indicadores Financeiros Relativos à Proposta de Substituição de Motores	60
Tabela 23. Indicadores Financeiros Relativos à Proposta de Instalação de Variadores	61
Tabela 24. SMED a Setup na Máquina 118 (Elétrica).....	62
Tabela 25. Tempos médios despendidos durante o <i>setup</i> sem valor acrescentado.....	63
Tabela 26. Fases do Setup em que Ocorrem os Tempos sem Valor Acrescentado.....	64
Tabela 27. Valores de Consumo Energético e Duração de Arranque e Standby	67
Tabela 28. Possibilidade de Desligar Periféricos para cada tipo de Paragem	69
Tabela 29. Valores do Consumo e Fração de Energia Consumida em Cada Período Horário numa Semana.....	70
Tabela 30. Resultados dos Indicadores Energéticos após Implementação de Melhorias Propostas.....	72
Tabela 31. Resumo das Melhorias Propostas	73

Lista de Acrónimos

CEE – Consumo Específico de Energia

CF – *Cash Flows*

CV – Coeficiente de Variação

EVSM – *Energy Value Stream Mapping*

GEE – Gases de Efeito de Estufa

IC – Intensidade Carbónica

IE – Intensidade Energética

IEC – Comissão Eletrotécnica Internacional

IP – *Internet Protocol*

ISO – *International Standard Organization*

ONU – Organização das Nações Unidas

P.T. – Posto de Transformação

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

PLC – *Programmable Logic Controller*

PP – Propileno

PREn – Planos de Racionalização de Energia

PRI – Período de Retorno do Investimento

SGE – Sistema de Gestão de Energia

SNC – Sistema de Normalização Contabilística

TCP – *Transmission Controller Protocol*

TIR – Taxa Interna de Retorno

UE – União Europeia

VAB – Valor Acrescentado Bruto

VAL – Valor Atual Líquido

VSM – *Value Stream Mapping*

WCED – Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

1. Introdução

1.1. Enquadramento

O consumo energético mundial tem aumentado substancialmente ao longo dos anos devido essencialmente ao desenvolvimento económico, ao elevado crescimento populacional e ao aumento do nível de vida. Estes valores tendem a progredir, originando um aumento contínuo no consumo de energia primária, sendo expectável que o mesmo aumente em 28% de 2015 para 2040 [1], [2].

A Figura 1 mostra que a produção de energia é maioritariamente proveniente de combustíveis fósseis o que se traduz numa preocupação ambiental levando a que alguns países realizem acordos e protocolos de forma a aumentar a eficiência energética e a reduzir as emissões de Gases de Efeito de Estufa (GEE) [3].

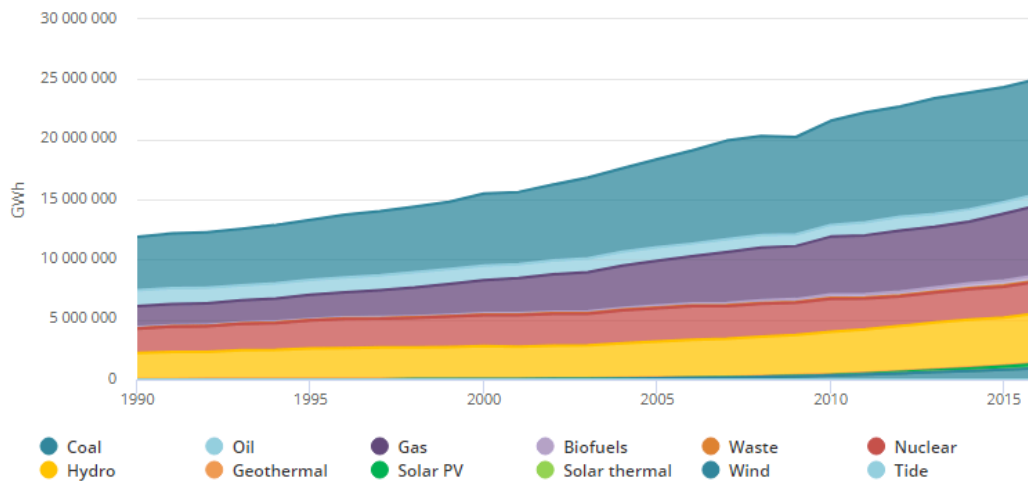


FIGURA 1. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA NO MUNDO, POR FONTE DE COMBUSTÍVEL, RETIRADO DE [3]

A Organização das Nações Unidas (ONU), em 1972 criou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED), que levou à formalização do conceito de *Desenvolvimento Sustentável*. Em 1979, surge a primeira conferência mundial climática, onde as alterações climáticas são identificadas como um problema mundial o que levou à realização de diversas conferências e à imposição de objetivos [4].

A União Europeia (UE) tem implementado medidas com o objetivo de reduzir o impacto ambiental resultante desta produção. É assim de extrema importância aumentar a eficiência energética nos diferentes setores de forma a reduzir os consumos energéticos nas diversas áreas levando ao aumento da competitividade da economia mundial e à redução dos GEE, contribuindo para uma melhoria ambiental.

Estabeleceram-se, ao longo das 2 últimas décadas, diversos protocolos e acordos com a finalidade de preservar o meio ambiente. Alguns destes exemplos são o Protocolo de Quioto e os Acordos de Copenhaga, Durban e Paris. A Comissão Europeia surge, mais recentemente, com a iniciativa 20-20-20, tendo esta três objetivos até ao ano de 2020. São eles:

- (1) Reduzir em 20% as emissões de GEE relativamente a 1990;
- (2) Conseguir que 20% do consumo na Europa tenha origem em fontes renováveis;
- (3) Aumentar a eficiência energética em 20%.

Estas metas foram criadas pelos líderes da União Europeia em 2007 e promulgados na legislação em 2009 [5].

A primeira meta estabelecida, relativa aos GEE, foi atingida antes do prazo delineado. No ano de 2015, estas emissões tinham sido reduzidas em 22%, relativamente a 1990, o que ultrapassa a meta definida de uma redução de 20% até 2020.

Quanto aos restantes objetivos para 2020, tudo indica que as metas serão atingidas com alguma margem. Ainda assim, recentemente surge uma atualização destes objetivos para 2030 e 2050 que não serão alcançados caso a trajetória percorrida até à data se mantenha. É necessário um declive mais acentuado das evoluções de forma a atingir a atualização destas metas [6].

Como se pode ver na Figura 2, tal como supramencionado verifica-se que mantendo a trajetória percorrida até recentemente, as metas para 2030 e 2050 não serão alcançadas. Desta forma é importante tomar medidas que reduzam mais acentuadamente os GEE, aumentem ainda mais o consumo energético com origem em fontes renováveis e aumentem a eficiência energética [7].

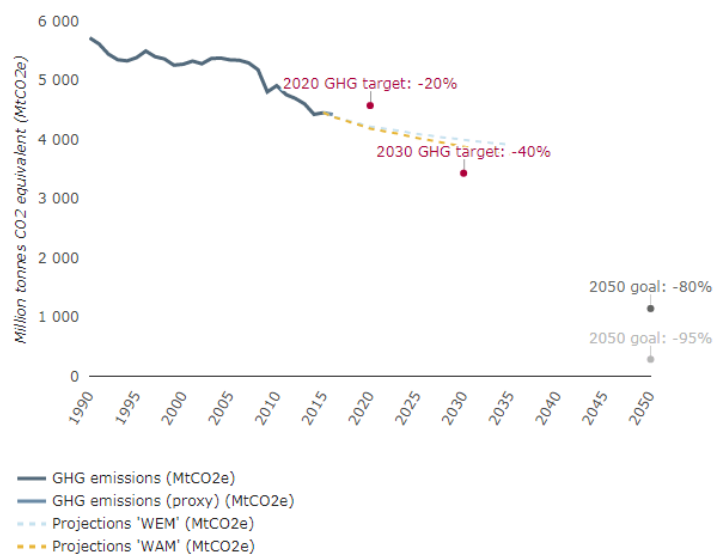


FIGURA 2. EVOLUÇÃO DAS METAS 20-20-20, RETIRADO DE [7]

A indústria, na UE, tem um grande peso no consumo total de energia. Este setor, é responsável por aproximadamente 26% do total da energia final consumida [8].

Em Portugal, em 2016, este setor foi responsável por 4330 mil toneladas equivalentes de petróleo num total de 16057 mil toneladas equivalentes de petróleo, o que representa um peso de aproximadamente 27%. Embora estes valores tenham vindo a decrescer desde 2010, é necessário acentuar esta redução e aumentar a eficiência energética neste setor [9].

A eficiência energética é considerada a medida mais eficaz na abordagem dos diversos problemas relacionados com energia. Desta forma, é de extrema importância encontrar medidas que impulsionem a eficiência energética na indústria contribuindo para um futuro energeticamente mais sustentável [10].

O aumento considerável do preço da energia e a necessidade das empresas serem competitivas a este nível, leva a que o aumento da eficiência energética e conseqüentemente a gestão desta, seja uma das maiores preocupações atuais da indústria.

Segundo Henriques e Catarino [11], os obstáculos à eficiência energética nas empresas devem-se à limitação de recursos humanos e financeiros. Aumentando a eficiência energética, a competitividade e rentabilidade irão crescer, a qualidade do produto final poderá aumentar, os riscos e responsabilidades diminuir e assim contribuindo para o aumento da segurança energética. Todos estes fatores corroboram também para atingir os referidos objetivos políticos.

As empresas das diversas indústrias devem apostar na redução do consumo de energia, no aumento da sua eficiência energética e também na produção autónoma de energia através de fontes alternativas. Desta forma, para além de se tornarem mais eficientes a nível energético, tornam-se também economicamente mais competitivas.

1.2. Objetivos

O objetivo desta dissertação é identificar ineficiências energéticas e avaliar o impacto de potenciais melhorias de eficiência energética na empresa OLI – Sistemas Sanitários.

Para facilitar a análise e compreensão do impacto de potenciais melhorias e reduções de desperdícios energéticos, pretende-se caracterizar as unidades principais de consumo e identificar possíveis reduções energéticas, avaliando posteriormente o impacto técnico-financeiro das mesmas.

Para atingir os objetivos da presente dissertação foram executadas as seguintes tarefas:

- (1) Identificação, caracterização e monitorização das unidades de consumo de energia;
- (2) Identificação do potencial de racionalização energética;
- (3) Proposta de ações de melhoria e respetiva avaliação técnico-económica;
- (4) Listagem de boas práticas de operação;
- (5) Avaliação da conveniência de produção de energia fotovoltaica para autoconsumo.

Para determinar o impacto técnico e económico das propostas, pretende-se analisar os índices energéticos e financeiros visto que, estes são um fator decisivo na implementação, por parte das organizações de novas medidas.

A fim de facilitar e contribuir para a gestão energética na empresa, elaborou-se uma ferramenta para análise de consumos e custos energéticos, permitindo acompanhar a evolução de alguns valores e realizar análises comparativas.

1.3. Estrutura da Dissertação

Este primeiro capítulo apresenta uma breve introdução onde se contextualiza o tema e se refere o paradigma energético atual em Portugal, na UE e no mundo. Apresenta também o caso de estudo em causa e os seus objetivos.

O capítulo 2 refere-se à revisão bibliográfica onde são abordados os principais procedimentos atualmente usados nas auditorias energéticas, assim como, o funcionamento e importância da gestão de energia na indústria, as principais medidas de eficiência energética tomadas atualmente pelas empresas da área de atividade do presente caso de estudo e ainda a quantificação do desempenho energético das empresas e das potenciais soluções.

O capítulo 3 descreve a empresa e os seus processos de fabrico, posteriormente, realiza-se um diagnóstico e caracterização energética da unidade industrial em causa. A caracterização energética assenta nos registos disponibilizados pela empresa e numa recolha intensiva de dados. Neste capítulo, com base no diagnóstico, são apresentadas as potenciais melhorias, assim como as causas para os diversos problemas detetados.

No capítulo 4, são apresentadas soluções para as diferentes melhorias identificadas no capítulo anterior e são ainda quantificadas e discutidas, cada uma das medidas propostas, assim como a sua viabilidade.

Por fim, no capítulo 5 relatam-se as conclusões obtidas nesta dissertação e são ainda sugeridos trabalhos futuros para que seja promovida a melhoria contínua e a adoção de mais medidas de otimização de eficiência energética na empresa.

Na Figura 3 pode observar-se o esquema da abordagem utilizada na dissertação.

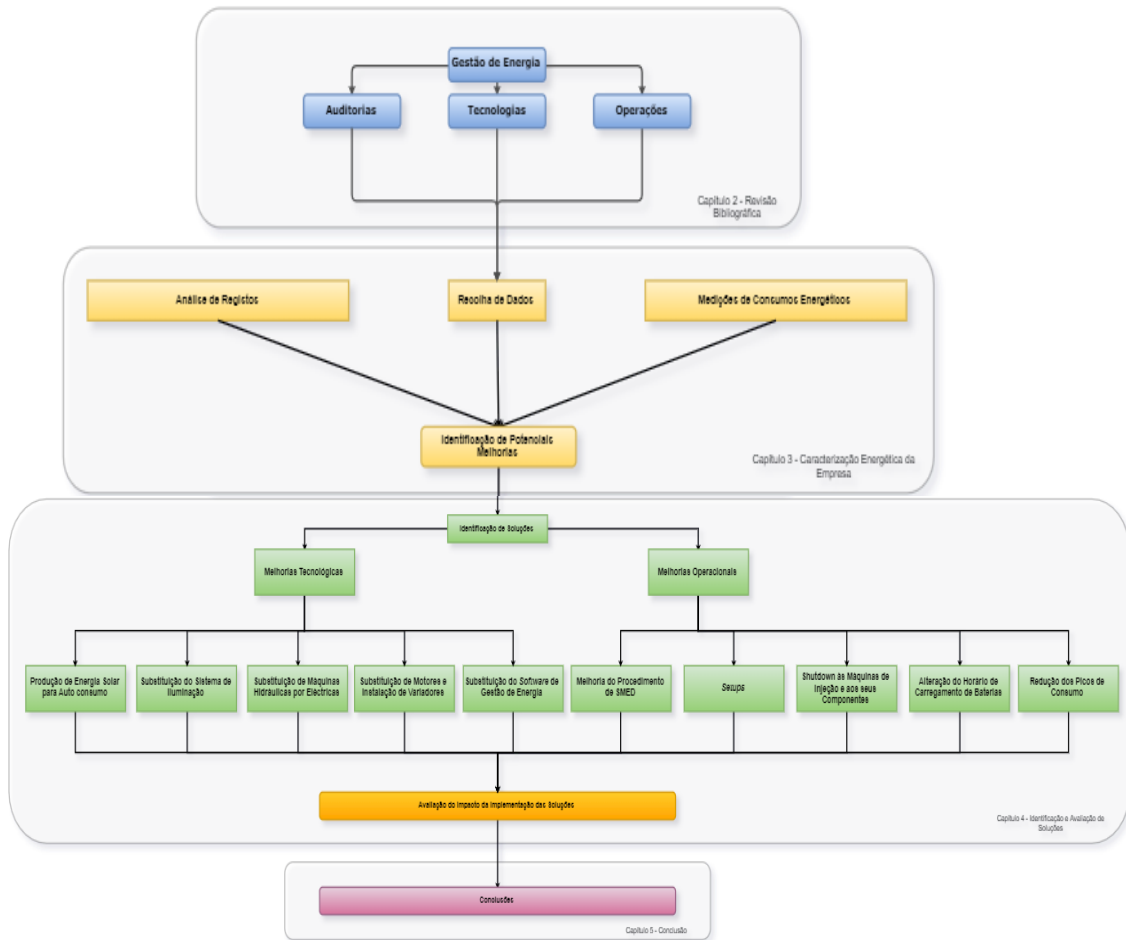


FIGURA 3. ESQUEMA DA ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1.4. Caso de Estudo: OLI – Sistemas Sanitários

A OLI surge no ano de 1954, em Aveiro, como uma pequena empresa familiar, passando por diversas áreas de negócio. Em 1981, foca-se no setor de sistemas sanitários, criando, assim, a sua primeira unidade industrial dedicada aos autoclismos e tornando-a, hoje em dia, na maior produtora de autoclismos do sul da Europa. Atualmente é em Aveiro que a OLI controla todo o processo, desde a ideia à industrialização, produção e comercialização. É a maior produtora de mecanismos de descarga da Europa, e conta atualmente com cerca de 400 colaboradores distribuídos em vários países. Para além das unidades industriais em Itália e na Rússia, é em Aveiro que a OLI tem a sua principal unidade produtiva, sendo que, em 2018 foram produzidos nesta unidade industrial, 2 milhões de autoclismos e 2,8 milhões de mecanismos [12].

O seu complexo industrial em Aveiro, é composto por 2 edifícios, o primeiro chamado Octogonal que conta apenas com escritórios e um armazém, e o edifício 2 onde se encontra toda a instalação fabril. Este contém a zona de armazenamento da matéria-prima, bem como todos os equipamentos necessários à produção, englobando também a zona de armazenamento, expedição e alguns escritórios.

A OLI – Sistemas Sanitários dedica-se à produção de componentes plásticos para autoclismos e montagem dos mesmos. Os componentes produzidos na OLI são fabricados através de injeção plástica e de extrusão. Outros componentes, chegam à OLI e são apenas utilizados para montagem. Estes são enviados diretamente para o armazém de peças semiacabadas. Relativamente à produção de componentes, a matéria-prima utilizada chega à unidade industrial em forma de granulado, e é armazenada adequadamente em locais apropriados. Este granulado é enviado para os silos de matéria-prima que, posteriormente, através de bombas de vácuo, envia a mesma para as estufas, onde o granulado se mantém até atingir as condições pretendidas para posterior injeção. Parte da matéria-prima é enviada para a extrusão, onde são produzidos tubos de plástico que, depois, são enviados para o armazém de peças semiacabadas.

Da secagem do material, à medida que há necessidade, o material é enviado através de bombas de vácuo, tal como acima referido, para as máquinas de injeção pretendidas. Aí, é realizada a injeção plástica, donde resultam as peças semiacabadas que são, de seguida, enviadas para o armazém apropriado.

Algumas peças resultantes da injeção e da extrusão, após controlo de qualidade, podem não ser aprovadas por não cumprirem os devidos requisitos. A estas é dado o nome de não conformes e são enviados para a moagem de plástico onde são reciclados e transformados novamente em granulado. Este, que é proveniente de não conformes, é novamente introduzido nas estufas, e reintegrado no processo produtivo.

As peças aprovadas seguem para o armazém de peças semiacabadas e, posteriormente, são enviadas para a montagem. Após esta fase do processo, caso os conjuntos sejam aprovados, vão diretamente para a expedição. Caso contrário, são enviados para a moagem de forma a serem reciclados.

Na Figura 4 é apresentado o diagrama simplificado do processo produtivo.

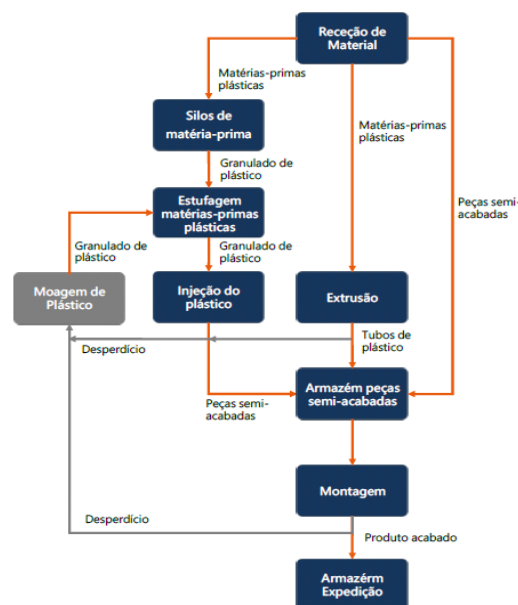


FIGURA 4. ESQUEMA DO PROCESSO DE FABRICO DA OLI - SISTEMAS SANITÁRIOS

O edifício 2, no qual é realizado este estudo, pode ser dividido em três secções produtivas, a nave das máquinas de injeção automáticas, semiautomáticas e do *twins*.

As três secções supramencionadas, atualmente, são constituídas por 90 máquinas de injeção plástica, sendo que, 72 são automáticas e 18 semiautomáticas. As máquinas automáticas, funcionam durante 24 horas por dia, 7 dias por semana, enquanto as máquinas semiautomáticas, apenas funcionam durante os 5 dias úteis da semana, 24 horas por dia. As primeiras, funcionam sem necessidade de operador após a máquina, enquanto que, as semiautomáticas necessitam de operadores após as mesmas e, geralmente são precedidas por uma célula de montagem. A fábrica, em Aveiro, conta assim com 90 linhas de produção e cerca de 1260 moldes.

Além das máquinas de injeção, este edifício inclui também 2 máquinas de extrusão, 30 estufas para secagem do material, 7 silos de matéria-prima, 8 refrigeradores, tanto para a água de refrigeração dos moldes como para a água de refrigeração do óleo, 6 pontes rolantes, 19 carregadores de baterias para os equipamentos de transporte da logística, 3 para os equipamentos da expedição, e ainda 9 moinhos para a reciclagem do material. É composto também por gabinetes que funcionam durante os 5 dias úteis da semana, das 8 às 18 horas.

O edifício onde é realizado o estudo é alimentado por 2 postos de transformação (P.T.2 e P.T.3), que alimentam os diversos quadros elétricos, que posteriormente fornecem energia aos respetivos equipamentos. No Anexo A – Dados de Postos de Transformação, Quadros Elétricos e Equipamentos, pode ser consultada a lista de quadros elétricos da fábrica, assim como os respetivos equipamentos associados. A distribuidora de energia alimenta a fábrica em média tensão na ordem de 15 kV. No edifício 2, os 2 postos de transformação existentes (P.T.2 e P.T.3) reduzem a tensão para 1000 kVA e 1630 VA respetivamente. A partir dos postos de transformação, a energia elétrica passa para os diferentes quadros elétricos de baixa tensão. A contabilização da energia é realizada apenas na entrada de média tensão dos diferentes postos de transformação.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Desempenho Energético na indústria

A avaliação do desempenho energético numa unidade industrial está diretamente ligada à eficiência energética da mesma permitindo quantificar o impacto de possíveis políticas, programas ou mecanismos de melhoria. Além disso, permite identificar as áreas da instalação com maior necessidade de intervenção e, ainda pode servir como motivação para a adoção de novas medidas [13].

Com o objetivo de melhorar a eficiência energética de uma instalação, após uma auditoria, apresentam-se Planos de Racionalização de Energia (PREn) que consistem num manual de medidas ou recomendações que permitam melhorar continuamente a eficiência energética do local [14].

Para a obtenção de planos de racionalização e poupanças energéticas, é crucial fazer uma avaliação energética à unidade industrial em questão. Cada unidade industrial possui características únicas sendo importante fazer uma análise específica à unidade em causa. Para isso, de acordo com Kent & Cheater [15], é necessário responder a quatro questões referentes à utilização de energia e, posteriormente, é importante analisar os dados obtidos. As primeiras reflexões a fazer na análise energética a uma unidade industrial são as seguintes:

- (1) Porque está a ser utilizada a energia;
- (2) Onde está a ser utilizada;
- (3) Quando está a ser utilizada;
- (4) Quanta está a ser despendida.

A caracterização macro do consumo energético na unidade industrial é assim obtida e, desta forma, podemos identificar as áreas ou equipamentos que apresentam maior potencial para obter reduções energéticas.

Vários autores sugerem a realização de auditorias energéticas para responder às perguntas supramencionadas [16].

Abdelaziz et al. [17] referem que a gestão energética, o investimento em novas tecnologias, e a implementação de políticas e regulamentações energéticas são as três abordagens possíveis para melhorar a eficiência energética na indústria e obter poupanças energéticas.

2.1.1. Auditoria Energética

As auditorias são a chave para a avaliação do desempenho energético de uma unidade industrial. Esta dissertação toma, de certo modo, a forma de uma auditoria.

Este conceito é definido por vários autores de diversas formas similares.

Os passos detalhados a seguir ao longo da auditoria energética, passam geralmente pelos seguintes procedimentos:

- (1) Preparação e planeamento;

- (2) Recolha e revisão de dados;
- (3) Pesquisa de plantas e medições do sistema;
- (4) Observação e revisão de práticas operacionais;
- (5) Documentação e análise de dados;
- (6) Relato dos dados e recomendações;
- (7) Preparação de ações e planos de implementação e colocação em prática dos mesmos.

A Figura 5 apresenta o esquema de uma auditoria energética típica [18].

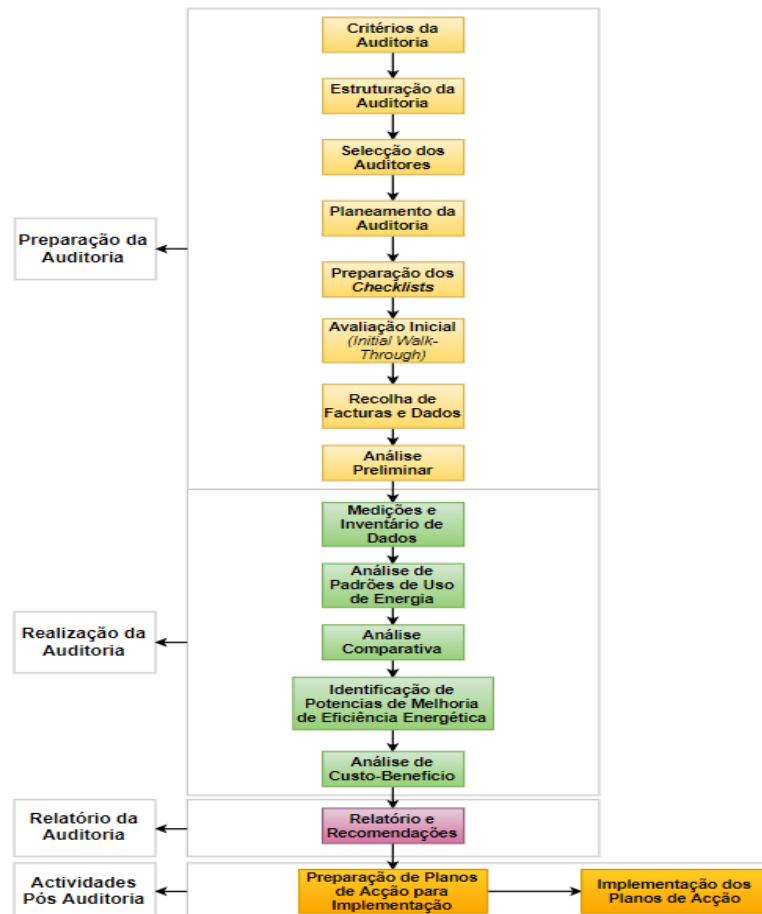


FIGURA 5. ESTRUTURA DE AUDITORIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL, ADAPTADO DE [18]

Dzobo et al. [19] divide as auditorias em três fases, antes, durante, e após a mesma. As três fases são perceptíveis na Figura 5.

As auditorias energéticas visam caracterizar o consumo energético, possibilitando a identificação de potenciais medidas de poupança energética para posterior elaboração de planos de racionalização que originem reduções na fatura energética. Os planos de racionalização de energia podem ser melhorias de equipamentos ou de procedimentos operacionais que levem à racionalização de energia [20].

Geralmente, as auditorias estão divididas em 3 tipos consoante o seu nível de detalhe. Mais recentemente, alguns autores apresentam divisões mais detalhadas, ou acrescentam níveis aos três já existentes [21]–[23]. Os principais tipos de distinção de auditoria referidos pelos autores são os seguintes:

- **Nível 1:** *Walk-through assessment*. É o nível mais básico das auditorias e muitas vezes serve para averiguar a necessidade de uma auditoria mais aprofundada. Consiste na recolha de informação relativa às faturas energéticas de pelo menos 3 anos anteriores e verificação de potenciais melhorias ou áreas a estudar com mais detalhe;
- **Nível 2:** *Energy Survey and Analysis*: Implica um estudo mais aprofundado através da medição e análise do consumo energético de algumas áreas com recurso a medidores de energia. Deve ser apresentado um relatório com as medidas de racionalização de energia e respetivas poupanças energéticas.
- **Nível 3:** *Capital Intensive modifications and computer simulation*: É o nível de auditoria mais avançado e que permite desagregar mais detalhadamente o consumo energético da instalação e conhecer melhor os custos e poupanças energéticas. Estas auditorias geralmente são acompanhadas por um simulador que permite comparar os consumos detalhados com o seu histórico. Esta é uma análise mais exaustiva e detalhada, no entanto permite um conhecimento energético da instalação mais aprofundado.

Embora, tal como referido anteriormente, os autores façam diferentes divisões entre os níveis de complexidade, as principais tarefas, procedimentos, e o seu objetivo são comuns.

2.1.2. Gestão de Energia

À utilização sensata e eficiente da energia com a finalidade de minimizar custos e aumentar a competitividade da empresa chama-se gestão de energia. Esta gestão tem como principais objetivos [24]:

- (1) Poupar energia;
- (2) Minimizar os custos energéticos;
- (3) Minimizar desperdícios de energia;
- (4) Minimizar os efeitos ambientais.

Segundo Papadopoulos [25], para alcançarmos os objetivos acima referidos, é importante definir os seguintes princípios e operações:

- (1) Adotar e implementar políticas de racionalização de energia;
- (2) Adquirir toda a energia possível ao menor preço;
- (3) Gerir o uso da energia da forma mais eficiente possível;
- (4) Reutilizar e reciclar a energia em cascata;
- (5) Utilizar as tecnologias mais adequadas;
- (6) Reduzir as perdas evitáveis;
- (7) Forte preocupação ambiental por parte das empresas.

De acordo com Hasan et al. [26], no ramo industrial, a gestão energética é a abordagem mais viável e eficiente economicamente para melhorar a eficiência energética.

Com o objetivo de melhorar a gestão energética, reduzir custos, consumos e ainda suportar uma estratégia a longo prazo, surgem os Sistemas de Gestão de Energia (SGE) que providenciam uma estrutura que permite desenvolver uma política energética, estabelecer objetivos e metas, medir resultados, utilizar gráficos para suportar decisões, e ainda incentivar à melhoria contínua [27].

Surgem então, diversos sistemas de gestão energética, sendo que, em junho de 2011, a *International Standard Organization* (ISO) chega com uma norma global - Norma ISO 50001.

Esta Norma apresenta uma forma de implementar um sistema de gestão de energia que incentiva e proporciona a melhoria contínua do desempenho energético das organizações. Este sistema especifica uma metodologia de gestão de energia que as organizações podem adotar para melhorarem a sua competitividade a nível energético.

Vários autores estudaram o impacto da implementação deste sistema e verificaram que se obtêm bons resultados na melhoria dos indicadores de desempenho energético e na competitividade das empresas. Referem ainda que este tipo de resultados motiva as mesmas a implementarem este sistema, dado que é possível obter bastantes poupanças energéticas e económicas [22], [28]. Ainda assim, para a efetivação deste sistema é importante o investimento no desenvolvimento e na implementação de políticas energéticas, definição de metas, objetivos e planos de ação.

Tal como referido, esta norma baseia-se numa estrutura de melhoria contínua, *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), cuja estrutura é apresentada na Figura 6, e incentiva à gestão energética diária [29].

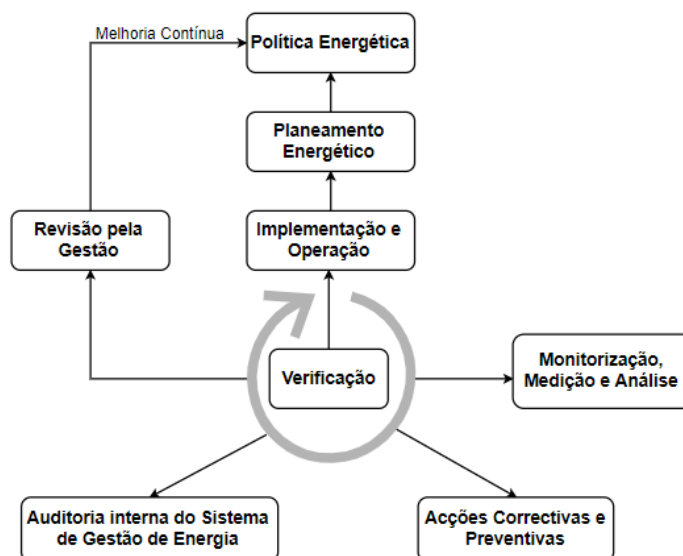


FIGURA 6. CICLO "PLAN-DO-CHECK-ACT", ADAPTADO DE [29]

O PDCA, é um procedimento que, em termos energéticos, pode ser definido da seguinte forma [30]:

- *Plan* – Realização de revisão energética de forma a estabelecer uma linha base de consumo, indicadores de desempenho energético, objetivos, metas e planos de ação.
- *Do* – Implementar os planos de ação de gestão de energia.

- *Check* – Medir e monitorizar os processos de produção de forma a detetar irregularidades em termos energéticos.
- *Act* – Tomar ações de melhoria contínua para aumentar o desempenho energético e o sistema de gestão de energia.

A Figura 7 mostra como se inserem as auditorias energéticas no sistema de gestão de energia ISO 50001.

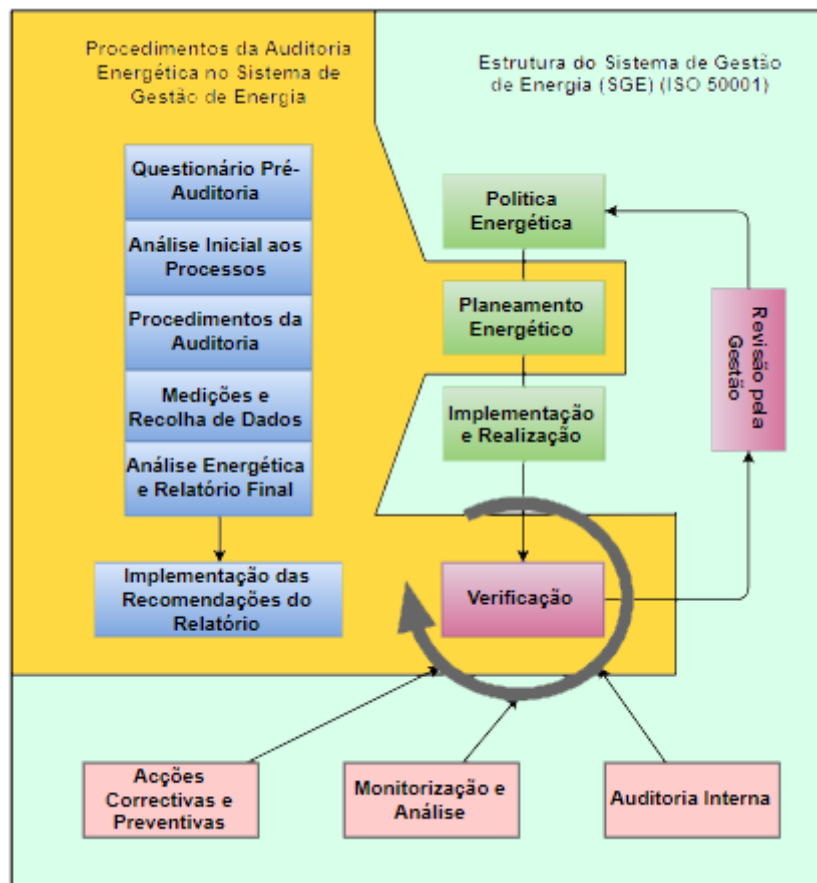


FIGURA 7. ESTRUTURA DE AUDITORIA ENERGÉTICA INSERIDA NO SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA ISO 50001, ADAPTADO DE [31]

Böttcher & Müller [32], afirmam que, as empresas com este sistema de gestão energética, são capazes de reduzir as emissões de GEE e obter poupanças energéticas significativas.

2.1.3. Indicadores de Desempenho Energético

A principal característica de um bom sistema de gestão de energia, de um ponto de vista de monitorização, são os indicadores de desempenho energético necessários à melhoria contínua de uma instalação. Estes são definidos como pontos de referência a partir dos quais se podem realizar comparações. Os seus principais objetivos são: melhorar a compreensão do consumo energético das instalações, aumentar a eficiência energética das mesmas e diminuir a sua intensidade carbónica [33].

De acordo com Bunse et al. [34] os três indicadores mais relevantes são os seguintes:

- Intensidade energética (IE):

$$IE = \frac{\text{Consumo Total de Energia}}{\text{Valor Acrescentado Bruto}} \quad (2.1)$$

- Consumo Específico de Energia (CEE):

$$CEE = \frac{\text{Consumo Total de Energia}}{\text{Volume de Produção}} \quad (2.2)$$

- Intensidade Carbónica (IC):

$$IC = \frac{\text{Quantidade de Emissões de GEE}}{\text{Consumo Total de Energia}} \quad (2.3)$$

Para a avaliação da intensidade energética da unidade industrial, é necessário calcular o Valor Acrescentado Bruto (VAB) das atividades empresariais diretamente ligadas a essas instalações.

O VAB pode ser calculado de diversas formas, sendo a equação 2.4 sugerida pelo Sistema de Normalização Contabilística (SNC).

$$\begin{aligned} VAB &= \text{Vendas (SNC 71)} + \text{Prestações de Serviços (SNC 72)} \\ &+ \text{Proveitos Suplementares (SNC 781)} \\ &+ \text{Trabalhos para a própria empresa (SNC 74)} \\ &- \text{Custos das mercadorias vendidas e das matérias consumidas (SNC 61)} \\ &- \text{Fornecimentos e Serviços Externos (SNC 62)} \\ &- \text{Outros custos e perdas adicionais (SNC 688)} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Os indicadores permitem ainda verificar se as medidas de melhoria têm, ou não impacto positivo nos aspetos a melhorar.

Além dos indicadores mencionados, alguns autores sugerem outros indicadores relevantes para avaliar o consumo energético, contribuindo para uma boa gestão de energia [35].

2.2. Medidas de Otimização Energética na Indústria

O aumento da eficiência energética numa unidade industrial, para além de reduzir os impactos negativos no meio ambiente, também aumenta significativamente a competitividade da mesma.

Algumas medidas de otimização energética podem trazer inúmeras vantagens para a indústria. Com a implementação destas, além dos possíveis impactos diretos referidos acima, podemos também obter

outros benefícios como, prever e melhorar as intervenções de manutenção, aumentar o conforto dos colaboradores e melhorar a produtividade industrial [36].

Os custos energéticos em unidades industriais de plástico, aproximam-se cada vez mais dos custos laborais. Isto significa que tomar medidas de otimização de energia pode gerar grandes benefícios para a unidade industrial. Geralmente, é possível obter reduções energéticas superiores a 30% e, por consequência, levar a um elevado impacto positivo na competitividade da empresa [37].

A introdução de novas tecnologias e equipamentos nos processos é uma das formas mais utilizadas para melhorar a eficiência energética. Ainda assim, tal como referido, existem outras medidas que podem ter bastante impacto evitando grandes investimentos. A implementação e investimento, não só nas ferramentas *lean*, mas também no *lean-green*, podem resultar em grandes economias energéticas [38].

2.2.1. Gestão da Produção

A gestão da produção e o planeamento são de extrema importância para as diferentes indústrias. Uma boa gestão da produção permite eliminar desperdícios e otimizar processos utilizando o mapeamento dos processos envolvidos.

O mapeamento de processo é uma ferramenta que possibilita a identificação das atividades envolvidas no processo industrial, descrevendo-as, para que seja possível caracterizá-las e, posteriormente, eliminar desperdícios [39].

Segundo Abdulmalek e Rajgopal [40], o *Value Stream Mapping* (VSM) é a melhor ferramenta para a identificação de todo o tipo de desperdícios e para uma melhoria contínua.

O VSM pode também ser aplicado ao consumo energético de forma a identificar desperdícios energéticos. Segundo Verma e Sharma [41], este mapeamento foi primeiramente referido por Chatterjee em 2014 como uma ferramenta para analisar o consumo de energia em qualquer processo de produção.

De acordo com Campos et al. [42] esta ferramenta contribui para a gestão de energia de uma unidade industrial permitindo otimizar os processos e contribuindo desta forma para:

- (i) Identificar e prever o ponto ótimo de operação da manufatura;
- (ii) Reduzir o consumo energético através de melhorias técnicas;
- (iii) Minimizar o consumo de energia reduzindo os tempos de *standby*;
- (iv) Reduzir os picos de potência, uniformizando o consumo de energia;
- (v) Identificar os principais consumidores, estabelecendo um processo de eficiência energética.

O *Energy Value Stream Mapping* (EVSM) é assim uma adaptação do VSM, introduzindo uma componente energética no *standard* VSM com o objetivo de identificar desperdícios de energia em cada

processo e assim melhorar a conservação de energia nos mesmos tornando a instalação mais sustentável [41].

Garza-Reyes et al. [43], sugerem uma abordagem que aplica o PDCA ao EVSM, proporcionando uma melhoria contínua no aumento da eficiência energética das operações.

2.2.2. Consumo de Energia das Máquinas de Injeção Plástica

As primeiras máquinas de injeção plástica surgem no final dos anos 1800. Estas eram usadas essencialmente para produzir pentes, botões e outros artigos de plástico com geometrias simples [44].

A máquina de injeção de parafuso surge no ano de 1946 permitindo obter uma maior qualidade das peças finais e um maior controlo da máquina.

Com o avanço da tecnologia, as máquinas de injeção têm vindo a sofrer alterações. Estas têm evoluído bastante, tornando-se, assim, mais rápidas e eficientes.

O esquema de uma máquina de injeção hidráulica e os seus principais componentes estão representados na Figura 8.

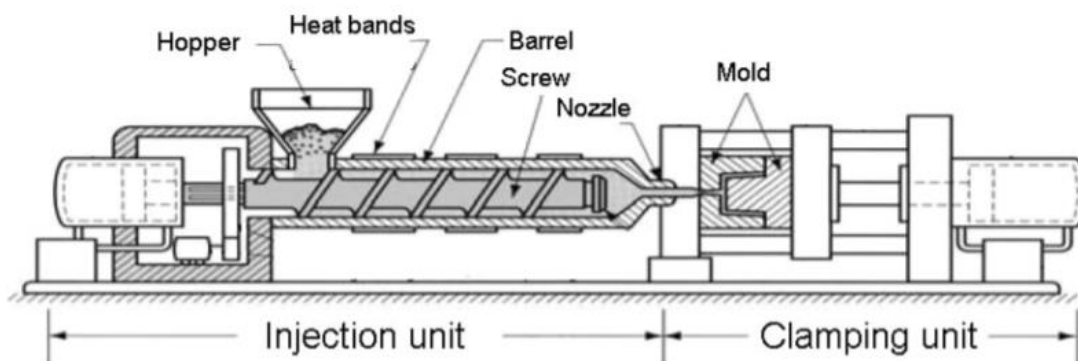


FIGURA 8. ESQUEMA DE MÁQUINA DE INJEÇÃO HIDRÁULICA, RETIRADA DE [45]

Em 1980 aparecem as primeiras máquinas de injeção totalmente elétricas que apresentam uma redução de consumo de 50% e podem atingir reduções de 75% relativamente às hidráulicas. É de salientar que estas são geralmente mais rápidas (menor tempo de ciclo) e mais limpas. Além destas, existem também as máquinas de injeção híbridas que apresentam a unidade de injeção elétrica ou hidráulica, e a unidade de aperto contrária à de injeção [46].

As máquinas hidráulicas funcionam devido a uma ou mais bombas ligadas à unidade central da máquina. Esta é uma das razões pela qual as máquinas hidráulicas consomem bastante mais energia que as elétricas. Quando a máquina não está em carga, existe bastante potência desperdiçada nas bombas. Para além desta razão, a arquitetura do sistema é um dos outros fatores que prejudica as máquinas hidráulicas em termos energéticos.

A Figura 9 mostra o consumo energético de um ciclo de injeção numa máquina híbrida e totalmente elétrica.

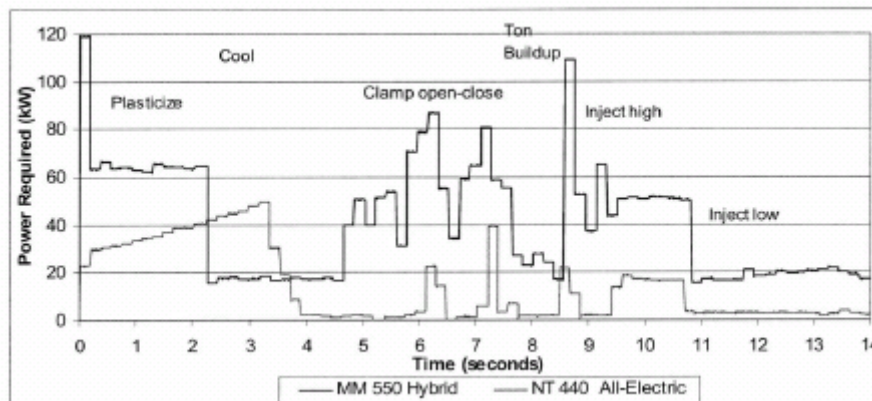


FIGURA 9. COMPARAÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO DE MÁQUINA DE INJEÇÃO HIDRÁULICA E TOTALMENTE ELÉTRICA, RETIRADO DE [46]

Já as máquinas totalmente elétricas utilizam servomotores de elevada velocidade. Um é utilizado para rodar o sem-fim, outro é responsável pelo movimento transversal do sem-fim e o terceiro para abrir e fechar o molde. Nestes casos, os motores apenas funcionam quando é necessário, resultando em poupanças significativas.

Embora as máquinas de injeção elétricas tenham elevadas eficiências, estas não devem ser utilizadas em aplicações de elevada velocidade ou elevada força de fecho de molde. Nestes casos, Kanungo e Swan [47] referem que peças grandes necessitam de elevados períodos de arrefecimento o que pode provocar sobreaquecimento dos servos motores das máquinas elétricas.

O processo de moldagem por injeção plástica consiste na plasticização da matéria-prima (granulado) e posterior injeção do plástico em estado líquido no interior de um molde, onde, seguidamente, é arrefecido e endurecido para finalmente extrair a peça.

Este processo, segundo Müller et al. [48], pode ser dividido em 5 etapas:

- (1) Fecho do Molde;
- (2) Injeção;
- (3) Pressurização,
- (4) Arrefecimento,
- (5) Abertura e Extração.

Este ciclo repete-se, sendo que cada ciclo deverá corresponder a uma peça produzida e geralmente tem uma duração entre 2 segundos e 2 minutos.

O consumo energético, assim como o processo de injeção, dependem não só das máquinas de injeção, mas também dos seus periféricos.

Kent [49], através da Figura 10 mostra como se reparte o consumo de energia num ciclo de injeção plástica.

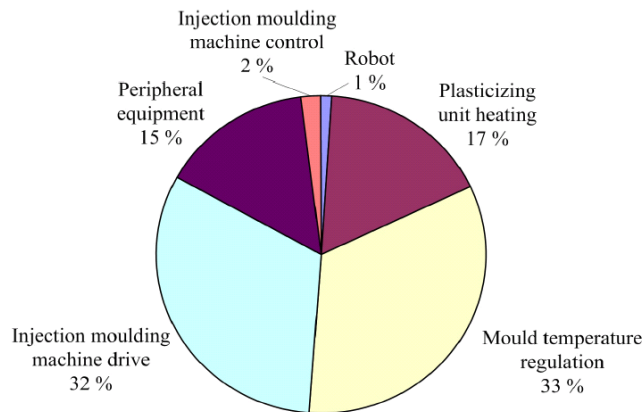


FIGURA 10. DISTRIBUIÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO NUM MÁQUINA DE INJEÇÃO PLÁSTICA, RETIRADO DE [49]

Constata-se que, os principais responsáveis pelo consumo energético envolvido no processo são os reguladores de temperatura do molde e o sistema de movimentação da máquina. Ainda assim, os restantes periféricos consomem cerca de 35% do consumo total da máquina.

2.2.3. Motores e Variadores

As máquinas de injeção, geralmente têm acopladas a si, bombas hidráulicas que têm como finalidade, abrir, fechar e fixar o molde.

Visto que a força necessária varia bastante ao longo do ciclo e consoante o mesmo, os motores estão geralmente sobredimensionados. Assim sendo, só funcionam uma pequena parte do tempo a 100% da carga máxima. Acoplar variadores de velocidade aos motores permite ajustar a velocidade do motor, sendo possível obter poupanças energéticas entre 20 a 50% [50].

Um estudo, apresenta que numa máquina com uma tonelagem de 440 ton, potência máxima de 55 kW, pressão de 65 bar, e pressão de injeção 110 bar, a injetar Polipropileno (PP) para moldar uma peça de 457 g com um tempo de ciclo de 31,5 segundos, mostra a comparação de consumo com e sem variador eletrónico de velocidade instalado [36]. A Figura 11 apresenta essa comparação.

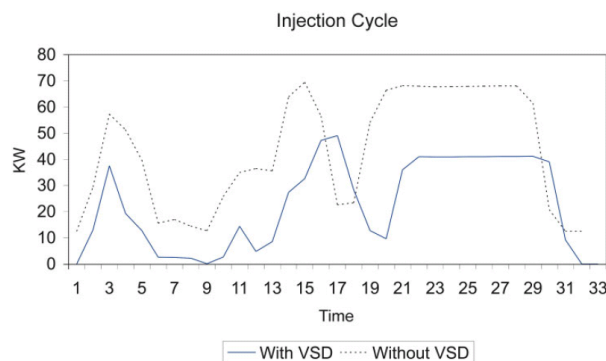


FIGURA 11. COMPARAÇÃO DE CICLO DE INJEÇÃO, COM E SEM VEV, RETIRADO DE [36]

O estudo revela que, durante 8 horas de funcionamento, para o caso acima descrito, obteve-se uma redução de consumo de 49,21%, o que, anualmente, considerando que o motor funciona 4000 horas por ano resulta numa poupança de 6.373€.

Com a evolução tecnológica, surgem motores com eficiências cada vez mais elevadas possibilitando poupanças energéticas significativas. A Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), tem contribuído para o desenvolvimento de motores cada vez mais eficientes, e, além disso, em 2008, surge com a norma IEC 60034-30, que classifica os motores elétricos consoante a sua eficiência energética [51].

As classificações segundo a norma mencionada são as seguintes:

- IE1 – *Standard Efficiency*;
- IE2 – *High Efficiency*;
- IE3 – *Premium Efficiency*;
- IE4 – *Super Premium Efficiency*.

Atualmente os motores mais eficientes existentes no mercado são os IE3, no entanto, prevê-se uma geração futura de motores, IE4, nos quais se pensa obter uma redução de perdas na ordem dos 15% relativamente aos IE3 [52].

A Figura 12 apresenta a eficiência mínima para as diversas classes de motores consoante a sua potência.

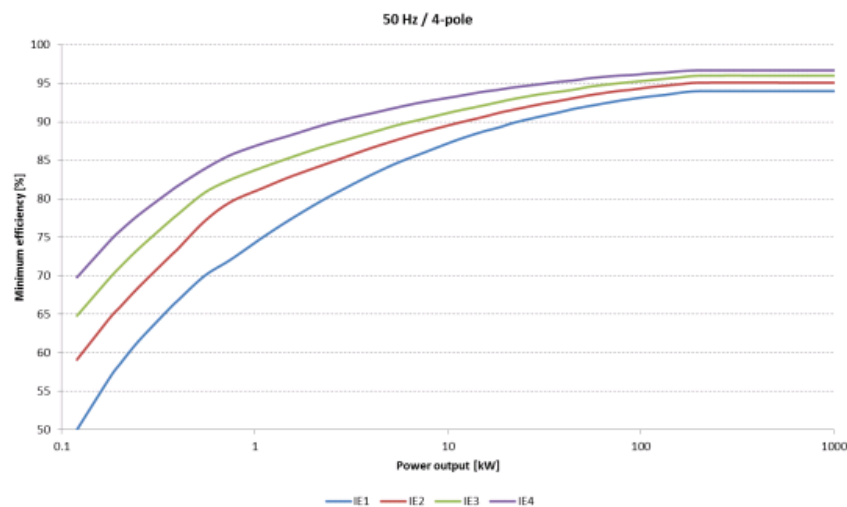


FIGURA 12. CLASSES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS MOTORES ELÉTRICOS, RETIRADO DE [53]

2.2.4. Sistema Fotovoltaico

Os sistemas fotovoltaicos são, cada vez mais, considerados uma medida de poupança energética significativa, tanto no setor industrial como residencial. Em Portugal, como se pode ver na Figura 13, a produção de energia resultante de painéis fotovoltaicos tem aumentado significativamente.

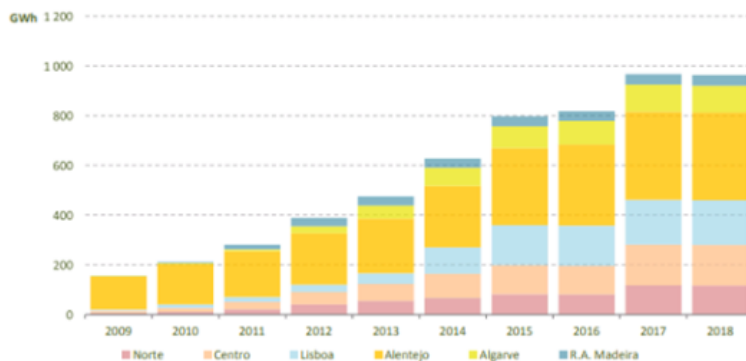


FIGURA 13. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PORTUGAL, RETIRADO DE [54]

Observando a produção de energia fotovoltaica na região centro do País, esta também tem aumentado sendo que no ano de 2018, foi a 3ª região do País onde se produziu mais energia [54].

Segundo, Cucchiella et al. [55], a utilização de painéis fotovoltaicos será cada vez mais rentável, dado que a tendência do mercado energético é aumentar os preços da energia. Além disso, esta tecnologia proporciona a redução dos GEE, o que permite que os países se aproximem das metas estabelecidas.

A produção de energia elétrica recorrendo a esta tecnologia, em Portugal, está sujeita a um conjunto de requisitos legais de forma a uniformizar e estabelecer registos, taxas, remunerações e condições de segurança. É assim regulamentado de acordo com o Decreto-lei nº153/2014, 20 de outubro e com a Portaria nº14/2015 e nº15/2015, ambas de 23 de janeiro.

Até estas datas, era mais rentável vender do que reduzir a energia comprada, o decreto lei supramencionado veio terminar com esta lógica.

Estas leis estabelecem que os sistemas com potências superiores a 1500 W, necessitam de efetuar registo e pagar a respetiva taxa. Além disso, a potência instalada não pode ser superior a duas vezes a potência de ligação (Decreto-Lei n.153/2014 do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, 2014).

O custo dos painéis fotovoltaicos tem diminuído significativamente, e, de 2007 a 2015 houve um decréscimo de 80% no seu valor, o que, torna este tipo de investimentos mais viável economicamente [58].

2.3. Poupanças Energéticas e Indicadores Financeiros

Uma auditoria energética pressupõe a apresentação de valores para facilitar tomadas de decisões. Estes valores são, geralmente, indicadores de poupanças energéticas associadas a cada medida ou plano de racionalização proposto.

Kluczek e Olszewski [59], propõem que devemos avaliar as poupanças energéticas através da diferença entre o consumo atual de energia e o consumo previsto após implementação de medida de melhoria.

As organizações, antes de tomarem alguma decisão, avaliam as propostas apresentadas pelo relatório da auditoria. Para facilitar a decisão, e tendo em conta que as empresas necessitam de converter as poupanças energéticas em poupanças financeiras, devem apresentar-se valores sobre as poupanças económicas estimadas.

As poupanças convertidas em valores financeiros são calculadas através do produto das poupanças energéticas pelo preço unitário da energia [59].

Além destes indicadores, de forma a avaliar a viabilidade de alguns investimentos, são necessárias outras análises. Os indicadores para análises de investimentos que mais se destacam são, o Valor Atual Líquido (VAL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Período de Retorno do Investimento (PRI).

O VAL representa o excesso entre o investimento até ao momento atual e os Fluxos de Caixa (CF) previstos durante a vida útil do projeto.

Para obter o VAL é necessário calcular os Fluxos de Caixa atualizados, em que a sua atualização é possível obter da seguinte forma:

$$CF_{Atualizado} = \frac{CF_i}{(1 + T_A)^i} \quad (2.5)$$

Sendo:

$CF_{Atualizado}$ = Fluxo de Caixa Atualizado [€];

CF_i = Fluxo de Caixa no ano que queremos atualizado [€];

T_A = Taxa de Atualização [%];

i = Ano para o qual se atualiza o Fluxo de Caixa.

Segue-se assim o método de cálculo para o Valor atual líquido (VAL) sendo que, n , é o número de anos do projeto:

$$VAL = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1 + T_A)^i} \quad (2.6)$$

A interpretação deste indicador é realizada da seguinte forma:

VAL < 0, O projeto não é viável;

VAL=0, O projeto é viável economicamente, no entanto não gera lucros, o que pode torná-lo não viável;

VAL > 0, O projeto é economicamente viável.

Além do VAL, tal como referido, a TIR é outro dos indicadores mais utilizados na análise de investimentos. Este corresponde à taxa de atualização para a qual o VAL é nulo e obtém-se através da seguinte equação:

$$\sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1 + TIR)^i} = 0 \quad (2.7)$$

O PRI é uma ferramenta decisiva na tomada de decisão para novos investimentos. Este indica o tempo necessário à recuperação do investimento inicial e pode tomar a sua forma mais simples, ou tendo em conta a atualização do dinheiro no tempo, PRI descontado. No caso do PRI simples:

$$Payback [anos] = \frac{Investimento [€]}{Retorno [\frac{€}{ano}]} \quad (2.8)$$

Para o PRI descontado:

$$\sum_{t=1}^T CF_t = I_0 \rightarrow PRI = T \quad (2.9)$$

Em que I_0 é o investimento inicial e T é o período em Anos para o qual o investimento está pago.

No caso de investimentos em soluções de produção de energia, o Custo de Energia Produzida (LCOE), é um indicador que nos permite comparar os custos de produção de energia tendo em conta as diferentes despesas, com outras fontes de produção de energia. Este indicador é calculado com base na equação abaixo, resultando da razão entre a soma dos investimentos do projeto e de todos os custos inerentes à produção e manutenção, e a energia total produzida durante o tempo de vida útil do projeto.

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^T Custos}{\sum_{t=1}^T E_p} \quad (2.10)$$

2.4. Seleção do Período de Medição

O período de medição deve ser selecionado de forma cautelosa tendo em conta os equipamentos em causa.

As medições devem ser realizadas de forma a contemplarem todos os modos de funcionamento do equipamento englobando um ciclo de funcionamento completo. Desta forma é possível representar os perfis de consumo bem como caracterizar a eficácia das poupanças nos vários modos de funcionamento dos equipamentos.

3. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho para atingir os referidos objetivos passa por diversas fases que são identificadas e discutidas detalhadamente nesta secção.

Numa primeira fase, observaram-se os registos de uma auditoria energética realizada em 2015 referente a consumos do ano de 2014, de forma a perceber os principais consumidores da unidade fabril e a distribuição da mesma pelos diferentes tipos de equipamentos.

Posteriormente, realiza-se um estudo ao contrato atual da OLI com a distribuidora de energia, avaliando, com base nos registos de consumo facultados pela mesma, quais as variáveis que influenciam o seu valor final e a sua respetiva importância.

De seguida, realiza-se uma análise ao padrão de consumo energético relativo a 2018 a fim de perceber quais os padrões de consumo da unidade industrial, avaliar os indicadores de desempenho energético atuais e identificar potenciais reduções de custos.

Numa fase posterior, para uma análise energética mais detalhada aos equipamentos nos quais se considera haver um potencial de poupança energético significativo, utilizam-se duas metodologias de medição para monitorizar os consumos detalhados.

Desta forma, pretende-se identificar potenciais melhorias e avaliar os desperdícios de maneira a propor métodos e investimentos que permitam não só reduzir os custos energéticos, como também aumentar a competitividade da unidade industrial.

3.1. Fontes de Recolha de Dados

As fontes de recolha de dados para a caracterização energética da empresa, e para a obtenção de dados relativos à produção são as seguintes:

- Dados de Auditoria Energética realizada na OLI em 2015;
- Dados de Quartos Horários dos Consumos de Energia dos Postos de Transformação disponibilizados *Online* pela Distribuidora de Energia;
- Registos do Sistema de Gestão da Produção;
- Medições:
 - *Software* de Monitorização de Energia;
 - Analisador de Energia, *Fluke 1735*.

3.1.1. Métodos de Medição

Com a finalidade de monitorizar os consumos de alguns equipamentos e entender o seu regime de funcionamento, mediram-se os consumos de alguns equipamentos e verificou-se como estes variam durante e fora do regime de produção.

As medições foram realizadas recorrendo a dois métodos diferentes, método A e B.

O método A consiste num sistema de monitorização de energia, que permite visualizar os consumos em tempo real das máquinas de injeção. Este sistema tem ligado um transformador de corrente em cada fase de cada equipamento, um *Programmable logic controller* (PLC) BECKHOFF KL3203 que lê os valores e um acoplador de barramento *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) BK9100 que envia os valores para o computador. O sistema lê 64000 valores por segundo, e posteriormente, através do *software* podemos ler valores graficamente de 30 em 30 segundos, e exportar de 10 em 10 minutos.

O programa calcula a média entre os valores lidos e envia a informação para o computador em intervalos de 30 segundos. Assim, o gráfico criado vai recebendo um novo *input* a cada 30 segundos. Este valor é resultado de uma série de medições feitas a cada segundo, garantindo uma semi-continuidade da monitorização do consumo. A Figura 14 é um exemplo de um gráfico proveniente do *software* de gestão de energia da empresa (Método A).

Este sistema permite aos profissionais da OLI controlar e monitorizar os seguintes parâmetros: (1) Energia Ativa, (2) Energia Reativa, (3) Corrente, (4) Tensão, (5) Potência Ativa, (6) Fator Potência, (7) Ângulo entre as fases.

Com estes valores, é possível fazer o seu cruzamento com valores provenientes do *software* de gestão da produção, criando indicadores e permitindo proporcionar melhorias e monitorizar o desempenho das máquinas.

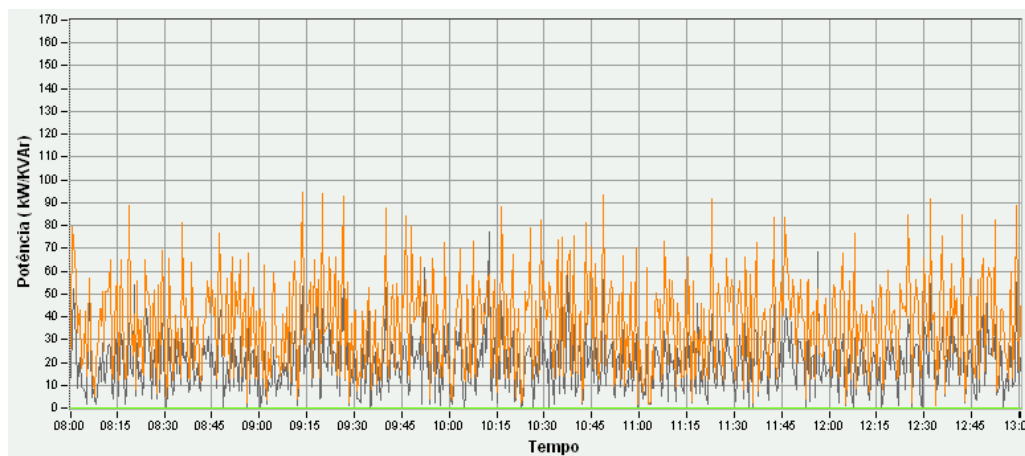


FIGURA 14. EXEMPLO DE DIAGRAMA DE CARGA RESULTANTE DO SOFTWARE DE GESTÃO DE ENERGIA

Os dados obtidos através do *software* de gestão de energia foram comparados com os valores obtidos através de outro método de medição (Método B) de forma a serem validados.

No método B, foi utilizado um equipamento, *Energy Analyser Fluke 1735*, que podemos ver nas Figura 15 e Figura 16.

Este analisador permite medir a Energia Ativa, Energia Reativa, Corrente, Tensão, Potência Ativa, Fator Potência, Frequência e Potência de Distorção nas 3 fases. De forma a realizar as medições, é

necessário ligar o aparelho às 3 fases e neutro do disjuntor da máquina respetiva. Este procedimento necessita de algum tempo para realizar todas as conexões e está dependente da disponibilidade do técnico responsável para realizar o procedimento. De forma a assegurar a validade da medição, foram ligadas pinças amperimétricas às diferentes máquinas para comparar com os resultados obtidos através do método B.



FIGURA 15. ANALISADOR DE ENERGIA LIGADO



FIGURA 16. ANALISADOR DE ENERGIA, FLUKE 1735

O aparelho da *Fluke* faz 50 medições a cada 0,2 segundos. De seguida, efetua a média da potência através da equação 3.1. Com os valores da Potência, realiza uma média consoante o intervalo de tempo que o utilizador define (Equação 3.2). Desta forma, o medidor guarda valores para um determinado intervalo de tempo definido previamente pelo utilizador.

$$P = \sum_{K=1}^{50} V_k * I_k * \cos \varphi_k \quad (3.1)$$

$$P_M = \frac{1}{M} * \sum_{i=1}^M P_i \quad (3.2)$$

Como podemos observar na Figura 17, dependendo do tempo total de medição, os intervalos variam devido à memória do aparelho disponível.

Função de medição	Intervalo médio	Tempo de registo
V/A/Hz, harmónicos, potência	½ seg.	36 min.
	1 seg.	1 hora, 12 minutos
	2 seg.	2 horas, 24 minutos
	5 seg.	6 horas
	10 seg.	12 horas
	30 seg.	1 dia, 12 horas
	1 min.	3 dias
	5 min.	15 dias
	10 min.	30 dias
	15 min.	45 dias
	20 min.	60 dias

FIGURA 17. PERÍODOS DE MEDIÇÃO MÁXIMOS POSSÍVEIS E RESPATIVOS INTERVALOS MÉDIOS

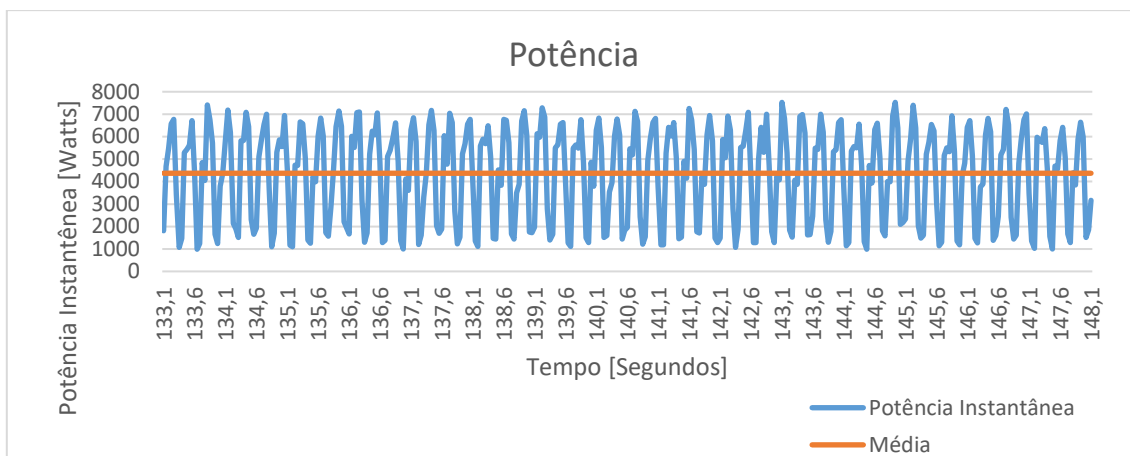


FIGURA 18. EXEMPLO DE DIAGRAMA DE CARGA RESULTANTE DE MEDIÇÃO COM O MEDIDOR *FLUKE 1735*

Os resultados exportados do método B permitem-nos realizar os diagramas de carga de cada medição tal como é apresentado no exemplo da Figura 18.

De forma a realizar uma comparação, exportaram-se os dados do método A e B para um ficheiro *Excel* e calcularam-se os erros respetivos.

Assim, detetaram-se algumas falhas no *software* de gestão de energia (método A). Alguns destes erros foram corrigidos durante o tempo passado na empresa, no entanto, outros necessitam de intervenção por parte do fornecedor. Estas falhas retiram toda a fiabilidade dos dados fornecidos pelo *software* de monitorização pelo que, este não foi utilizado para análise de dados. A secção 3.2.4. Monitorização dos Consumos, utiliza como método de medição, o método B.

3.2. Análise Energética

3.2.1. Auditoria

Com base nos consumos resultantes de uma auditoria realizada na empresa em 2015 referente aos consumos do ano de 2014, conclui-se que a energia elétrica foi responsável por cerca de 98% do consumo de energia total da OLI – Sistemas Sanitários, e os restantes 2% são resultantes do consumo de gasóleo.

Relativamente à energia elétrica consumida, esta provém de diferentes setores da instalação e consequentemente dos diversos tipos de equipamentos.

Podemos dividir os equipamentos da unidade industrial em 2 grandes grupos.

- Setor produtivo:
 - Máquinas Automáticas;
 - Máquinas Semiautomáticas;
 - Máquinas do *Twins*;
 - Extrusoras.

- Equipamentos Auxiliares:
 - Água Refrigerada – Moldes;
 - Água Refrigerada – Óleos;
 - Iluminação;
 - Ar Comprimido;
 - Abastecimento Automático;
 - Escritórios;
 - Estufagem e Misturadores;
 - Moagem de Plástico;
 - Carregadores de Baterias;
 - Outros.

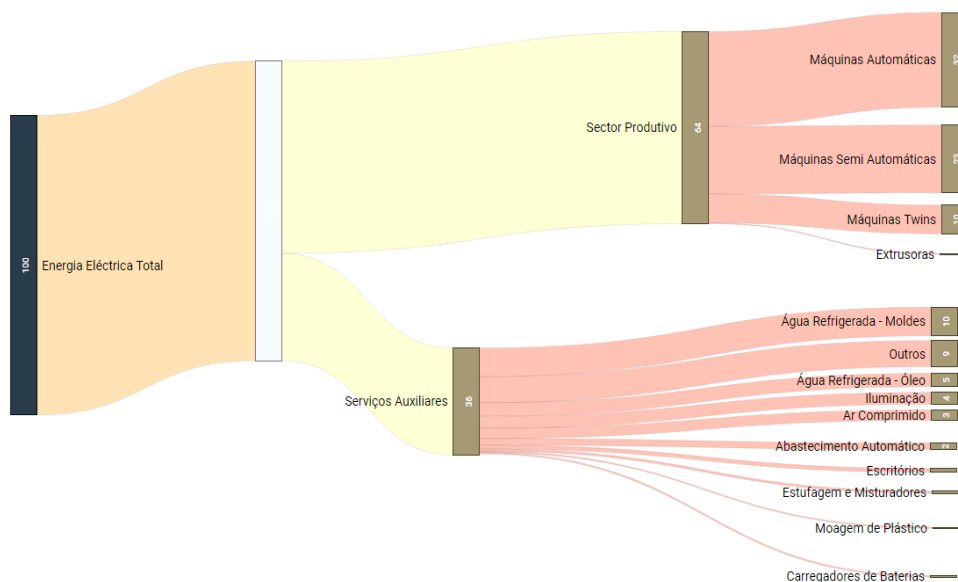


FIGURA 19. DIAGRAMA DE SANKEY DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA, REALIZADO PELO AUTOR COM DADOS RETIRADOS DE AUDITORIA ENERGÉTICA 2015

É possível representar o fluxo de energia elétrica consumida no ano de 2014 através do Diagrama de Sankey da Figura 19.

No Anexo B – Dados de Auditoria de 2014, podemos verificar os valores dos consumos energéticos para cada tipo de equipamento. Agrupando os mesmos nos setores mencionados acima, Figura 20, constata-se que o setor produtivo é responsável por aproximadamente 64% do consumo total de energia da fábrica enquanto que, os serviços auxiliares apenas representam cerca de 36%. Além disso, na Figura 21, podemos observar a percentagem de energia consumida em 2014 por cada tipo de equipamento.

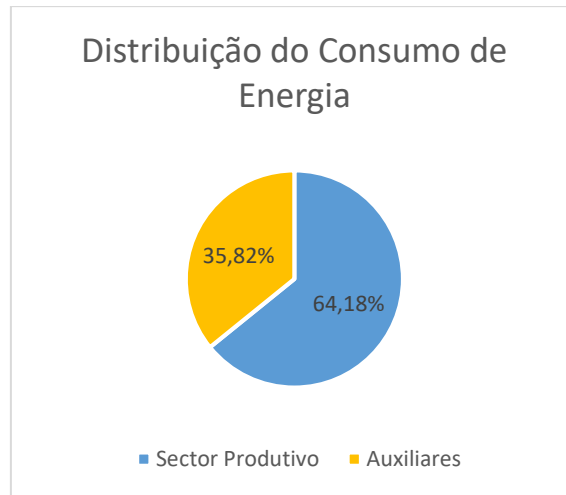


FIGURA 20. DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA POR SETORES EM 2014

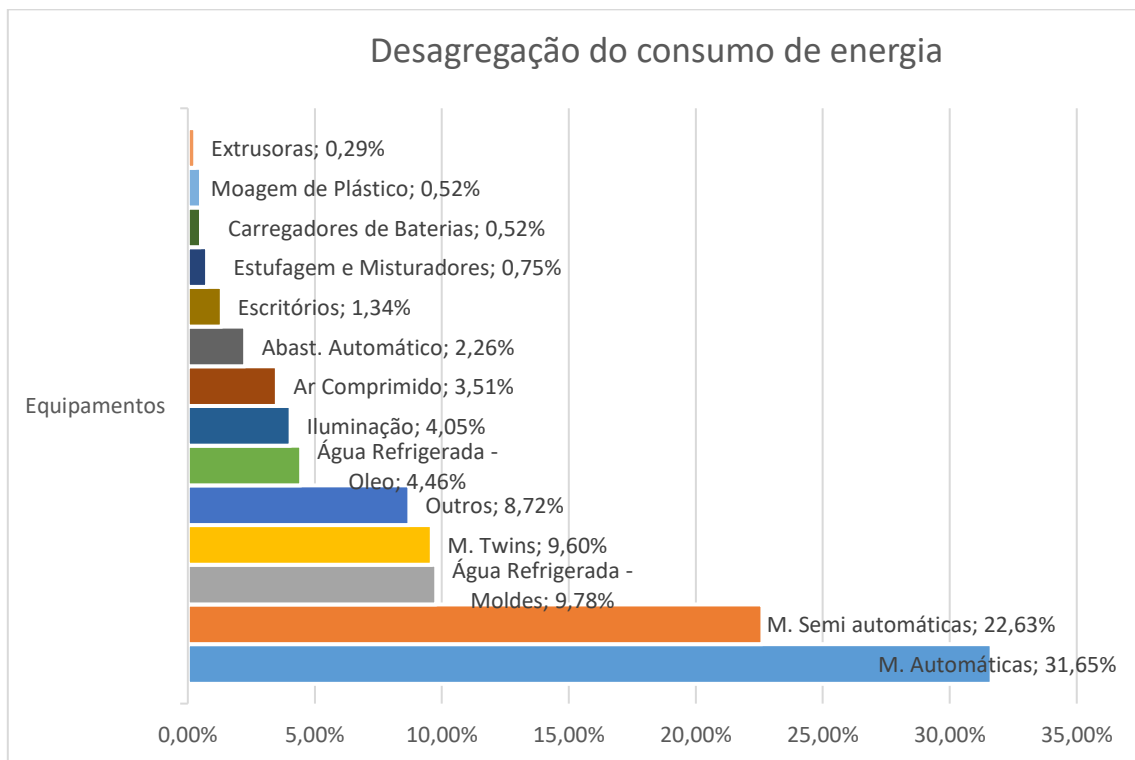


FIGURA 21. DESAGREGAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA EM 2014

Como seria de esperar, verifica-se que as Máquinas Automáticas, as Semiautomáticas, as do *Twins* e o Sistema de Refrigeração para os Moldes são os grandes responsáveis pelo consumo de energia elétrica na unidade industrial.

Existe ainda uma percentagem significativa de energia consumida tanto pela iluminação do edifício 2, como pelo sistema de refrigeração do óleo utilizado nas máquinas de injeção hidráulicas.

Desta forma, sabem-se quais foram os principais consumidores do edifício 2, e, tendo em conta as alterações realizadas na fábrica desde 2014 até à data, tem-se consciência de onde se está a consumir mais energia atualmente.

3.2.2. Contracto

As faturas energéticas no caso da OLI – Sistemas Sanitários são calculadas com base em 5 componentes, sendo que, o seu valor final corresponde ao somatório dessas 5 parcelas.

Este sistema foi adotado a partir de junho de 2018 e, é o sistema que vigora atualmente. Para ter uma noção do peso de cada componente no valor final da fatura, fez-se uma média desde junho a dezembro de 2018 do peso de cada componente no seu valor final. Estes valores, assim como as diferentes componentes da fatura e o seu método de cálculo apresentam-se no Anexo C – Estrutura do Cálculo do Valor da Fatura Energética.

O valor final da fatura é assim resultando da seguinte equação:

$$\begin{aligned} \text{Valor mensal} = & \text{Consumo de Energia Ativa Total} \\ & * \text{Tarifa(Energia Ativa)} \\ & + \sum_{i=1}^4 \text{Consumo de Energia Ativa}_i \\ & * \text{Tarifa}_i) + P_{M\acute{a}x.12meses} \\ & * N^{\circ}\text{Dias do M\acute{e}s} * \text{Tarifa} \\ & + P_{m\acute{e}dia\ em\ ponta} * N^{\circ}\text{Dias do M\acute{e}s} \\ & * \text{Tarifa} \\ & + \text{Consumo de Energia Reativa} \\ & * \text{Tarifa(Energia Reativa)} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Sendo,

$P_{M\acute{a}x.12meses}$ = Potência Máxima medida nos últimos doze meses;

$P_{m\acute{e}dia\ em\ ponta}$ = Potência média nos períodos de ponta para o mês atual;

Tarifa = Preço da energia unitário contratado com a distribuidora de energia [€/kWh].

Observando todas as componentes da fatura e a equação 3.3, concluímos que o seu valor final pode ser reduzido controlando as seguintes quatro variáveis:

- Consumo Total;
- Consumo em Cada Horário;
- Potencia Máxima Contratada;
- Energia Reativa.

A segunda parcela que varia com a hora a que se consome a energia é composta por quatro subcomponentes. A percentagem média do valor pago em cada período horário desde junho a dezembro de 2018 são os seguintes:

- Ponta: 18%;
- Cheias: 59%;
- Vazio: 13%;

- Super-Vazio: 10%.

Verifica-se que a percentagem das horas mais caras, ponta e cheias, têm um peso bastante elevado no valor final da fatura comparativamente aos períodos de energia mais económicos.

3.2.3. Padrão de Consumo

É importante fazer uma análise para saber em que alturas se gasta mais energia e perceber qual o perfil de consumo de cada posto de transformação.

O Edifício 2 é alimentado através de 2 Postos de Transformação: Posto de Transformação 2 e Posto de Transformação 3. São analisados os 2 Postos de Transformação separadamente, visto que, as faturas energéticas são também enviadas separadamente, e cada posto de transformação, alimenta um determinado número de quadros elétricos que, por sua vez, alimentam os respetivos equipamentos. É possível observar essa rede no Anexo A – Dados de Postos de Transformação, Quadros Elétricos e Equipamentos.

Relativamente ao perfil de consumo anual em 2018, estes dados foram recolhidos na plataforma *online* da distribuidora de energia, que fornece os consumos a cada 15 min. Podemos constatar através da Figura 22 que, no posto de transformação 2, assim como no 3, os meses de consumo máximo e mínimo foram, respetivamente, março e agosto. O baixo consumo no mês de agosto deve-se ao período de férias em que não há produção, o que resulta num decréscimo acentuado no consumo energético.

Os dados mostram que o consumo de eletricidade dos postos 2 e 3, no ano de 2018, foram de 3608,9 e 4885,7 MWh respetivamente. Estes valores resultaram num custo de sensivelmente 396.980,3 € e 537.431,6 €, originando um total para os dois postos de transformação de 934.411,9 €.

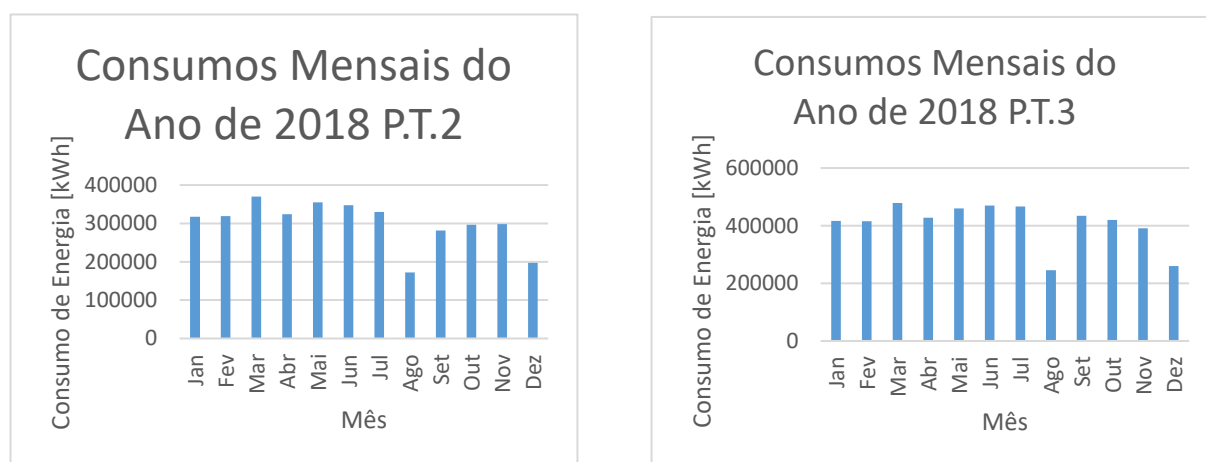


FIGURA 22 (A), (B). CONSUMOS MENSIS DO P.T.2 E P.T.3 EM 2018

Através da análise de consumos na plataforma *online*, verifica-se que, também em 2018, a potência de pico foi de 732 kW para o Posto de Transformação 2 e 986k W para o Posto de Transformação 3, enquanto que, a potência mínima foi de 0 kW para ambos no período em que a fábrica esteve parada.

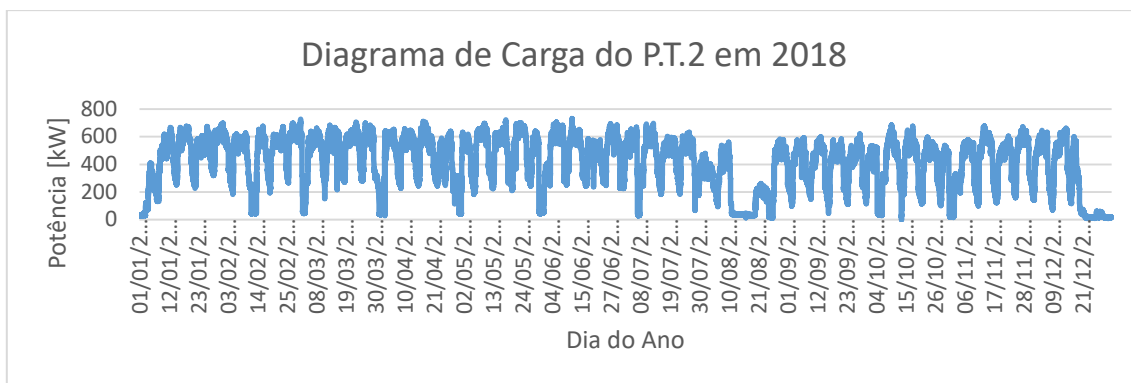


FIGURA 23. DIAGRAMA DE CARGA DO P.T.2 EM 2018

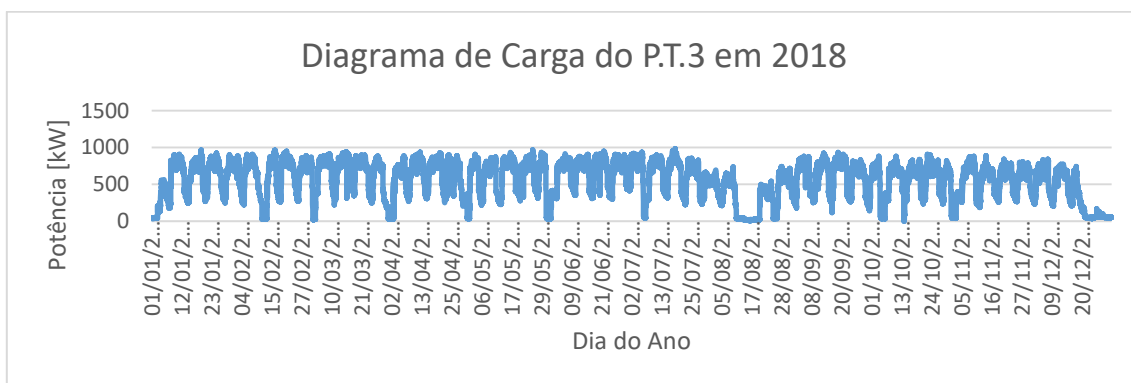


FIGURA 24. DIAGRAMA DE CARGA DO P.T.3 EM 2018

Facilmente se identifica, através das Figura 23 e Figura 24 que, ao longo do ano, há vários ciclos semelhantes que correspondem às diferentes semanas durante o ano. Podemos também observar que, durante os fins de semana o consumo diminui, como seria de esperar dada a diminuição da produção. Além disso, existe também outro padrão de consumo que é facilmente identificado quando este é nulo, que corresponde aos dias em que a fábrica está totalmente fechada e não há produção. Estes dias correspondem aos feriados, férias de verão e férias de natal.

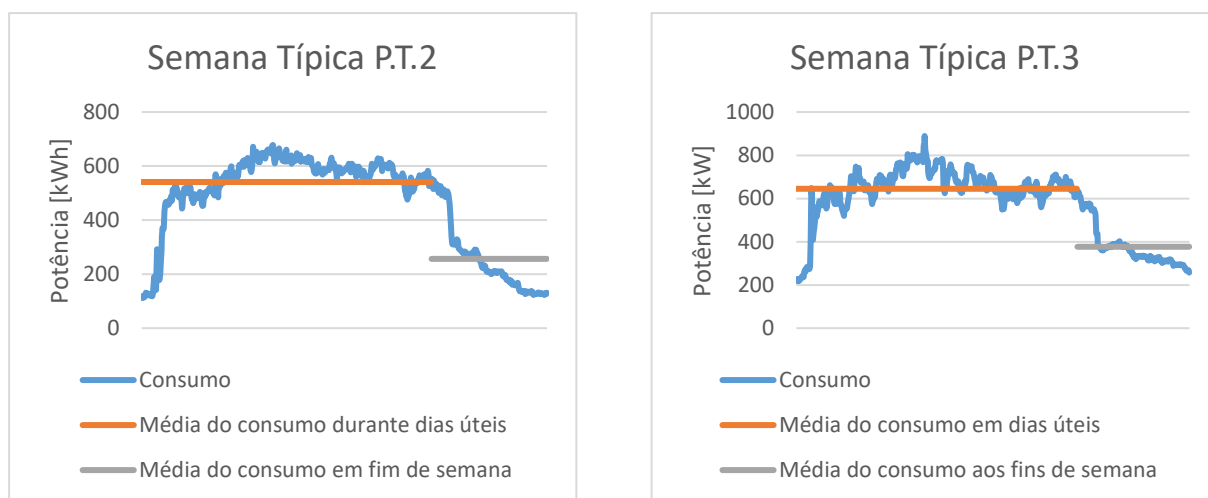


FIGURA 25. (A), (B). DIAGRAMA DE CARGA DE SEMANA TÍPICA DO P.T.2 E P.T.3 EM 2018

Tal como referido, o consumo energético semanal tem um padrão semelhante que se vai repetindo. Na Figura 25 podemos observar mais detalhadamente o consumo de energia típico ao longo de uma semana em cada posto de transformação.

A Tabela 1 apresenta os valores médios do consumo durante os dias da semana e fins de semana para ambos os postos de transformação.

TABELA 1. VALORES DO CONSUMO DE ENERGIA DURANTE A SEMANA E FIM-DE-SEMANA

Consumo	Semana	Fim de semana
P.T.2	541,2 kWh/h	248,56 kWh/h
P.T.3	644 kWh/h	376k Wh/h

Os valores acima, assim como os valores apresentados na Tabela 1, são importantes para caracterizar o consumo da fábrica e poder averiguar a existência de desvios acentuados.

A Figura 26 representa os diagramas de carga dos diferentes dias da semana para os dois postos de transformação. Através das figuras podemos verificar que o consumo pouco varia ao longo das horas do dia, exceto sábado e segunda-feira que são os dias da semana em que se dão as trocas de turno para o fim de semana ou do fim de semana para a semana. Verifica-se que as alterações acentuadas de consumo ocorrem também próximo das sete horas de segunda-feira e de sábado.

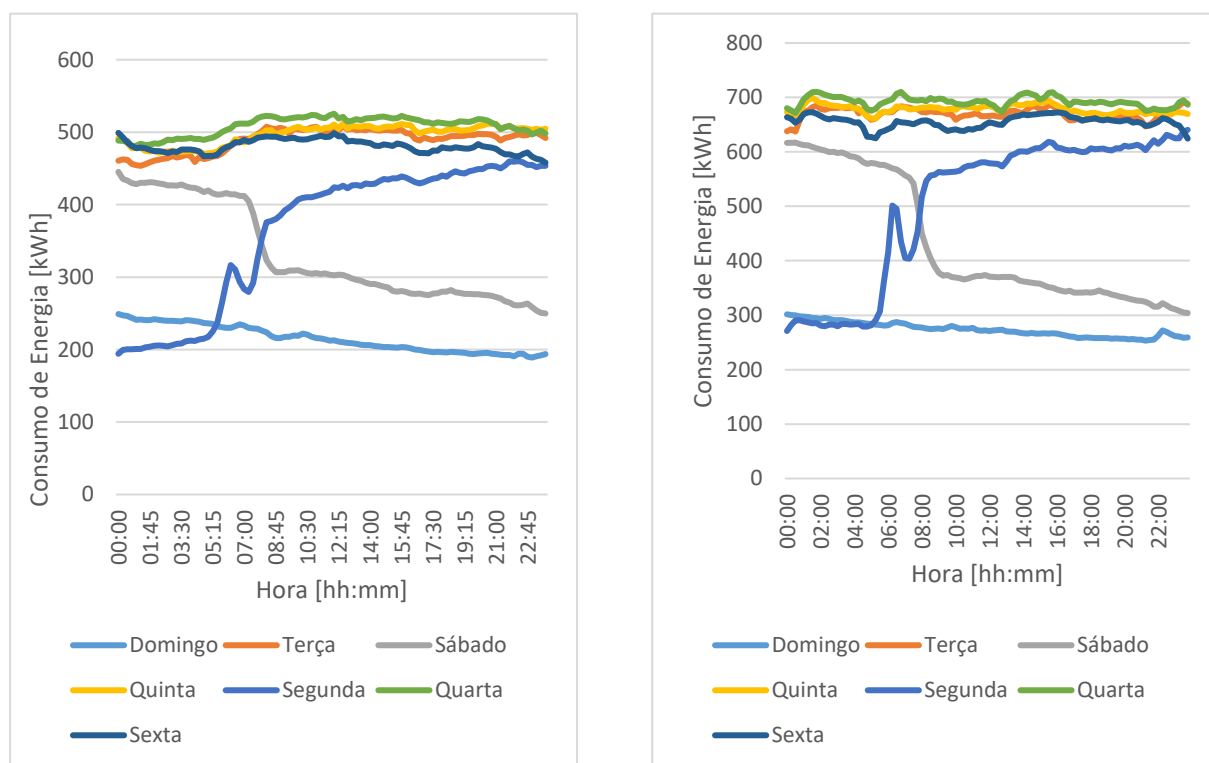


FIGURA 26. (A), (B). DIAGRAMAS DE CARGA AO LONGO DE CADA DIA DA SEMANA PARA OS P.T.2 E P.T.3

TABELA 2. CONSUMOS DE ENERGIA MÉDIOS DIÁRIOS EM 2018

Dia da Semana	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Média [kWh]	488,6	870,3	1158,9	1200,5	1174,9	1135,6	761,0
Desvio Padrão	31,3	233,6	19,9	16,7	15,4	14,8	180,3
CV [%]	6,4%	26,8%	1,7%	1,4%	1,3%	1,3%	23,7%

Percebemos, através da Tabela 2 que os dias em que se consome mais energia são às terças, quartas e sextas. Ainda assim, em média a quarta é o dia em que o consumo é maior.

Sábado e domingo são dias em que a produção diminui, e que, apenas as máquinas automáticas estão em funcionamento, de maneira que o consumo é bastante inferior ao semanal.

Durante a segunda-feira, por ser um dia que, até às 8 horas, a fábrica ainda funciona em regime de fim de semana, o consumo é inferior aos dos restantes dias da semana. Pela Figura 26, verifica-se que à segunda, uma a duas horas antes das 8 horas, o consumo aumenta visto que, as máquinas semiautomáticas são ligadas. Este reduz após arranque das máquinas, e, posteriormente volta a aumentar perto das 8 horas, quando se iniciam as produções e os escritórios iniciam a sua atividade.

Observando os desvios padrões em cada dia da semana, verifica-se que são baixos, exceto à segunda-feira dado o supramencionado. Para os restantes dias da semana, as variações de consumo ao longo do dia, dão-se essencialmente nas horas de mudança de turno, perto das 8 horas, e das 16 horas.

Em 2019 definiu-se uma estratégia para a uniformização do consumo de energia, tentando diminuir os coeficientes de variação (CV) diários a fim de uniformizar o consumo de energia e reduzir a potencia contratada.

Na Tabela 3 podemos avaliar o impacto da medida tomada observando os coeficientes de variação em 2019.

TABELA 3. CONSUMOS DE ENERGIA MÉDIOS DIÁRIOS EM 2019

Dia da Semana	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Média [kWh]	589,6	1002,1	1129,1	1158,6	1184,5	1092,2	820,6
Desvio Padrão	20,5	168,8	19,4	21,8	21,7	16,3	185,6
CV [%]	3%	16,8%	1,7%	1,9%	1,8%	1,5%	22,6%

Verifica-se que os valores dos coeficientes de variação relativos a domingo, segunda e sábado reduziram. No entanto, conclui-se que, ainda há espaço para melhoria. Caso se consiga reduzir ainda mais os valores dos coeficientes de variação ao longo dos dias, é possível reduzir os picos, e consequentemente obter poupanças financeiras. Constata-se que, os dias em que existe um maior potencial de melhoria são ainda às segundas e sábados.

3.2.3.1. Horário de Consumo

É importante ter em conta que, a fatura energética da OLI – Sistemas Sanitários tem uma componente cujo valor varia consoante o padrão de consumo da empresa. Esta componente, tal como podemos ver mais à frente, na Tabela 4, tem um custo dependente da hora, dia e estação do ano em que se consome a energia. É possível verificar no Anexo D – Tarifas Horárias, as horas e os respetivos períodos horários. Nas Figura 27 e Figura 28 podemos ver de uma forma mais perceptível as quatro tarifas horárias existentes, assim como os períodos horários atribuídos a cada tarifa.

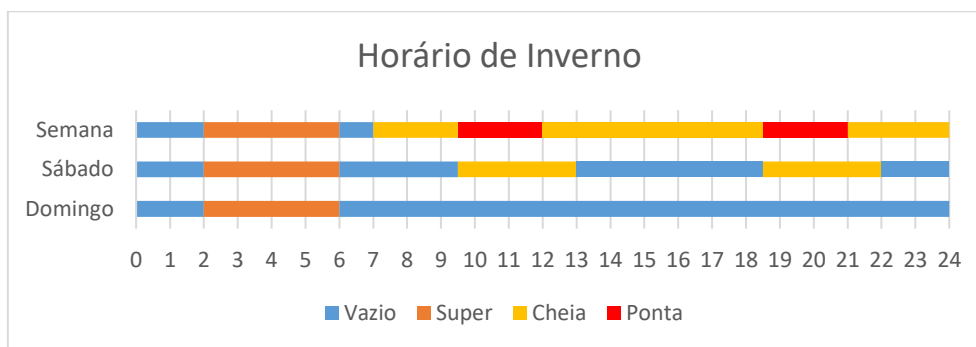


FIGURA 27. PERÍODOS HORÁRIOS DE INVERNO

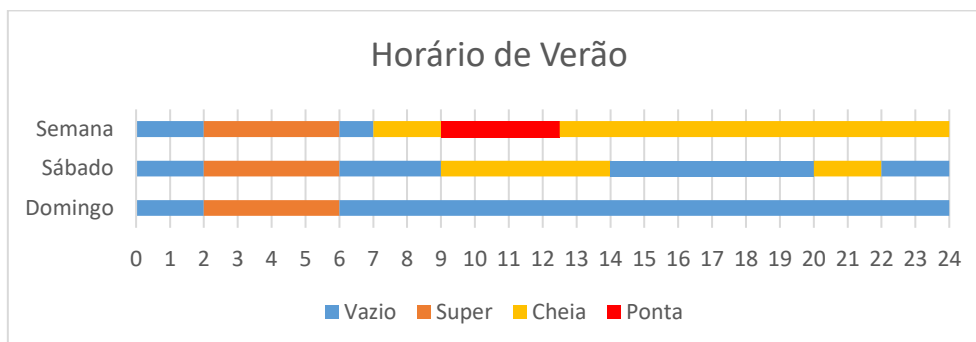


FIGURA 28. PERÍODOS HORÁRIOS DE VERÃO

As diferentes tarifas ordenam-se do preço por *kilowatt*-hora mais baixo para o mais elevado da seguinte forma: Super-Vazio, Vazio, Cheia e Ponta.

As Figura 27 e Figura 28 apresentam a distribuição do tempo em 2018 pelas diferentes tarifas horárias, assim como a distribuição do consumo de energia da empresa no mesmo ano.

É possível constatar que a empresa, em 2018, consumiu cerca de 22% da energia em período de Vazio tanto no Inverno como no verão, e 10% em Ponta no verão e 16% no inverno. O consumo mais elevado nas horas de ponta no inverno que no verão deve-se ao número de horas existentes em 2018 de ponta no inverno ser superior ao do verão.

Verifica-se também pelas figuras que é possível consumir menos energia nas horas de ponta e cheias, transferindo as atividades responsáveis por este consumo para as horas de vazio ou super-vazio. A margem para alterar algum consumo nas horas mais caras para as mais baratas pode ser visto nas Figura 29 e Figura 30.

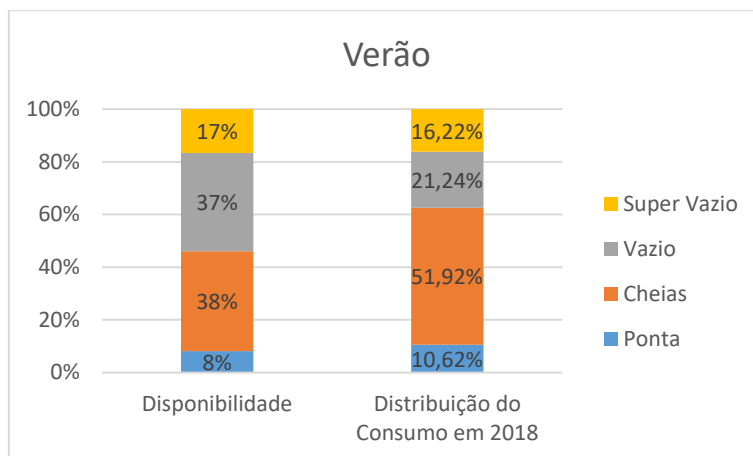


FIGURA 29. DISPONIBILIDADE E CONSUMO EM CADA PERÍODO HORÁRIO DE 2018 NO VERÃO

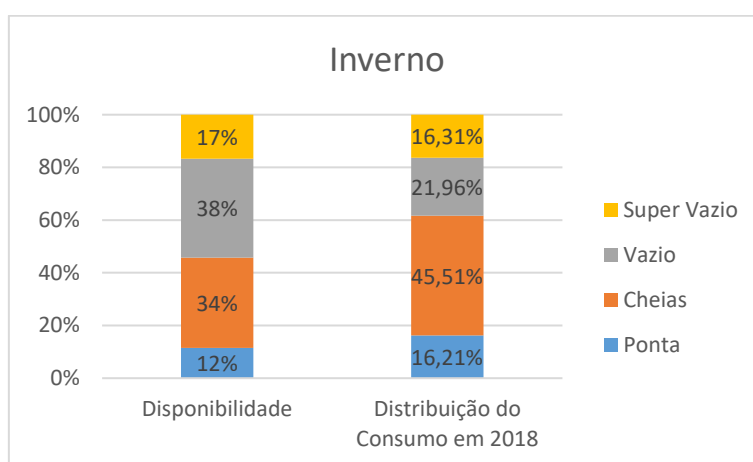


FIGURA 30. DISPONIBILIDADE E CONSUMO EM CADA PERÍODO HORÁRIO DE 2018 NO INVERNO

O consumo de energia na unidade industrial dá-se maioritariamente durante as horas de cheias. Além disso, constata-se que se consome mais energia nas horas de ponta e cheias que o disponível, desaproveitando os períodos de vazio e super-vazio. Isto significa que, existe um potencial de melhoria, podendo transferir-se 15,72% do consumo das horas de ponta e cheias no inverno para as tarifas de vazio e super-vazio distribuindo assim para consumir a energia de uma forma mais uniforme. Quanto ao verão, uniformizando o consumo, é possível transpor 16,54% do consumo nos períodos de ponta e cheias para o vazio e super-vazio, aproveitando melhor os períodos horários com tarifa mais reduzida.

Os valores da energia para cada período horário, em média, são os seguintes:

TABELA 4. CUSTO UNITÁRIO DA ENERGIA POR PERÍODO HORÁRIO

Tarifa	Ponta	Cheias	Vazio	Super-Vazio
Custo Unitário da Energia [€/kWh]	0,0499	0,0387	0,0143	0,0136

3.2.3.2. Relação Consumo de Energia e Máquinas em Produção

A Figura 31 apresenta o consumo energético durante uma semana de 2019 e, simultaneamente, é possível ver o número de máquinas automáticas, semiautomáticas e do *twins* em funcionamento. Observando a figura, concluímos que ao longo da semana o consumo energético é mais elevado, não só pelo número total de máquinas em funcionamento ser maior, mas essencialmente devido ao funcionamento de um maior número de máquinas semiautomáticas e ao funcionamento dos escritórios, e outros equipamentos. Verifica-se também que, durante o fim de semana, apenas estão em funcionamento máquinas automáticas e do *twins*, e que o consumo por máquina é então inferior ao mesmo durante a semana.

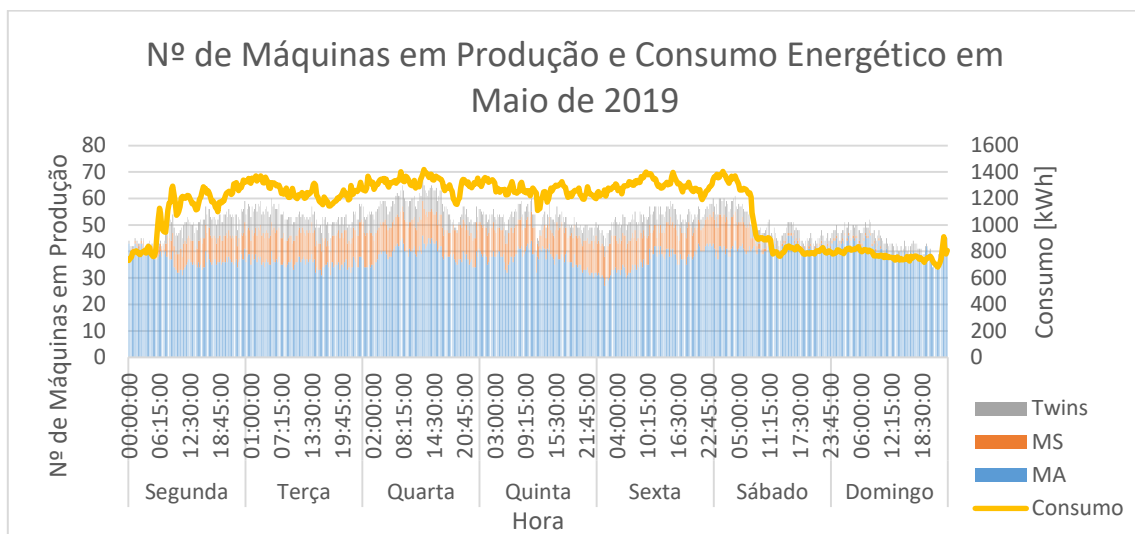


FIGURA 31. CONSUMO E Nº DE MÁQUINAS EM PRODUÇÃO AO LONGO DE UMA SEMANA EM 2018

Avaliando o número de máquinas em funcionamento durante uma semana, verifica-se que os picos de consumo ocorrem maioritariamente nas circunstâncias em que o número de máquinas em produção em simultâneo é mais elevado. É possível verificar isso com mais detalhe através da Figura 32 onde se pode ver que, à medida que o número de máquinas em produção aumenta, o consumo energético aumenta de forma aproximadamente linear.

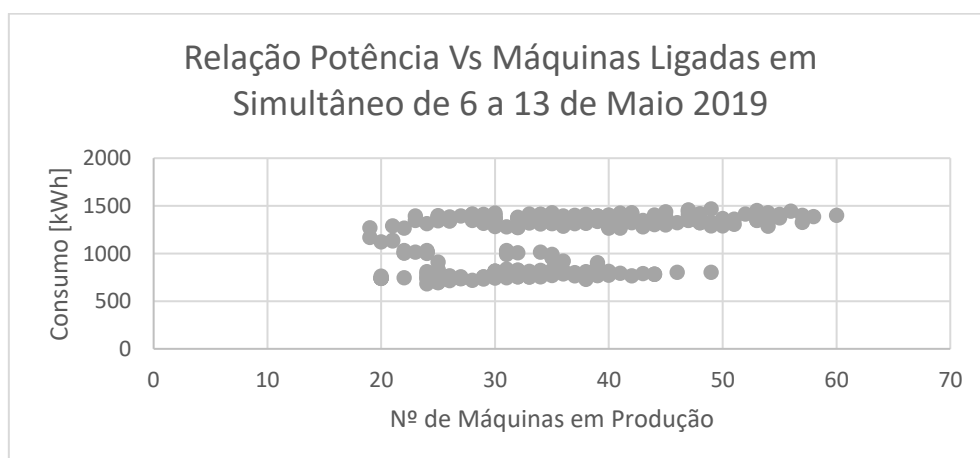


FIGURA 32. RELAÇÃO ENTRE Nº DE MÁQUINAS EM FUNCIONAMENTO E CONSUMO ENERGÉTICO

3.2.3.3. Indicadores de Desempenho Energético

Tal como referido na revisão bibliográfica, o cálculo de indicadores de desempenho energético permite-nos ter uma perceção do nível de eficiência atual, e, além disso, são uma ferramenta que nos permite verificar o impacto das medidas implementadas.

Os valores dos indicadores referentes ao ano de 2018, foram calculados com base nos dados retirados do sistema *online* da distribuidora de energia e são apresentados de seguida. Estes valores, apenas contabilizam o consumo energético do edifício 2.

TABELA 5. INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DE 2018

Ano	Intensidade Energética [kgep/€]	Consumo Específico de Energia [kgep/ton]	Intensidade Carbónica [tCO ₂ /tep]
2018	0,085	347,774	2,186

Os fatores de conversão adotados para o cálculo dos valores apresentados na tabela são sugeridos por [60].

Avaliou-se o consumo energético e o consumo de matéria-prima para todos os meses ao longo do ano de 2018. Verificou-se que os meses de maior consumo energético, março e maio, correspondem aos meses de maior consumo de matéria-prima. O mesmo acontece para os meses de menor consumo como podemos ver na Figura 33.

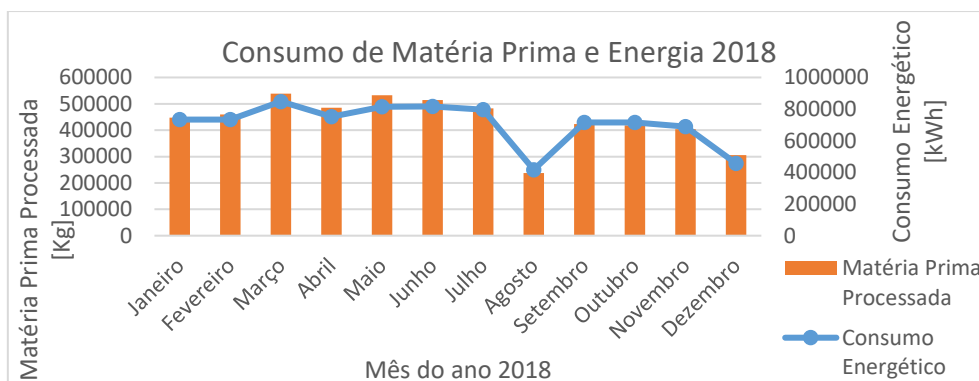


FIGURA 33. CONSUMO DE MATÉRIA-PRIMA E CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL

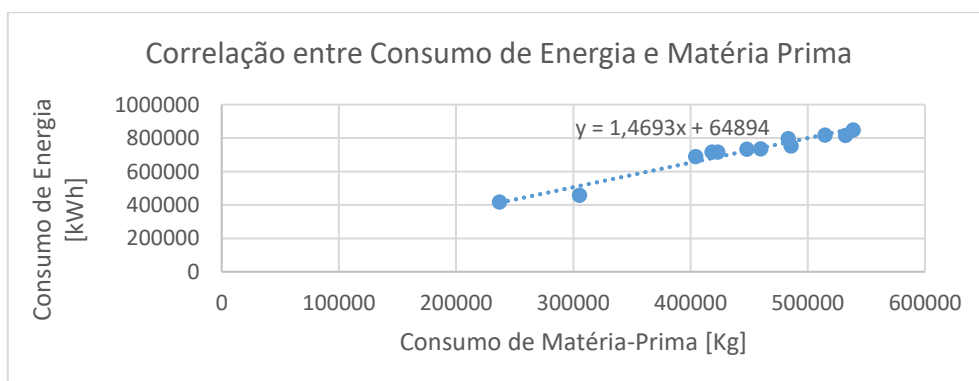


FIGURA 34. CORRELAÇÃO ENTRE O CONSUMO DE ENERGIA E O CONSUMO DE MATÉRIA-PRIMA

As Figura 33 e Figura 34 foram realizadas com base nos dados recolhidos na plataforma *online*, sendo que a Figura 34 mostra a correlação entre o consumo de energia total e o consumo de matéria-prima. Verifica-se que a correlação entre eles pode ser aproximada a uma equação linear permitindo estimar de forma simples o consumo energético para uma dada produção desejada. Além disso podemos obter a carga base da unidade industrial que corresponde ao consumo energético para o qual a produção é nula, e que toma o valor de 64,9 MWh/mês.

A equação que nos permite prever o consumo total, com base no consumo de matéria-prima toma a seguinte forma:

$$\text{Consumo Total de Energia [kWh]} = 1,4693 * \text{Consumo de Materia Prima [Kg]} + 64894 \quad (3.4)$$

A equação 3.4 deve ser atualizada e avaliada ao longo do tempo. É possível verificar a evolução do consumo da unidade industrial através da relação entre o consumo de energia e de matéria-prima. O impacto das medidas implementadas pode ser verificado através desta relação sendo que os resultados das alterações são positivos sempre que a carga base ou o declive da equação sejam reduzidos. É desta forma aconselhável que estes valores sejam monitorizados e avaliados periodicamente com o objetivo de avaliar o impacto das melhorias aplicadas e, controlar desta forma, a evolução da eficiência energética da unidade industrial.

3.2.4. Monitorização dos Consumos

3.2.4.1. Análise ao Consumo das Máquinas de Injeção

Tal como identificado acima, as máquinas de injeção plástica são os equipamentos com maior impacto no consumo energético por isso, em algumas destas, foram medidos os consumos energéticos das mesmas em produção, em *setup* e em *standby*. Posteriormente, foram efetuados detalhadamente, os diagramas de carga de algumas dessas medições. Além disso, tal como referido no capítulo 3.1.1, compararam-se os resultados obtidos através do método A (*Software*) e método B (Analisador de Energia). A lista das medições realizadas encontra-se no Anexo E – Lista de Medições Realizadas, onde é possível verificar os erros associados a cada medição e concluir que o método A não é válido devido a problemas de *software* e *hardware*. A lista dos erros detetados ao longo das medições realizadas pode ser consultado no Anexo F – Lista de Erros do *Software* de Gestão de Energia.

Com as medições realizadas através do método B, foram feitas as análises aos consumos das respetivas máquinas nos diferentes regimes de funcionamento.

Após diversas medições, constatámos que as máquinas de injeção em produção têm um diagrama de carga típico que se repete a cada ciclo de injeção. A Figura 35 apresenta o diagrama de carga da máquina 65 em regime de produção.

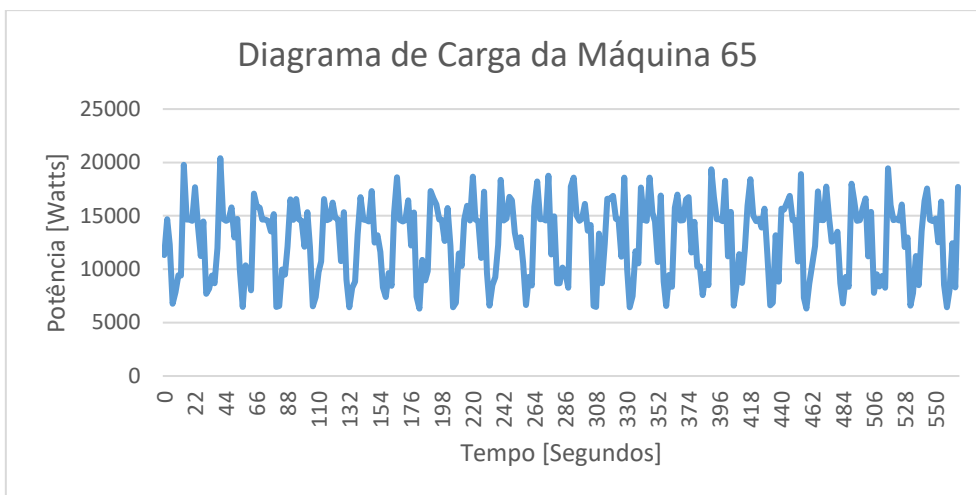


FIGURA 35. DIAGRAMA DE CARGA DE MÁQUINA DE INJEÇÃO

A máquina 65 foi medida durante 560 Segundos, com o molde ML1099. O tempo de ciclo é de cerca de 25 segundos, e a matéria-prima injetada é ABS natural. Pode identificar-se na figura que, os ciclos se repetem diversas vezes e que estes têm um padrão de consumo típico.

Na Figura 36 apresenta-se o consumo detalhado de um ciclo de injeção durante a produção supramencionada.

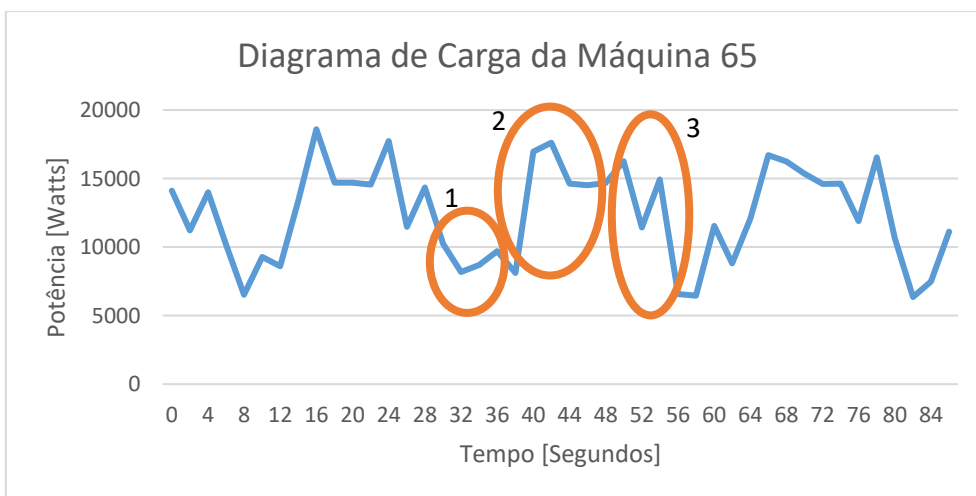


FIGURA 36. DIAGRAMA DE CARGA DETALHADO DE UM CICLO DE MÁQUINA DE INJEÇÃO PLÁSTICA

Nestes diagramas de carga, é possível identificar a repetição dos ciclos de injeção, e, mais detalhadamente, na Figura 36 podemos identificar as diferentes etapas de cada ciclo, e assim analisar o consumo de cada fase do ciclo de injeção.

As diferentes fases identificadas são as seguintes:

- (1) Abertura e fecho do molde;
- (2) Injeção;
- (3) Arrefecimento e Pressurização.

Cada máquina, apesar de ter diferentes consumos horários consoante o molde utilizado, a matéria-prima injetada, e os parâmetros de injeção, estes, comparativamente com a influência da força de fecho no consumo, não têm um peso tão significativo. Assim, as máquinas semiautomáticas foram divididas em setores consoante o tipo de peças que produzem. Foram assim divididas da seguinte forma: exteriores, interiores e placas. As máquinas automáticas são avaliadas separadamente.

A lista completa das máquinas existentes no edifício 2 com a respetiva força de fecho, marca, e tipo encontra-se no Anexo G – Lista de Máquinas de Injeção.

As Figura 37 e Figura 38 apresentam as diversas medições realizadas e os consumos de cada máquina por secção e força de fecho. Nestas figuras pode visualizar-se, para cada secção, isto é, tipo de peça produzida, a relação entre o consumo de energia e a força de fecho das máquinas.

Constata-se que há uma certa relação entre a força de fecho e o consumo elétrico das máquinas. O consumo aumenta com o aumento da força de fecho, exceto para as máquinas dos interiores.

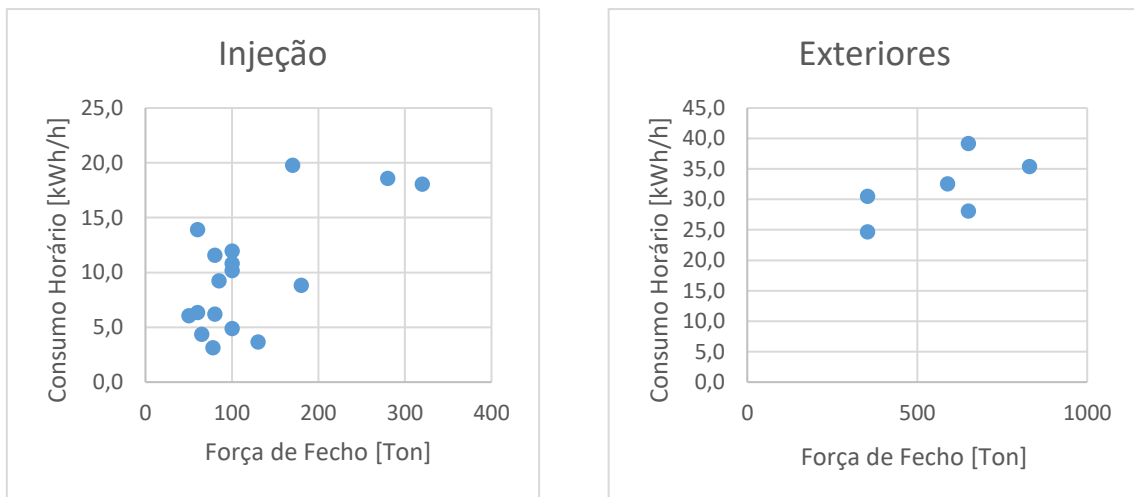


FIGURA 38 (A), (B). CONSUMOS HORÁRIOS DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO E DOS EXTERIORES

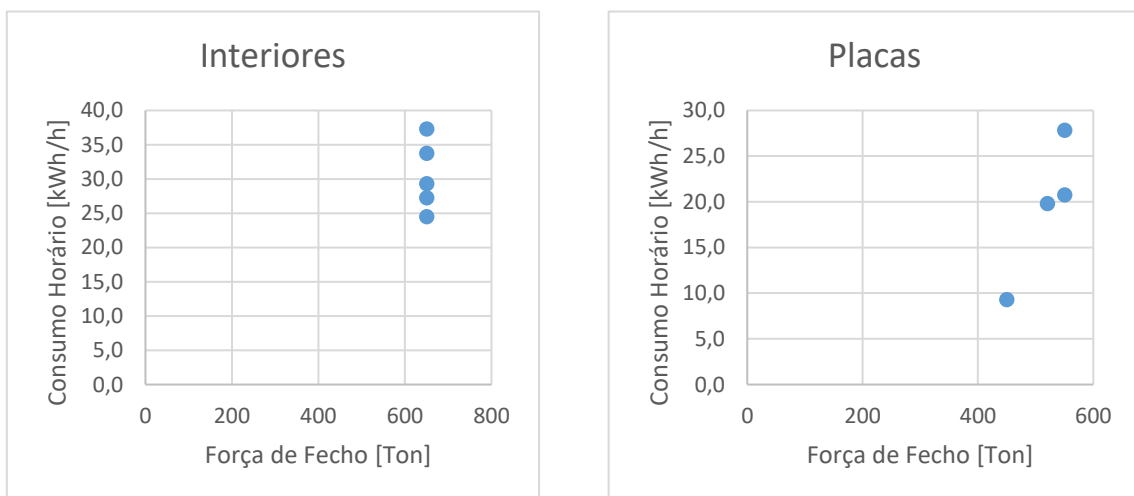


FIGURA 37 (A), (B). CONSUMOS HORÁRIOS DAS MÁQUINAS DOS INTERIORES E DAS PLACAS

TABELA 6. MÉDIA DOS CONSUMOS HORÁRIOS POR TIPO DE PRODUTO E MÁQUINA

Máquinas	Injeção	Exteriores	Interiores	Placas	Média Total
Média do Consumo Horário [kWh/h] Hidráulicas	10,8	31,7	31,9	22,8	19,9
Média do Consumo Horário [kWh/h] Elétricas	5,2	0	0	9,3	6,2
Média do Consumo Horário [kWh/h] Híbridas	0	0	24,5	0	24,5
Média Total	9,9	31,7	30,4	19,4	18,4

Analisando as medições realizadas e as respetivas médias apresentadas na Tabela 6, é de realçar que as máquinas da injeção automáticas são as que têm menor consumo, sendo também as que têm menores forças de fecho. De seguida temos as máquinas das placas, posteriormente as dos interiores, e por fim as dos exteriores que correspondem, em média, às que têm um maior consumo horário. Isto, deve-se essencialmente à geometria das peças a injetar, que podem levar a um consumo de energia mais elevado.

Além disso, podemos verificar também que o consumo das máquinas elétricas é muito inferior ao consumo das máquinas hidráulicas. As máquinas híbridas, analisando a tabela, são as que têm um consumo mais elevado, no entanto o seu valor é resultante de apenas uma medição, pelo que não é suficiente para retirar uma conclusão sólida. Ainda assim, a máquina medida pertence aos interiores e, comparando este valor com o consumo das máquinas hidráulicas dos interiores, este verifica-se inferior ao das hidráulicas.

Tal como referido, podemos dividir as máquinas em automáticas e semiautomáticas. Realizando uma média dos consumos horários por tipo de máquina podemos obter o consumo médio horário de cada tipo de máquina, sendo estes apresentados na Tabela 7.

TABELA 7. MÉDIA DOS CONSUMOS HORÁRIO POR TIPO DE MÁQUINA

Tipo de Máquina	Consumo Horário Médio [kWh/h]
Máquinas Automáticas	9,9
Máquinas Semiautomáticas	28,0

Concluimos que o consumo energético das máquinas depende bastante da sua força de fecho. Ainda assim, outros fatores têm uma elevada influência no mesmo. Verifica-se que as máquinas de injeção automáticas, em média, têm um consumo muito inferior ao das semiautomáticas e que dentro das semiautomáticas, dependendo do tipo de peça produzida, o consumo de energia também varia. Além disso, confirma-se o que foi referido na revisão bibliográfica sendo que as máquinas mais consumidoras são as hidráulicas, seguidas das híbridas e por fim as totalmente elétricas.

3.2.4.2. Análise ao Consumo Durante os Setups

Realizaram-se diversas medições às máquinas de injeção durante os *setups* – mudança de molde - de forma a avaliar os seus consumos, as suas durações e identificar potenciais melhorias nos mesmos.

Após várias medições, verificou-se que os diagramas de carga dos *setups* têm uma evolução semelhante sendo possível identificar 4 fases distintas ao longo dos mesmos e verificar o consumo das diferentes fases.

Assim sendo, dividiram-se os *setups* nas seguintes 4 fases distintas:

- (1) – Retirar o molde da produção anterior;
- (2) – Colocar molde da produção seguinte;
- (3) – Afinar parâmetros de injeção;
- (4) – Produção de não conformes.

Verificou-se que o tempo e consumo de cada *setup* varia com diferentes fatores e pode variar bastante de caso para caso.

Apresentam-se duas situações de *setup* nas Figura 39 e Figura 40, onde facilmente se identificam as 4 fases referidas, e se verificam as diferenças nos seus consumos e durações.

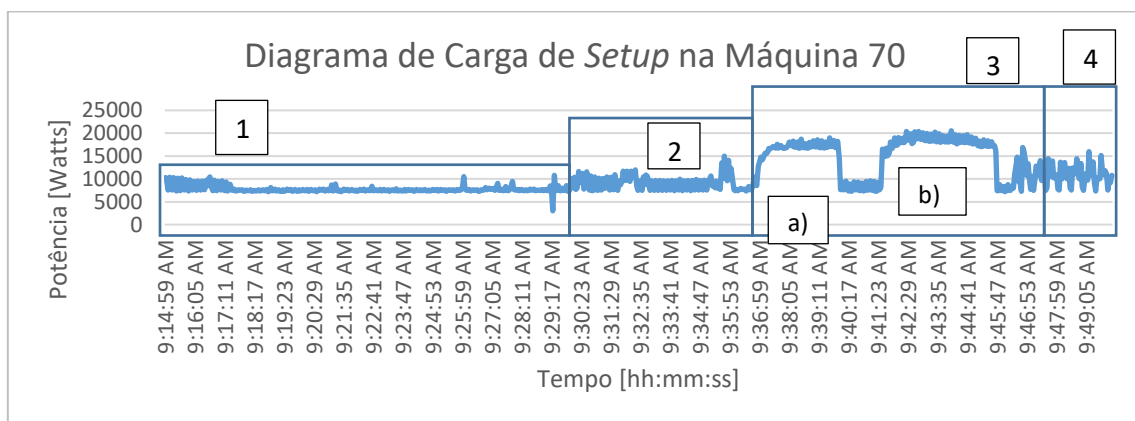


FIGURA 39. DIAGRAMA DE CARGA DE SETUP DA MÁQUINA 70

A mudança de molde na máquina 70 (Hidráulica), deu-se do molde 0936 para o molde 0581, mantendo-se a matéria-prima, mas trocando o pigmento. O facto de trocar de pigmento, muitas vezes, obriga a uma purga intensiva de forma a retirar o pigmento, ou cor, do plástico da produção anterior. Na Figura 39 é possível identificar duas purgas durante a terceira fase do *setup*, identificadas por a) e b). Este *setup* teve a duração de 33 minutos e o seu consumo total foi de 5,7 kWh.

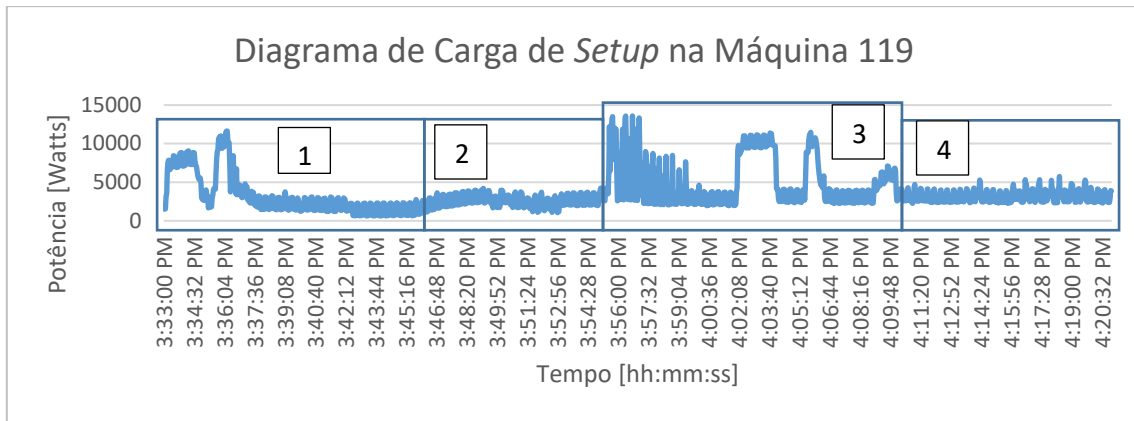


FIGURA 40. DIAGRAMA DE CARGA DE SETUP DA MÁQUINA 119

Também se acompanhou uma mudança de molde na máquina 119 (Elétrica), cujo diagrama de carga é apresentado na Figura 40. Esta mudança consistiu na troca do molde 0129 para o 1264, e alterou-se tanto a matéria-prima, como o pigmento. Tal como na Figura 39 podemos identificar as diferentes fases acima descritas, e também as purgas devido à troca de pigmento.

Este *setup* teve a duração de 48 minutos e um consumo de energia de 2,9 kWh.

Esta mudança de molde teve uma duração superior à mudança acompanhada na máquina 70, ainda assim, teve um consumo bastante inferior apesar da sua duração ser maior. É importante ter em conta que a máquina 119 tal como supramencionado é elétrica, e, como visto tanto no capítulo 2 como no subcapítulo anterior, estas máquinas tendem a ter um consumo inferior ao das máquinas hidráulicas o que justifica o consumo inferior neste *setup*.

Com base nas medições de *setup* realizadas, obtiveram-se os tempos despendidos em cada fase do mesmo e os respetivos consumos energéticos. Nas Figura 41 e Figura 42 podemos ver, baseado nas medições efetuadas, a percentagem de tempo despendido em cada fase e a percentagem de consumo gasta nas mesmas.

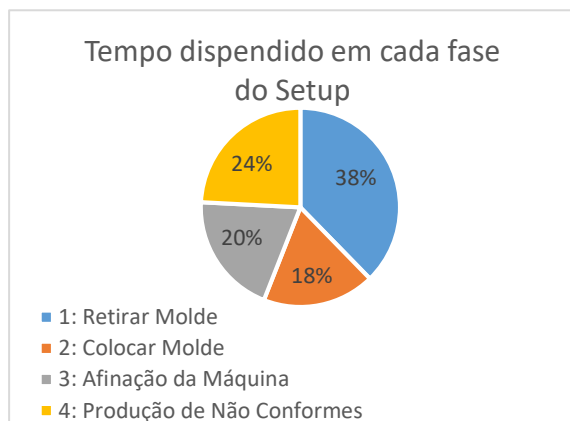


FIGURA 41. DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO DESPENDIDO NO SETUP

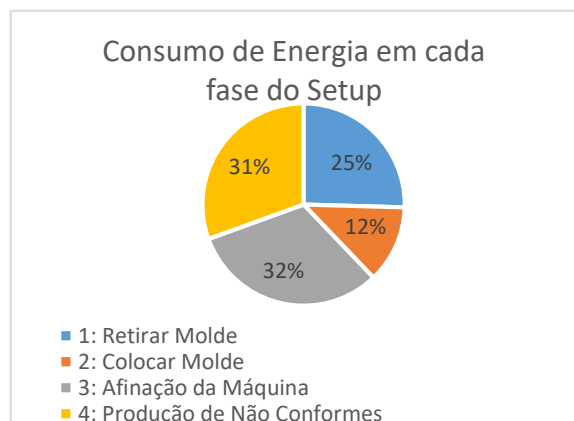


FIGURA 42. DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA DESPENDIDO NO SETUP

Os tempos médios despendidos em cada fase da mudança de molde e respetivos consumos são apresentados na Tabela 8.

TABELA 8. TEMPO E CONSUMO MÉDIOS DESPENDIDOS EM CADA FASE DO *SETUP*

Fases do <i>Setup</i>	Retirar Molde	Colocar Molde	Afinar Máquina	Produção de Não Conformes	Total
Duração [min]	21,8	10,6	11,5	14	57,9
Consumo Médio [kWh]	2,37	1,16	2,95	2,85	9,33
Consumo Horário Médio [kWh/h]	6,52	6,56	15,39	12,20	9,66

Podemos constatar que as fases mais demoradas são a 1ª, que consiste em retirar o molde da máquina e a 4ª, referente à produção de não conformes.

Relativamente ao consumo energético, as fases durante as quais se consome mais energia, são as duas últimas que consistem na afinação da máquina e na produção de não conformes. Ambas as fases de maior consumo de energia ocorrem após a ligação das placas de água e óleo, acessórios pneumáticos, ficha de extração e termorregulador.

3.2.4.3. Análise ao Consumo dos Periféricos

Averiguou-se a influência de alguns componentes e periféricos das máquinas no consumo de energia total das mesmas.

A Figura 43 apresenta o impacto de, enquanto a máquina está parada, desligar a caixa de controladores.

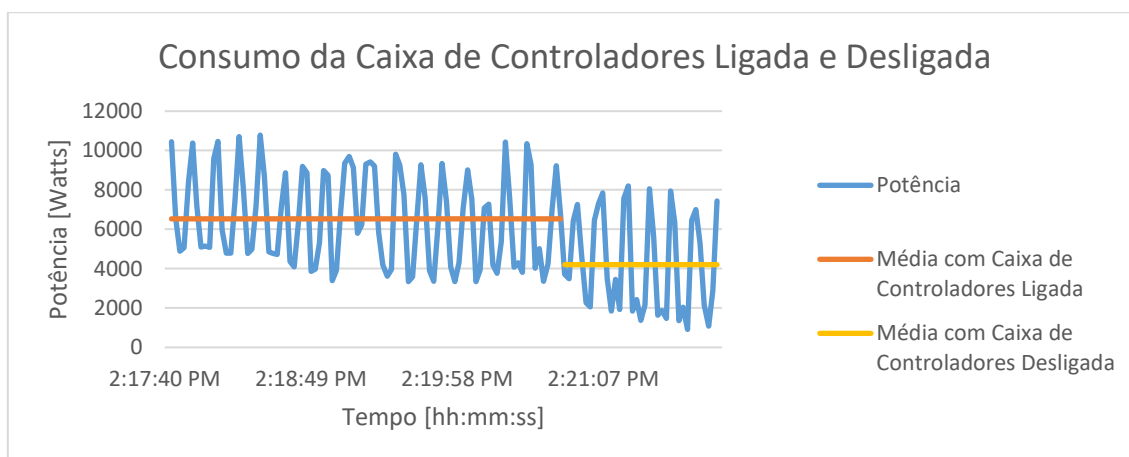


FIGURA 43. DIAGRAMA DE CARGA DA MÁQUINA 107 COM CAIXA DE CONTROLADORES LIGADA E DESLIGADA

Verifica-se, através da figura, que a caixa de controladores ligada influencia o consumo da máquina. Esta caixa, tem como objetivo controlar a temperatura de alguns pontos específicos do molde para que estes se mantenham nas temperaturas desejadas. Dependendo do molde, é, ou não, necessária a utilização deste equipamento, pelo que existem moldes que não necessitam deste aquecimento. Pela figura, análise realizada à máquina 107 após final de produção, verifica-se que, desligando a caixa de

controladores, o consumo da máquina diminui em 2,31 kWh/h. Os consumos medidos na máquina com a caixa de controladores ligada e desligada, são respetivamente, 6,53 kWh e 4,2 kWh.

Além da caixa de controladores, tal como foi referido no capítulo 2, o dispositivo de regulação de temperatura do molde, termorregulador, tem também uma grande influencia no consumo de energia total das máquinas. Isto pode ser constatado através da Figura 44.

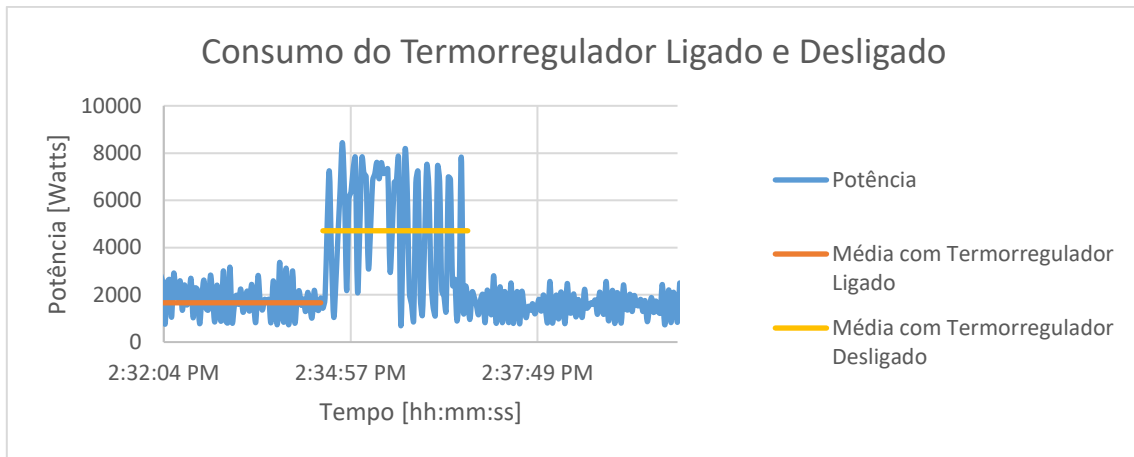


FIGURA 44. DIAGRAMA DE CARGA DA MÁQUINA 107 COM TERMORREGULADOR LIGADO E DESLIGADO

Na Figura 44 podemos verificar o impacto de desligar o termorregulador numa máquina que está em standby. Verifica-se que é possível obter poupanças de cerca de 3,0 kWh/h desligando este equipamento enquanto a máquina se encontra em *idle* (espera), estado da máquina ligada, mas sem produção – máquina parada. A redução verificada na Figura 44 foi de 4,7 kWh para 1,7 kWh.

Conclui-se também que, o impacto do termorregulador durante a produção, visto que, na produção seguinte, a máquina 107 teve um consumo de aproximadamente 7,1 kWh, então, o equipamento representa cerca de 42% do consumo total da máquina. Este valor, comparado com o referido no capítulo 2, é superior, no entanto, é importante ter em conta que, este valor pode variar consoante a máquina e a produção.

É importante ter em conta que, tanto a análise realizada para a Figura 43 como para a Figura 44 foram efetuadas com a bomba hidráulica desligada. A bomba é responsável por grande parte do consumo das máquinas em *idle*.

Podemos avaliar o impacto de desligar a bomba hidráulica numa máquina hidráulica, sem variador de velocidade acoplado ao motor, através da análise à Figura 45.

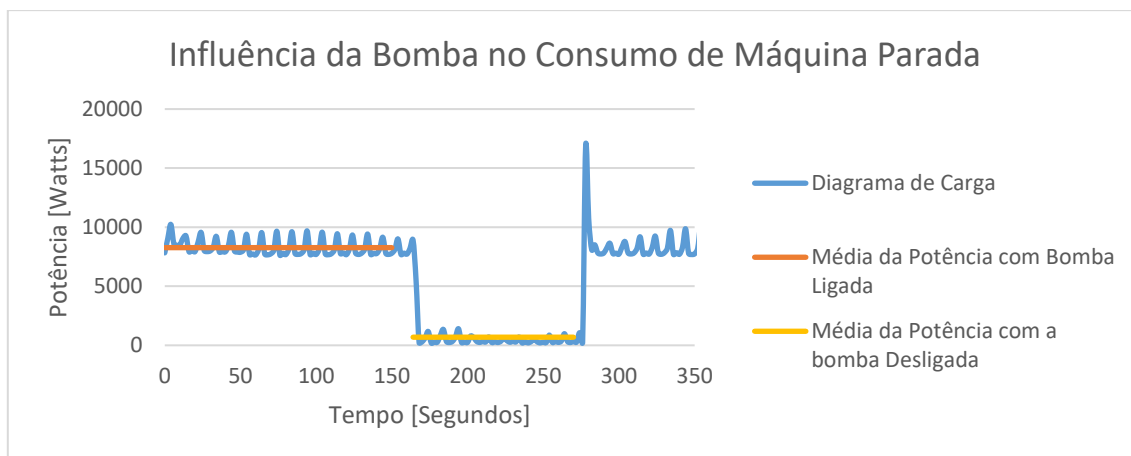


FIGURA 45. DIAGRAMA DE CARGA DA MÁQUINA 50 COM BOMBA HIDRÁULICA LIGADA E DESLIGADA

É possível concluir através da figura que a bomba hidráulica, caso não tenha o variador de velocidade ligado, tem um grande impacto no consumo de energia elétrica. Verifica-se que, no caso analisado, a redução de consumo ao desligar a bomba durante a paragem da máquina implica uma redução de consumo de cerca de 7,58 kWh/h, que correspondem a aproximadamente 91,7% do consumo da máquina parada.

Com esta análise, pretende-se demonstrar o impacto dos periféricos e componentes da máquina de injeção no consumo energético das mesmas. Podemos concluir que, tal como referido na revisão bibliográfica, a bomba hidráulica, o termorregulador e a caixa de controladores, são componentes que têm um grande impacto no consumo energético das máquinas.

Para o caso da bomba hidráulica, verifica-se um pico de potência no arranque da mesma. Ainda assim, este pico tem uma duração bastante curta, o que tem um impacto residual no consumo energético do seu arranque.

3.2.4.4. Análise às Paragens das Máquinas de Injeção

Averiguaram-se os registos de produção para contabilizar o tempo das paragens das máquinas cuja energia está a ser despendida sem acrescentar valor ao produto final.

Assim escolheu-se um período de 15 dias consecutivos, de 01 a 15 de maio de 2019, e verificaram-se um total de 331 horas de paragem. Visto que, muitas vezes as paragens são de curta duração e não têm um impacto significativo no consumo de energia, averiguaram-se o número de horas de paragens superiores a duas horas consecutivas, e verificou-se um total de 180 horas, que corresponde a 54% do tempo total de paragens.

As causas destes tempos sem valor acrescentado ao produto final, e a respetiva percentagem, também foram estudadas e são apresentadas na Tabela 9.

TABELA 9. CAUSAS DE PARAGENS SUPERIORES A DUAS HORAS E RESPECTIVO NÚMERO DE HORAS E PERCENTAGEM

Causa	Afinação	Avaria máq.	Avaria Molde	Diagnóstico	Espera	Limpeza	Mud. Molde	Paragem Progr.	Peças Inc.	Por declarar	Total
Nº de Horas	12	21	71	9	6	3	8	32	2	16	180
%	6,7%	11,7%	39,4%	5%	3,3%	1,7%	4,4%	17,8%	1,1%	8,9%	100%

As principais causas destas paragens são as avarias de molde, seguidas de paragens programadas e avarias de máquinas. Estas paragens devem ser evitadas e deve averiguar-se a possibilidade de realizar um *shutdown* (desligar) à máquina em causa, de forma a evitar o consumo de energia despendida durante o tempo de *idle*.

3.2.4.5. Análise ao Consumo dos Carregadores de Baterias

A fábrica dispõe de um conjunto de equipamentos de transporte que permite aos operadores movimentar cargas por toda a fábrica. Estes equipamentos têm 2 locais com carregadores de baterias onde podem ser carregados. Além disso, dependendo do equipamento, este tem um conjunto de carregadores compatíveis. Alguns dos equipamentos têm troca de bateria, o que lhes permite utilizar outra bateria carregada, quando a atual fica totalmente descarregada. Os restantes têm uma bateria fixa e são carregados ligando o equipamento à corrente. A lista de equipamentos, local, carregador respetivo, e necessidade do equipamento na fábrica são apresentados no Anexo H – Lista de Equipamentos de Transporte.

Os equipamentos de transporte presentes na fábrica têm dois tipos de baterias diferentes. Alguns utilizam baterias de chumbo, enquanto que outros utilizam baterias de lítio.

O desempenho, principalmente de uma bateria de chumbo, altera-se bastante ao longo do tempo. Dependendo da bateria, estas têm uma vida útil (período de utilização em condições operacionais reais), de aproximadamente 1500 ciclos. Desta forma, com a sua utilização, estes equipamentos vão-se desgastando, havendo a necessidade dos operadores carregarem os mesmos durante as pausas de turno e horas de refeição. Assim sendo, começa a existir uma ineficiência que cria um potencial de melhoria neste setor.

De notar que, os mizus (EMC0001, EMC0002, EMC0003, EMC0004, EMC0005, EMC0006) e os *stackers* (EMC0074 e EMC0075) têm troca de bateria, pelo que têm um posto de carregamento de baterias, em que estas, quando colocadas no posto iniciam o seu carregamento. Os mizus dispõem de 8 baterias para os 6 existentes, e os *stacker* têm 4 baterias para os 2 enunciados.

Verificou-se que não existe um planeamento de carregamentos de acordo com as tarifas horárias. Surge então um potencial de melhoria, que é avaliado e analisado com mais detalhe na secção 4.2.5.

3.3. Resumo do Diagnóstico

Na tabela abaixo é apresentado um resumo do diagnóstico baseado nas análises realizadas. As respetivas causas raiz e ideias de solução são também apresentadas na tabela abaixo, para posteriormente, na secção 4, realizar um estudo ao impacto das possíveis medidas a implementar.

TABELA 10. RESUMO DE DIAGNÓSTICO, CAUSAS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Diagnóstico	Causa	Solução
Consumo de Energia Elevado em Períodos de Cheias e Pontas.	Ausência de Planeamento de acordo com Tarifas Horárias.	Planeamento de Carregamento de Baterias dos Equipamentos de Transporte em Horário com Tarifas mais baixas.
Elevada Potência Contratada.	Elevado número de Máquinas em funcionamento em simultâneo; Arranque das Máquinas em Simultâneo.	Planeamento de Arranque de Máquinas de Semiautomáticas Faseado; Planeamento da produção tendo em conta os consumos horários das máquinas.
Elevado tempo de Produção de Não Conformes.	Elevada Quantidade de <i>Spray</i> Protetor do Molde; Necessidade de Limpeza do Molde na 4ª Fase do <i>Setup</i> .	Limpeza do Molde Novo antes da ligação do Termorregulador com Rigor.
Tempos de Valor não acrescentado no <i>Setup</i>.	Técnico/Operador Indisponível; Falta de Pré-Aquecimento do Molde; Transporte do novo Molde Após Início de <i>Setup</i> .	Melhoria do Procedimento de <i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED).
Tempos de Máquinas em <i>Idle</i>.	Avaria de Molde; Paragem Programada; Avaria de Máquina; Sem Declaração; Limpeza de Máquina; Espera de Mudança.	Planeamento de <i>Shutdown</i> às Máquinas de Injeção.
Periféricos das máquinas ligados sem valor acrescentado.	Ausência de Hábitos de Desligar Periféricos quando estes não agregam valor.	Criação de Hábitos e Políticas Energéticas com Visa em Reduzir o Consumo de Energia.

Após o diagnóstico apresentado na secção 3, podemos identificar várias potenciais melhorias assim como as suas principais causas e possíveis soluções.

Assim sendo, verificou-se que o consumo de energia em horas com tarifas horárias mais custosas implica custos mais elevados de energia. Constatou-se também, que não existe planeamento de acordo com estas tarifas, o que origina custos elevados na fatura energética. Propõe-se desta forma, o estudo de um plano de carregamento de baterias para os equipamentos de transporte com o objetivo de reduzir o consumo de energia em horários com tarifas energéticas elevadas.

A segunda proposta de melhoria surge da elevada potência contratada que também tem um impacto prejudicial no valor final da fatura energética. A sua causa provém da ausência de um planeamento de arranque faseado das máquinas. Além disso, esta potência contratada, também pode ser reduzida caso o planeamento da produção tenha em conta a redução desta mesma potência, tendo como base os consumos energéticos horários das diversas máquinas.

Nos setups, constatou-se que a limpeza do molde, de acordo com os *standards*, deve ser realizada numa primeira fase do mesmo, ainda assim, muitas vezes, esta é realizada também durante a 4ª fase na qual se inicia a produção de não conformes. Sendo esta uma das fases com mais influência no consumo de energia do *setup*, é expectável que, evitando a limpeza do molde na 4ª fase da mudança se obtenham reduções, tanto de duração do *setup*, como de consumo de energia.

O procedimento de *setup* adotado pela empresa (SMED), visa diminuir a duração do mesmo, e também, eliminar os tempos sem valor acrescentado à mudança. Ainda assim, verificou-se durante a análise realizada aos *setups*, que esses tempos existem, e têm um peso substancial na duração dos mesmos. Assim sendo, este ponto é também considerado uma potencial melhoria, tendo como possível solução a melhoria do procedimento de SMED.

Através da análise às máquinas em *idle*, constatou-se que existem bastantes paragens de elevada duração, durante as quais, o consumo de energia não acrescenta qualquer valor ao produto final. Este consumo pode ser eliminado realizando um *shutdown* às mesmas. Desta forma, é importante avaliar a viabilidade deste *shutdown* programado, assim como o seu impacto.

Por fim, com a análise ao consumo dos periféricos das máquinas, verificou-se que estes têm um elevado impacto no consumo global da máquina. Assim sendo, considera-se também uma potencial melhoria, a implementação de políticas e hábitos energéticos que levem os colaboradores a desligar estes equipamentos sempre que não são necessários.

No seguinte capítulo, são estudados os impactos das diferentes potenciais melhorias a nível operacional apresentadas assim como a sua viabilidade. Além disso, ainda como visa nos objetivos da dissertação, são estudadas a implementação de uma unidade de produção de energia fotovoltaica para autoconsumo, a substituição de um sistema de iluminação presente na instalação, a substituição de motores atuais por motores mais eficientes, e ainda a instalação de variadores nas bombas das máquinas de injeção, o impacto da substituição das máquinas hidráulicas por máquinas totalmente elétrica e a implementação de um *software* de gestão de energia para apoio à gestão de energia.

4. Resultados e Discussão

Após as análises realizadas e a identificação de algumas possíveis soluções, efetuou-se um *benchmarking*, concluindo que, no geral, existem 2 tipos de melhorias possíveis. A primeira tem origem tecnológica e consiste no investimento em equipamentos e tecnologias mais sofisticadas que permitem obter reduções de consumo e aumentos de eficiência significativos. A segunda tem origem em hábitos e políticas energéticas, sendo necessário melhorar comportamentos humanos e criar algumas políticas para reduzir desperdícios e obter assim reduções de consumo de energia e reduções também no valor da fatura.

Neste capítulo são avaliadas diferentes soluções tecnológicas e comportamentais, é estimada a melhoria associada a cada proposta, e ainda, é realizada uma discussão acerca dos resultados obtidos e da sua viabilidade.

Para as melhorias operacionais ou comportamentais, são sugeridas um conjunto de boas práticas, com a finalidade de alterar alguns hábitos dos colaboradores da empresa e assim reduzir desperdícios energéticos.

4.1. Melhorias Tecnológicas

4.1.1. Unidade de Produção Fotovoltaica

O dimensionamento de uma unidade de produção fotovoltaica para autoconsumo inicia-se com o levantamento das coordenadas geográficas do local a instalar e com a avaliação da sua área disponível.

Após ter conhecimento do local a instalar, da sua área e das suas coordenadas geográficas, procedemos à avaliação da irradiância (G) e irradiação (H), que nos permitem avaliar a viabilidade do estudo. Para isso, é necessário escolher os painéis fotovoltaicos a instalar.

As coordenadas geográficas do local da instalação são: Latitude 40,656; Longitude -8,615; e, a área total do telhado é de $12120 m^2$ [61].

Visto que a OLI – Sistemas Sanitários, durante o estágio teve diversas propostas de vários fornecedores, optou-se por fazer o estudo de viabilidade de produção de energia para autoconsumo através de um dos módulos de painéis fotovoltaicos propostos por algumas empresas e, posteriormente optou-se por fazer a comparação das propostas existentes.

O módulo selecionado para o estudo foi o, Q.Plus L-G4.1 345, visto serem fabricados por uma marca de renome e bastante prestigiada na indústria fotovoltaica na Europa. As suas características foram fornecidas pela empresa que realizou a proposta e a sua ficha técnica pode ser consultada no Anexo I – Ficha Técnica dos Módulos dos Painéis Solares.

Dada a área de estudo da fábrica ter os dois Postos de Transformação, são necessários dois sistemas de produção fotovoltaica.

A potência nominal a instalar em cada sistema de produção depende do consumo típico de cada posto de transformação. Analisando as curvas diárias da instalação apresentadas na Figura 26 do capítulo 3.2.3 selecionaram-se três potências nominais distintas para cada posto de transformação, de forma a estudar a viabilidade de cada uma. As potências escolhidas para cada hipótese encontram-se na Tabela 11.

TABELA 11. HIPÓTESES DE POTÊNCIAS DE INSTALAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Hipóteses	Potências nominais de Pico [kWp]		
	1	2	3
P.T.2	350	500	500
P.T.3	350	400	700
Total [P.T.1 + P.T.2]	700	900	1200

A hipótese 1 satisfaz as necessidades dos fins de semana em ambos os postos de transformação, assim como parte das necessidades energéticas semanais. A hipótese 3 cobre a necessidade da instalação durante a maior parte do tempo, com exceção de alguns picos de consumo, e a 2ª hipótese satisfaz as necessidades ao fim de semana e garante grande parte do consumo da semana.

Os valores da irradiação incidente média mensal apresentam-se na Tabela 12, para um ângulo azimutal de 35°, e uma inclinação de 6° na localização desejada [62].

TABELA 12. IRRADIÂNCIAS MENSAIS DE 2018 PARA A LOCALIZAÇÃO DOS PAINÉIS, OBTIDO DE [62]

Mês	G [$\frac{kWh}{m^2}$]
Janeiro	66,3
Fevereiro	90
Março	140
Abril	167
Maiο	208
Junho	217
Julho	230
Agosto	209
Setembro	165
Outubro	114
Novembro	77,2
Dezembro	64,4

As perdas no sistema são diversas e é importante considerá-las. A distância entre a localização dos painéis e o local de entrega de eletricidade é significativa e, ao longo deste percurso a diferença entre a energia produzida e a energia útil vai aumentando, diminuindo o rendimento total do sistema.

Tendo em conta o catálogo dos módulos apresentados pelos fornecedores, obtemos a eficiência dos módulos em *standard test conditions* (STC). Porém, na verdade, a eficiência real é inferior à mencionada em STC dadas as condições reais do meio em que serão instalados os painéis, mais concretamente a temperatura e irradiância do meio. Aumentando a irradiância do meio, a eficiência dos painéis aumenta em escala logarítmica. Além disso, com o aumento da temperatura, a eficiência dos módulos diminui linearmente. Com base no *software* PVGIS foi possível estimar as perdas derivadas do meio, obtendo um valor de 9,1%. Este valor corrige diretamente o valor da eficiência dos módulos em STC sugeridos pelo fornecedor.

Segundo o fornecedor, após o primeiro ano de funcionamento, a perda de rendimento dos painéis fotovoltaicos é de 3%, e a sua perda anual até 25 anos é de 0,68%.

Existem ainda as perdas nos materiais auxiliares como cablagem e inversores. Os rendimentos considerados para estes equipamentos, foram também os valores mencionados pelos fornecedores. O inversor escolhido e as perdas na cablagem são baseados na proposta que a OLI recebeu para instalação dos painéis fotovoltaicos. Desta forma os rendimentos do inversor, cabos DC e cabos AC, são respetivamente, 98,2%, 99,0% e 97,0%.

No presente caso, não existem edifícios mais altos próximos da localização em estudo, portanto não foram considerados efeitos de sombreamento por parte de edifícios vizinhos. Contudo, é ainda necessário avaliar a distância entre fileiras de forma a evitar sombreamento nos painéis por parte de outras fileiras.

Para calcular essa distância utiliza-se a equação 4.1.

$$d = L * \left(\cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{\tan \beta} \right) \quad (4.1)$$

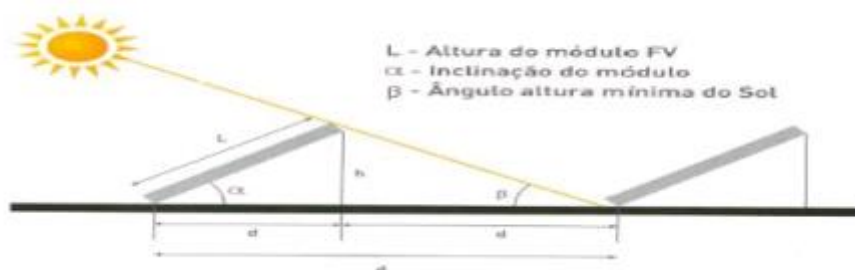


FIGURA 46. DISTANCIA ENTRE FILEIRAS CONSECUTIVAS, RETIRADO DE [63]

A FIGURA 46 mostra a distância mínima entre fileiras de modo a evitar o sombreamento por parte dos painéis, em que:

L = Altura do Painel Fotovoltaico [m];

α = Inclinação do Painel [graus];

β = Angulo mínimo do Sol [graus];

d = Afastamento entre fileiras [metros].

Através do *software* PVSyst, traçou-se o percurso do sol em função das coordenadas geográficas e, concluiu-se que, o ângulo mínimo do sol, para o dia 22 de dezembro, é $\beta = 24^\circ$.

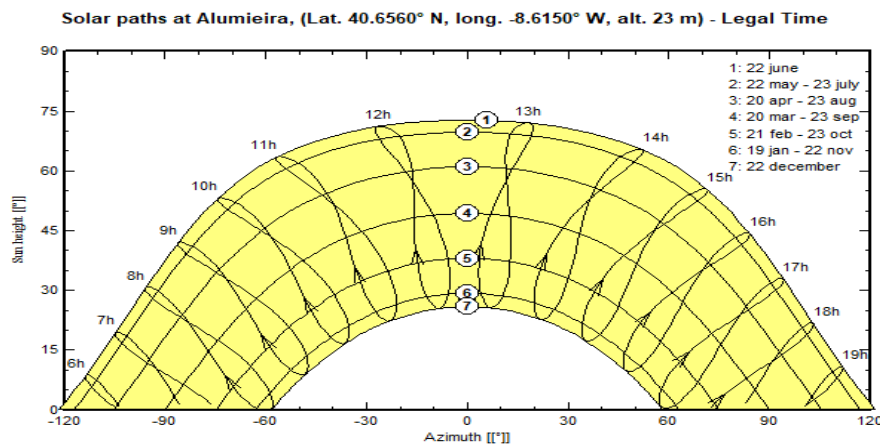


FIGURA 47. POSIÇÃO SOLAR DIÁRIA, OLI – SISTEMAS SANITÁRIOS, AVEIRO

Obtém-se, desta forma, uma distância de segurança de aproximadamente 0,25 metros, evitando sombreamento dos módulos fotovoltaicos. Visto que são propostas 6 fileiras de painéis, conclui-se que o impacto desta distância na área total utilizada pelos módulos fotovoltaicos tem muito pouca influência.

Sabendo as dimensões e potência de cada módulo, é possível calcular a área necessária de painéis para satisfazer as potências de cada hipótese considerada.

Tendo em conta as características do local e a distância entre fileiras calculada, é possível instalar um máximo de 4500 módulos.



FIGURA 48. ESPAÇO A INSTALAR OS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS [61]

Considerando que os módulos em causa têm uma potência nominal nas *standard test conditions* de 345 Wp, o número de módulos para cada hipótese, assim como a sua área total, encontram-se na Tabela 13.

TABELA 13. PROPOSTAS DE IMPLEMENTAÇÃO DE INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

Características da Instalação	P.T.2		P.T.3		P.T.2 + P.T.3	
	Nº de Módulos	Área Total [m ²]	Nº de Módulos	Área Total [m ²]	Nº de Módulos	Área Total [m ²]
Hipótese 1 [700 kWp]	1015	2032	1015	2032	2030	4063
Hipótese 2 [900 kWp]	1450	3060	1160	2322	2610	5224
Hipótese 3 [1200 kWp]	1450	3060	2029	4061	3479	6826

A produção de energia através do sistema de painéis fotovoltaicos é avaliada da seguinte forma:

$$E_{produzida,FV} = G * A * \frac{\eta_{módulo}}{100} * \eta_{sistema} \quad (4.2)$$

$$\eta_{sistema} = \frac{\eta_{inversor}}{100} * \left(1 - \frac{Perdas_{T,I}}{100}\right) * \left(1 - \frac{Perdas_{DC}}{100}\right) * \left(1 - \frac{Perdas_{AC}}{100}\right) \quad (4.3)$$

Sendo que,

$E_{produzida,FV}$ = Energia que o sistema fotovoltaico produz [kWh];

G = Irradiação Solar sobre uma superfície [$\frac{kWh}{m^2}$];

A = Área de painéis instalados [m²];

$\eta_{módulo}$ = Eficiência do módulo sob condições nominais, STC [%];

$\eta_{sistema}$ = Rendimento do sistema [%];

$\eta_{inversor}$ = Eficiência do Inversor [%];

Perdas = Perdas do sistema relativas ao efeito da temperatura e irradiação, e cablagem AC e DC [%].

Assim, recorrendo às equações supramencionadas, podemos estimar a energia que seria produzida pelo sistema fotovoltaico no ano de 2018 para as diferentes hipóteses. Além disso podemos também estimar a energia que seria vendida à rede, a que seria comprada, e a utilizada para autoconsumo. Os resultados para cada hipótese estudada encontram-se na Tabela 14.

TABELA 14. PREVISÃO DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA APÓS IMPLEMENTAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Resultados das Instalações	Energia Produzida [kWh]	Venda à Rede [kWh]	Compra à Rede [kWh]	Autoconsumo [kWh]
Hipótese 1	946037	62263	7610880	883773
Hipótese 2	1216667	91315	7369301	1125353
Hipótese 3	1621444	153422	7026631	1621444

Após o estudo técnico e a avaliação das poupanças energéticas associadas a cada hipótese, é necessário estudar a viabilidade económica associada a cada caso. Para a análise financeira, é importante ter em conta a energia que é consumida em autoconsumo e que consequentemente se evita comprar à rede. É também importante avaliar os lucros associados à venda de energia à rede e, por fim, avaliar a poupança associada à redução de custo em cada período horário.

A poupança anual relativa à energia consumida proveniente de produção própria é calculada da seguinte forma:

$$Poupança_1 = \text{Autoconsumo} * \text{Preço unitário de compra de energia a tarifa fixa} \quad (4.4)$$

Os lucros associados à venda de energia à rede:

$$\text{Lucros} = \text{Venda à Rede} * \text{Preço unitário de venda de energia} \quad (4.5)$$

A poupança associada ao consumo energético em cada período horário, é calculada recorrendo às percentagens médias de consumo em 2018 em cada tarifa horária e, através da equação abaixo, calcula-se a poupança associada ao autoconsumo em cada período:

$$\begin{aligned} Poupança_2 &= \text{Autoconsumo} * (\%Pontas \\ &* \text{Tarifa}_{Pontas} + \%Cheias \\ &* \text{Tarifa}_{Cheias} + \%Vazio \\ &* \text{Tarifa}_{Vazio} + \%SuperVazio \\ &* \text{Tarifa}_{SuperVazio}) \end{aligned} \quad (4.6)$$

Além das 2 poupanças descritas acima, a redução do pico de potencia também resulta numa terceira poupança.

$$Poupança_3 = \text{Redução do pico de potencia} * \text{Tarifa associada ao pico} \quad (4.7)$$

A poupança total resulta na soma das 3 economias descritas acima, e ainda do excedente de produção, lucros, que correspondem à venda de energia à rede ao preço de 0,04€/kWh [63].

Relativamente ao custo dos módulos fotovoltaicos, consideram-se os seguintes valores propostos por [64]:

Custo dos Módulos = 0.434 €/Wp; (Considerando que são adquiridos na Europa).

Custo da Instalação + Suporte = 68 035€ (CAPA Energies).

Custo de engenharia considera-se igual a 30.000€.

O resumo das poupanças financeiras para os diferentes casos, no 1º ano de funcionamento, encontra-se na tabela abaixo e, os indicadores financeiros finais, referentes a cada hipótese de instalação apresentam-se na Tabela 16.

TABELA 15. POUPANÇAS RELATIVAS AO 1º ANO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA E INVESTIMENTO TOTAL

Hipóteses	Poupança 1	Lucros	Poupança 2	Poupança 3	Ganhos Totais Anuais	Investimento
1	58.414 €	2.416 €	27.262€	2.760€	90.852€	401.835€
2	74.381 €	3.653 €	34.714€	2.760€	115.508€	488.635€
3	97.030 €	6.137 €	45.285€	2.760€	151.212€	618.835€

TABELA 16. INDICADORES FINANCEIROS RELATIVOS À PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA PARA AUTOCONSUMO NO 1º ANO

Hipóteses	1	2	3
VAL [25 Anos]	1.887.807€	2.377.917€	3.155.634€
TIR	20%	21%	22%
Payback	4,42	4,23	4,09
LCOE [€/MWh]	19	18	17

Analisando os resultados obtidos, concluímos que, o melhor investimento será a hipótese 3, correspondente à instalação de painéis fotovoltaicos com uma potência instalada de 1200 kWp. Ainda assim, tendo em conta o Decreto-Lei n. 153/2014 do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia [56], verifica-se que para uma potência instalada superior a 1 MW, é necessária uma licença de produção e de exploração, pelo que, o investimento mais apropriado será a 2ª hipótese, correspondente a uma potência de 900 kWp.

Verifica-se que o período de retorno de investimento da opção 2, é de 4,23 anos e que os restantes indicadores económicos para a respetiva proposta são, VAL de 2.377.917€, TIR de 21% e LCOE de 18€/MWh.

4.1.2. Iluminação

Após a identificação, e caracterização da iluminação do edifício 2, concluiu-se que, o “Mercado do Peixe”, zona pertencente ao edifício em causa, tem um sistema de iluminação composto pelos seguintes equipamentos: 144 lâmpadas de 36 W, cor 865 (6500 K), com 1,2 metros de comprimento cada.

Para fazer uma proposta que optimize os custos energéticos relativos à iluminação desta secção, é necessário calcular a eficácia luminosa das lâmpadas através da seguinte equação:

$$K = \frac{\Phi_V}{P_e} \quad (4.8)$$

K = Eficácia Luminosa de uma fonte [lm/W];

Φ_V = Fluxo Luminoso [Lumens];

P_e = Potência Elétrica [Watts];

Tenciona-se substituir os equipamentos atuais por equipamentos com maior eficácia para que se obtenham poupanças energéticas e se mantenha a intensidade de luz.

Para cada solução, avalia-se a poupança energética da seguinte forma:

$$\Delta E = (P_{atual} - P_{solução}) * N_{lampadas} * t_{trabalho} \quad (4.9)$$

Posteriormente, devem comparar-se as soluções e optar pela mais viável.

É importante ter em conta que, para determinadas situações de trabalho, existem intensidades luminosas recomendadas. Neste caso, visto ser uma zona de entrada e de circulação, em que a iluminação superior tem apenas a função de iluminação geral, de acordo com [65], os níveis de intensidade luminosa devem estar entre os 200 e 300 Lux. A equação 4.9 mostra como se calcula a intensidade luminosa para um dado local.

$$1 \text{ Lux} = 1 \frac{\text{Lumen}}{\text{m}^2} \quad (4.10)$$

Após uma análise detalhada ao mercado e às diversas soluções, optou-se por analisar o investimento de 3 soluções apresentadas na Tabela 17.

TABELA 17. CARACTERÍSTICAS DA ILUMINAÇÃO ATUAL E SOLUÇÕES

Soluções	Atual	1	2	3
Referência	OSRAM L36W/765	T8 Value EM Gen 8	T8 Advanced Universal Gen 8	T8 Value Universal Gen 8
Potência [Watts]	36	16,2	14	16
Fluxo Luminoso [Lumens]	2500	1700	2100	1700
Eficácia	69,4	105	150	106,3
Tamanho [mm]	1200	1200	1200	1200
Cor [K]	6500	4000	4000	4000
Tempo de Vida [h]	13000	30000	50000	30000
Custo [€]	2	13,5	29	23,5

As lâmpadas atuais funcionam 24 horas por dia, durante aproximadamente 340 dias por ano, resultando num total de horas de funcionamento de 8160 horas por ano.

Efetuiu-se uma análise económica às diferentes soluções resultando, desta análise, os respetivos indicadores financeiros.

Apresentam-se, na Tabela 18, os indicadores financeiros relativos às diversas soluções, e no Anexo J – Tabela Resumo de Estudo de Viabilidade de Substituição de Iluminação, pode consultar-se, a tabela com a análise e valores discriminados.

TABELA 18. INDICADORES FINANCEIROS RELATIVOS À PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DA ILUMINAÇÃO

Solução	Poupança Anual [€]	Investimento [€]	PRI Simples [Anos]
1	3367	1986	0,6
2	3506	4190	1,2
3	3009	3398	1,1

É importante ter em conta que o valor do investimento não tem em conta o custo da instalação.

Observando a Tabela 18 verifica-se que a primeira solução é a que apresenta um menor período de retorno de investimento. Ainda assim, esta solução irá reduzir a luminosidade no edifício. Desta forma, propõe-se a solução 2, de maneira a manter aproximadamente a mesma intensidade luminosa, e aumentar a eficácia das lâmpadas para mais do dobro, contribuindo para uma redução de consumo de energia e, conseqüentemente, uma redução de custos.

4.1.3. Máquinas de Injeção Plástica

O consumo das máquinas de injeção, tal como verificado acima, varia com diversos fatores. Mesmo assim, podemos concluir que as máquinas elétricas têm consumos bastante inferiores aos consumos das máquinas hidráulicas. Desta forma, torna-se importante estudar o impacto de substituir as máquinas hidráulicas por máquinas mais eficientes avaliando o investimento em causa, assim como as respetivas poupanças associadas.

Utilizaram-se, para este estudo, duas máquinas automáticas, uma hidráulica (Máquina 65) e a outra elétrica (Máquina 117), de maneira a comparar os consumos energéticos de ambas. Estas máquinas têm forças de fecho semelhantes, sendo que a máquina 65 tem 80 tons e a máquina 117, 130 tons, permitindo uma análise comparativa mais precisa. Para realizar esta análise, avaliou-se o consumo das máquinas em produção com moldes semelhantes e injetando a mesma matéria-prima. As propriedades de ambas as máquinas e produções encontram-se na Tabela 19 assim como o consumo horário obtido em ambas as medições.

TABELA 19. COMPARAÇÃO ENTRE MÁQUINA AUTOMÁTICA HIDRÁULICA E ELÉTRICA

Características das Máquinas	Máquina 65 (Hidráulica)	Máquina 117 (Elétrica)
Força de Fecho [Tons]	80	130

Robot em Funcionamento	Não	Sim
Variador de Velocidade	Não	Sim
Molde Utilizado	ML1099	ML1010
Tempo de Ciclo [Seg.]	25	38
Matéria-Prima	ABS	ABS
Peso da Peça [Kg]	0,0141	0,0665
Consumo Horário [kWh/h]	12,81	3,41

Verifica-se que, apesar da máquina hidráulica ter uma força de fecho menor, não ter robot ligado e o seu produto final ter um peso bastante inferior, o consumo energético é bastante superior ao da máquina elétrica.

Os diagramas de carga de ambas as máquinas são apresentados na Figura 49, onde são facilmente identificados os ciclos de injeção ao longo do tempo.

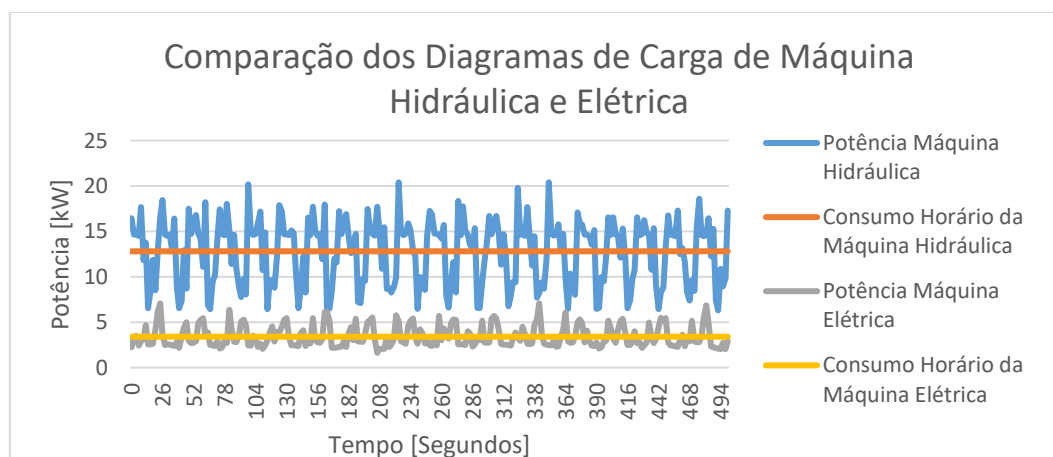


FIGURA 49. DIAGRAMA DE CARGA DA MÁQUINA 65 E 117

Através da figura acima e dos valores de consumo apresentados na Tabela 19, concluímos que a máquina elétrica, relativamente à hidráulica poupa 9,4 kWh por hora, o que se traduz numa poupança de 1,034 €/hora.

Averiguaram-se os registos de produção da máquina 65, e verificou-se que durante 15 dias, a máquina esteve em produção 349 horas. Extrapolando este valor para um ano de produção, estima-se que a máquina trabalhe aproximadamente 8390 horas por ano, o que se traduz numa poupança de 8675,3 €/ano.

Além da poupança energética, as máquinas elétricas apresentam outras vantagens relativamente às hidráulicas. Joseph e Shah [66], apresentam as vantagens e desvantagens de cada tipo de máquina de injeção resumidas na Tabela 20.

TABELA 20. COMPARAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES TIPOS DE MÁQUINAS DE INJEÇÃO, ADAPTADO DE [66]

Tipo de Máquina	Hidráulicas	Híbridas	Elétricas
Consumo de Energia	Pior	Bom	Melhor
Precisão	Pior	Bom	Melhor
Limpeza	Pior	Média	Melhor
Ruído	Elevado	Médio	Baixo
Manutenção	Elevada	Média	Baixa
Adaptabilidade do Molde	Fácil	Fácil	Difícil
Custo	Baixo	Médio	Alto

Tendo em conta que na OLI, existem 84 máquinas hidráulicas, 6 elétricas e 1 híbrida, conclui-se que existe um grande potencial de melhoria na substituição de máquinas hidráulicas por máquinas de toneladas semelhantes totalmente elétricas.

Após o contacto com fornecedores, solicitou-se o orçamento de uma máquina totalmente elétrica com uma força de fecho de 80 tons. Recorreu-se também aos registos da OLI e verificou-se que a empresa dispõe de valores para estes investimentos. Assim, com base nas máquinas totalmente elétricas adquiridas anteriormente pela OLI, esta forneceu o valor de 90.000€ para uma máquina elétrica de 80 tons, diâmetro do fuso, 36 mm e volume de injeção, 147 cm^3 . Assim, com base no investimento numa nova máquina de injeção elétrica, para substituição da máquina hidráulica atual, apresentam-se na Tabela 21.

TABELA 21. INDICADORES FINANCEIROS RELATIVOS À PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DE UMA MÁQUINA DE INJEÇÃO DE 80 TONS HIDRÁULICA POR UMA ELÉTRICA

Substituição de Máquina de Injeção	Poupança [€/ano]	Investimento [€]	PRI [Anos]
Máquina de 80 Tons	8.675,3€	90.000€	10,4

Apesar do investimento demorar bastante tempo a ser recuperado, tal como supramencionado, este investimento apresenta diversas vantagens além da poupança energética. Estes indicadores têm apenas em conta a poupança a nível energético, o que na realidade, não traduz todas as vantagens importantes para esta tomada decisão. Deste modo, antes de tomar qualquer decisão, é importante avaliar de forma rigorosa o impacto das restantes vantagens permitindo uma análise mais detalhada. Ainda assim, podemos quantificar através desta análise, a poupança energética associada a esta melhoria.

4.1.4. Motores e Variadores

Uma empresa externa realizou um estudo aos motores instalados nas máquinas de injeção na OLI. Este estudo envolveu uma recolha intensiva de dados acerca do funcionamento de cada motor em

carga e em vazio. Inicialmente efetuou-se o levantamento dos motores da instalação e respetiva medição do consumo energético em carga e em vazio.

De seguida, foi apresentada uma proposta de substituição de alguns dos motores atuais por motores de alto rendimento, classe IE3, assim como as poupanças associadas a cada motor de substituição.

Foi então realizada uma seleção e avaliação dos motores com maior potencial de racionalização de energia e, posteriormente, realizou-se uma hierarquização dos motores a substituir.

Verificou-se que a proposta apresentada pela empresa foi estimada tendo em conta o funcionamento das máquinas 24 horas por dia, durante 365 dias por ano. No entanto, as máquinas têm períodos de funcionamento distintos e inferiores aos considerados, tornando importante avaliar-se a poupança energética e os respetivos indicadores financeiros de acordo com uma estimativa das horas de funcionamento de cada motor com base no histórico de funcionamento de cada máquina.

Realizou-se assim, com base nas medições realizadas pela empresa e com a estimativa das horas de funcionamento de cada motor baseada nos resultados do sistema de gestão de produção da OLI, o cálculo do *payback* individual de cada motor.

De seguida, ordenaram-se os motores por ordem crescente de tempo de funcionamento e verificaram-se quais os motores com menor período de retorno de investimento.

Dado que, neste tipo de indústria, é possível algumas máquinas saírem de funcionamento por determinadas razões, avaliou-se também a quantidade de máquinas em que cada motor novo de alto rendimento pode ser aplicado. Assim, podemos garantir que, caso a máquina prevista para a aplicação do motor não se mantenha em funcionamento, este poderá ser aplicado e garantir poupanças aplicado o mesmo a outra máquina. Além disso, teve-se também em conta não só estes dois fatores, como também a poupança energética por hora de funcionamento.

A lista dos motores que se pretende substituir e os respetivos períodos de retorno de investimento, encontram-se no Anexo L – Proposta de Motores a Substituir e de Variadores a Instalar, assim como a lista relativa aos variadores.

Na Tabela 22, apresentam-se os indicadores financeiros finais relativos à substituição dos motores. É importante ter em consideração que esta proposta tem em conta que, no caso de alguma máquina ser substituída ou sair da unidade industrial, os motores propostos são compatíveis com outras máquinas da fábrica.

TABELA 22. INDICADORES FINANCEIROS RELATIVOS À PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES

Motores					
Nº	Poupança [€/ano]	Investimento (com financiamento)	PRI	Investimento (sem financiamento)	PRI
15	5.857,00 €	25.045,41 €	4,3	30.638,42 €	5,2

A proposta de melhoria relativa à substituição dos motores é assim de 15 motores, que são compatíveis com 28 máquinas. Dos 15 motores propostos, apenas 3 não têm alternativa de aplicação.

Relativamente aos variadores foi aplicada a mesma metodologia sendo a proposta final e respetivos indicadores apresentados na Tabela 23.

TABELA 23. INDICADORES FINANCEIROS RELATIVOS À PROPOSTA DE INSTALAÇÃO DE VARIADORES

Variadores					
Nº	Poupança [€/ano]	Investimento (com financiamento)	PRI	Investimento (sem financiamento)	PRI
14	7.570,00 €	43.394,89 €	5,7	53.945,47 €	7,1

A proposta para os variadores, também teve em conta o número de motores na fábrica para os quais os variadores propostos são compatíveis. Assim, são propostos 14 variadores novos, que podem ser instalados em 45 máquinas diferentes. Neste caso, garante-se que cada variador possa ser instalado em mais do que uma máquina.

4.1.5. Software de Gestão de Energia

O *Software* de gestão de energia atualmente utilizado na empresa é o *EMINUS* e ao longo do trabalho realizado, detetou-se que este tem alguns erros de medição. Os resultados do *software* foram, como referido no capítulo 3, comparados com os valores das medições realizadas com o analisador de energia. Aí detetaram-se os erros apresentados no Anexo F – Lista de Erros do *Software* de Gestão de Energia.

Alguns destes erros podem ser reparados com facilidade pela manutenção da fábrica, no entanto, outros, provêm do *software* o que implica a intervenção do fornecedor. Dado que em algumas medições foram detetados os erros mencionados, isto retira toda a confiança que temos nos dados fornecidos pelo programa. Desta forma, não sabendo a veracidade dos resultados apresentados pelo *software*, a ferramenta perde toda a sua utilidade, propondo-se então, nesta secção, a implementação de um novo *software*.

Visto que a OLI – Sistemas sanitários, tal como vimos na secção 3, é considerada pela SGCIE (DL nº71/2008) um consumidor intensivo de energia por consumir mais de 500 tep/ano, torna-se muito importante a monitorização dos consumos energéticos na empresa.

A implementação do *software* de gestão de energia pode permitir poupanças energéticas significativas, mas o seu impacto depende da forma como este é gerido. Para que esta medida proporcione melhorias a nível energético, é necessário a monitorização regular dos equipamentos através do *software* e a criação de indicadores a partir dos resultados provenientes do programa, de forma a avaliar o impacto de medidas implementadas.

Além disso, esta medida permite imputar custos aos respetivos produtos e processos controlando posteriormente a sua evolução.

Muitos destes *softwares* permitem ainda a criação de alarmes no caso de alguns parâmetros definidos estarem fora da zona delimitada. Esta funcionalidade permite evitar paragens na produção, corrigir previamente anomalias, informar sobre o tempo de vida útil dos equipamentos e otimizar todo o processo de manutenção. Este sistema alia-se, desta forma, à manutenção preventiva.

Dada a dificuldade de quantificar as melhorias possibilitadas por esta melhoria proposta, nesta secção apenas se informa as suas vantagens e utilidades, não se realizando, para esta medida, uma análise técnico-económica.

4.2. Melhorias Operacionais

4.2.1. Melhoria do SMED

Realizada a análise aos *setups*, averiguou-se o procedimento de SMED utilizado pela empresa. Esta análise foi efetuada em simultâneo com a medição do consumo energético, com a finalidade de poder identificar mais detalhadamente o impacto das diversas tarefas do procedimento de SMED e o respetivo consumo de energia.

Ao longo de algumas medições e acompanhamentos realizados, verificaram-se alguns períodos de tempo sem valor acrescentado ao *setup* e identificaram-se as suas causas.

A Tabela 24 apresenta os resultados da análise realizada a um *setup* na máquina 118 (Elétrica), onde se podem encontrar os procedimentos realizados ao longo da mudança de molde, assim como os tempos despendidos durante cada tarefa.

TABELA 24. SMED A SETUP NA MÁQUINA 118 (ELÉTRICA)

Tarefa	Duração [minutos]
Técnico Indisponível	8
Limpeza do Molde	3
Retirar Molde	10
Ligar placas de água e óleo, acessórios pneumáticos, ficha de extração e termorregulador	1
Afinações e apertos	4
Introdução da nova matéria-prima	4
Purga	2

Limpeza do Molde com Spray	5
Limpeza do Molde com ar comprimido	5
Afinações	5
Produção de Não Conformes	8
Limpeza com <i>spray</i>	4
Produção de Não Conformes	6
Total	65

Realizaram-se, no total, sete análises a diferentes *setups*. Para cada um, identificaram-se os tempos sem valor acrescentado ao *setup* e verificaram-se três tipos de tempos sem valor acrescentado diferentes. Desta forma, os resultados médios obtidos, encontram-se na Tabela 25.

TABELA 25. TEMPOS MÉDIOS DESPENDIDOS DURANTE O *SETUP* SEM VALOR ACRESCENTADO

Tempos	Tempo de Espera [min]	Tempo de Transporte [min]	Tempo de Organização [min]
Tempo médio por Setup	7,3	2,3	0,3
% Tempo do Setup	12,5%	2,6%	0,4%

Verifica-se, através dos resultados obtidos que, em média, 12,5% do tempo de *setup* é considerado tempo de espera, 2,6% tempo de transporte, e 0,4% tempo de organização. Assim, concluímos que a percentagem de tempo útil durante o *setup* é de 84,5%.

Para cada tarefa executada sem valor acrescentado ao *setup*, identificaram-se as respetivas causas, que se apresentam seguidamente:

- Tempo de espera;
 - Causas:
 - Localização do novo molde de difícil acesso com ponte rolante que acede à máquina a colocar o molde;
 - Técnico Indisponível;
 - Pré-aquecimento do molde não realizado;
 - Ponte Rolante avariada/Indisponível.
- Tempo de transporte;
 - Causas:
 - Transporte do molde novo após máquina parada;

- Necessidade de transporte de molde com empilhador.
- Tempo de organização;
 - Causas:
 - Mangueiras Enroladas.

Os tempos apresentados na Tabela 25, visto que não acrescentam valor ao *setup* e que são tempos que, para além de não serem aproveitados para produção, estão a provocar gastos de energia desaproveitados, devem ser eliminados de forma a utilizar a energia de forma mais eficiente.

O procedimento SMED pode assim ser melhorado. Podendo, caso se eliminem os tempos sem valor acrescentado ao *setup*, verificar poupanças tanto a nível energético, como a nível de produção.

Na Tabela 26 apresentam-se as fases em que estes tempos ocorrem, assim como, baseado na Tabela 8, os consumos de energia despendidos na respetiva fase do *setup* em que ocorrem os respetivos tempos, a percentagem de ocorrência associada a cada tipo de desperdício e, por fim, a poupança associada a cada melhoria.

TABELA 26. FASES DO SETUP EM QUE OCORREM OS TEMPOS SEM VALOR ACRESCENTADO

Tempos	Tempos de Espera	Tempos de Espera	Tempos de Transporte	Tempos de Transporte	Tempos de Organização
Fase	1	3	1	2	3
Consumo Médio da fase [kWh]	2,37	2,95	2,37	1,16	2,95
Ocorrência [%Tempo de Setup]	10%	2,5%	1,3%	1,3%	0,4%
Poupança por Setup [€]	0,04	0,01	0,0034	0,0017	0,0013

Para o cálculo da poupança associada à redução de cada tipo de tempo sem valor agregado à mudança de molde, é utilizada a seguinte equação:

$$\begin{aligned}
 & \text{Poupança associada a cada Redução de Tempo} \\
 & = (\text{Ocorrência} \\
 & \quad * \text{Consumo na Fase Respetiva} \\
 & \quad * \text{Custo Unitário da Energia})
 \end{aligned}
 \tag{4.7}$$

Assim, a poupança por *setup*, caso se reduzam os tempos sem valor acrescentado, implica uma redução de custo de 0,056€/*setup*. Averiguando o número de *setups* realizado diariamente retirado dos registos da fábrica, considera-se que num dia realizam-se, em média 33 *setups* originando uma poupança diária de 1,85€, o que resulta numa poupança anual de 675,3€.

Da análise e resultados supra obtidos, sugerem-se as seguintes boas práticas operacionais:

- Melhoria do procedimento SMED, de forma a eliminar os seguintes tempos sem valor acrescentado:
 - Tempos de Espera;
 - Tempos de Transporte;
 - Tempos de Organização.

Para eliminar os tempos mencionados acima, devem implementar-se medidas que evitem as principais causas referidas anteriormente.

4.2.2. Setups

Verificou-se que, existe um potencial de melhoria nos *setups*, podendo assim, ser reduzido o consumo energético dos mesmos.

Com base na análise realizada na secção 3.2.4.2. Análise ao Consumo Durante os *Setups*, constata-se que as fases em que se consome mais energia durante os *setups* são a 3ª e 4ª, o leva a concluir que são estas as que têm um maior potencial de redução de energia. Verifica-se que durante a 4ª fase, em 30% dos *setups*, é realizada uma limpeza ao molde devido à limpeza insuficiente do mesmo na 2ª fase.

Para avaliar o impacto de alterar estas práticas ao longo das mudanças de molde, optou-se por analisar as poupanças associadas à limpeza do molde com mais rigor na 2ª fase, evitando a limpeza do mesmo, segunda vez, na 4ª fase, e posteriormente, estimar as poupanças globais associadas à adoção desta medida.

Tal como mencionado, a limpeza do molde na 4ª fase ocorre em 30% dos *setups*. Este valor foi calculado com base na análise SMED realizada no capítulo anterior. O tempo médio de limpeza do molde na 4ª fase estimado foi de 3,5 minutos por *setup*, que corresponde em média a 25% do tempo da 4ª fase do mesmo. Assim sendo, o custo energético por *setup* resultante desta prática apresenta-se abaixo.

Custo de Energia devido à limpeza do molde na 4ª fase por *setup* = $0,25 * 2,85 * 0,30 * 0,11 = 0,024\text{€/setup}$.

Com base no número de *setups* realizados diariamente retirado dos registos fornecidos pela empresa, estimou-se uma média de mudanças de molde realizadas por dia. Esta média resulta do número de *setups* realizados de janeiro a maio de 2019. Assim, obtemos a seguinte poupança diária associada à implementação das boas práticas enunciadas abaixo.

Poupança Diária = $0,024 * 33 = 0,79 \text{ €}$

Poupança Anual = 289,1 €

Desta forma, podemos retirar as seguintes boas práticas nos *setups*:

- Limpeza do molde com detalhe na 2ª fase do *setup*, evitando a sua limpeza repetidamente na 4ª fase;

4.2.3. Idle

Para planejar um *shutdown* às máquinas que resulte em poupanças energéticas, elaborou-se um estudo tanto para as máquinas semiautomáticas, como para as máquinas automáticas de forma a averiguar qual o tempo a partir do qual esse *shutdown* tem um impacto positivo no consumo energético.

Para isso, mediram-se os consumos de energia no arranque, e durante o *standby* de uma máquina semiautomática (Máquina 121) e de uma máquina automática (Máquina 63). Os diagramas de carga das medições realizadas a ambas as máquinas, encontram-se nas Figura 50 e Figura 51.

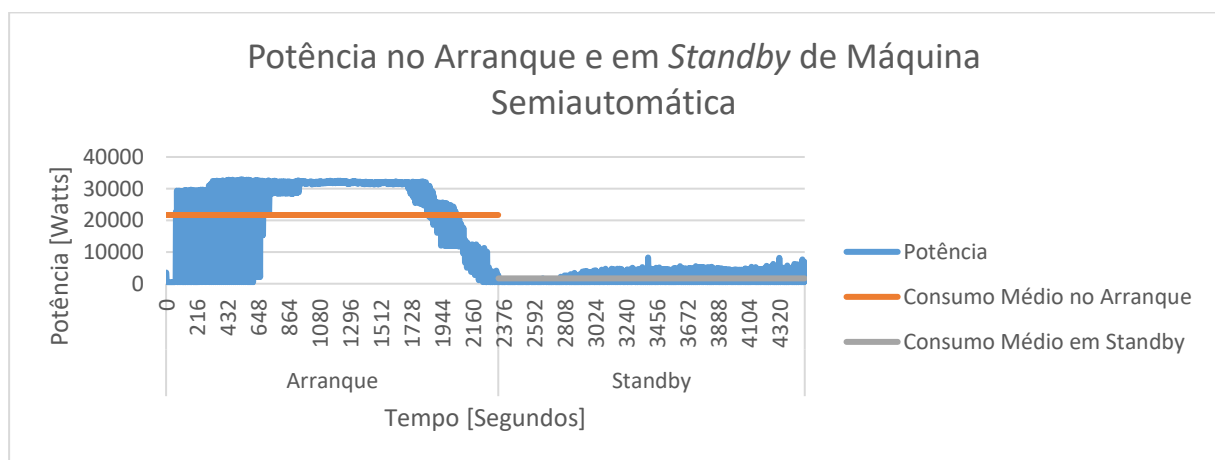


FIGURA 50. DIAGRAMA DE CARGA DO ARRANQUE E *STANDBY* DE MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA

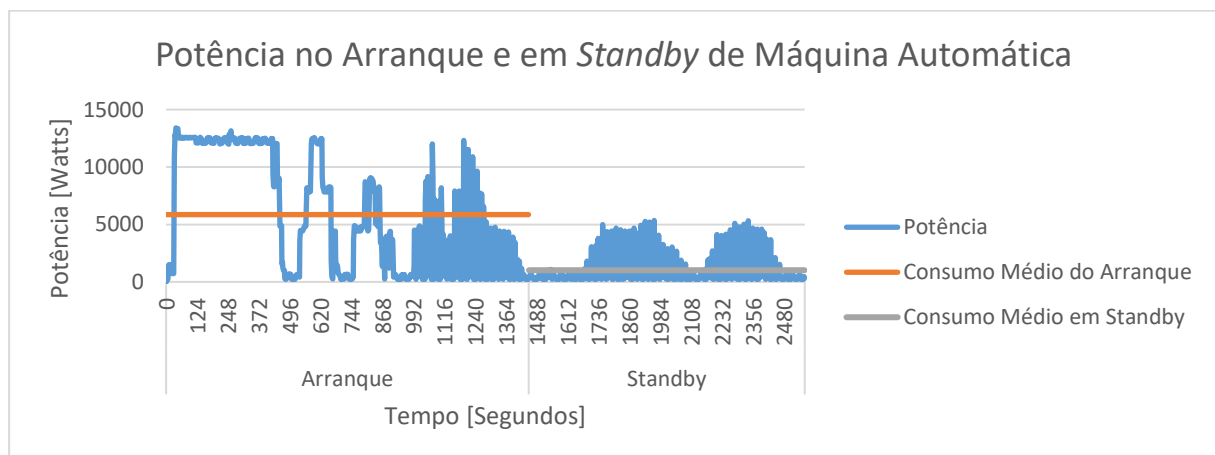


FIGURA 51. DIAGRAMA DE CARGA DO ARRANQUE E *STANDBY* DE MÁQUINA AUTOMÁTICA

Na Tabela 27 encontram-se os resultados das medições realizadas.

TABELA 27. VALORES DE CONSUMO ENERGÉTICO E DURAÇÃO DE ARRANQUE E STANDBY

Consumos de Energia	Consumo de Energia Horário [kWh/h]		Duração [Horas]	Consumo de Energia [kWh]
	Arranque	Standby	Arranque	Arranque
Máquina Semiautomática	21,7	1,7	0,65	14,1
Máquina Automática	5,9	1,0	0,4	2,4

Após a realização das medições acima descritas, averiguou-se o tempo para o qual compensa desligar totalmente as máquinas. Para isso, com base nos resultados obtidos acima igualaram-se os consumos de energia tendo em conta a manutenção da máquina em modo *idle* e o seu arranque. As Figura 52 e Figura 53 apresentam os consumos de energia ao longo do tempo para a máquina semiautomática e automática respetivamente.

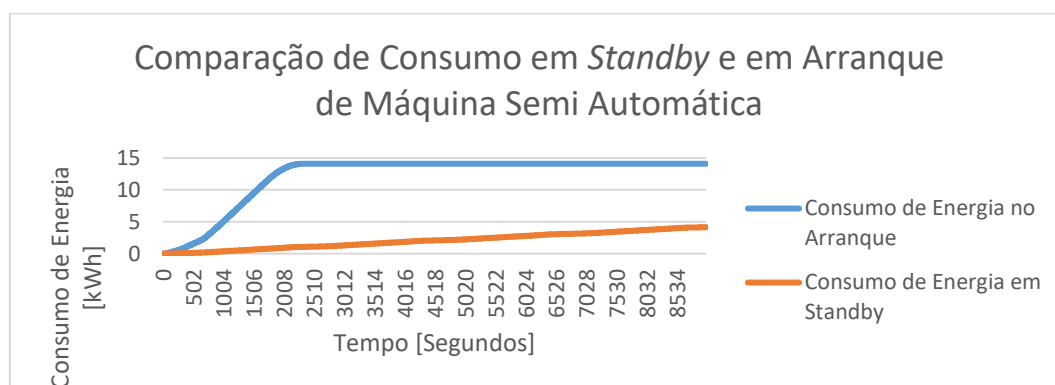


FIGURA 52. CONSUMO DE ENERGIA EM ARRANQUE E EM *STANDBY*

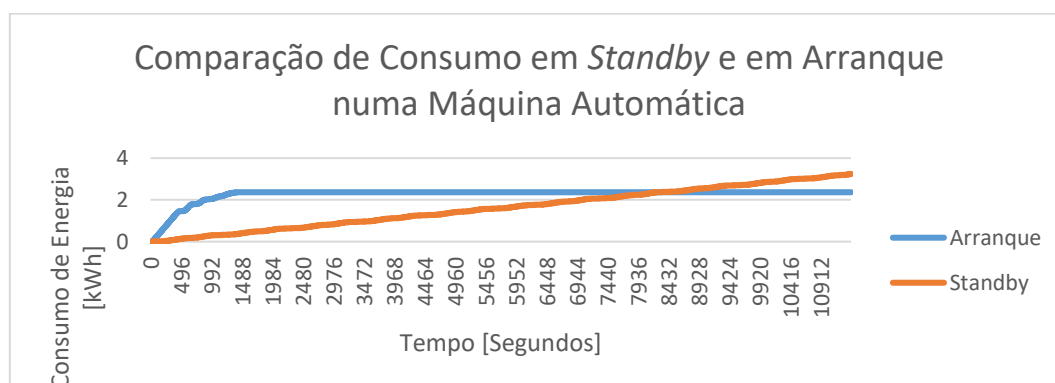


FIGURA 53. CONSUMO DE ENERGIA EM ARRANQUE E EM *STANDBY*

Conclui-se que o arranque das máquinas semiautomáticas tem um consumo muito elevado, o que leva a ser benéfico, na maioria das vezes, manter as máquinas semiautomáticas em regime de *standby* ao invés de desligar completamente as mesmas.

Relativamente às máquinas automáticas, verifica-se que o consumo no arranque das mesmas é bastante mais reduzido que o das máquinas semiautomáticas. Verifica-se também que neste caso, pode estimar-se um tempo médio para o qual compensa realizar um *shutdown* a este tipo de máquinas.

Resultam desta forma, as seguintes práticas que reduzem os custos e desperdícios de energia:

- Máquinas Semiautomáticas:
 - Manter as máquinas em *standby* sempre que a duração da sua paragem seja inferior a 8 horas.
- Máquinas Automáticas:
 - Realizar um *Shutdown* sempre que estas se mantenham paradas durações superiores a 2 horas e 20 minutos;
 - Manter as máquinas em *standby* sempre que a duração da sua paragem seja inferior a 2 horas e 20 minutos.

A implementação destas práticas leva, tal como concluído acima, a uma redução do consumo de energia.

Para o caso das máquinas semiautomáticas, através dos registos, verificou-se que de 1 a 15 de maio de 2019, não existiram paragens superiores a 8 horas, significando que estas são desligadas para paragens com duração superior a esse valor. A poupança que se pode obter neste caso, consiste em manter as máquinas ligadas em *standby* para paragens de duração inferior a 8 horas ao invés de as desligar totalmente. Neste caso é possível obter uma poupança de 12,4 kWh por hora caso se mantenha a máquina em *standby*, em vez de desligar totalmente a mesma.

Para o caso das Máquinas automáticas, durante 15 dias, verificaram-se 108 horas de paragens superiores a 2 horas e 20 minutos, em que estas não foram desligadas. A poupança para o caso das máquinas automáticas serem desligadas em paragens superiores a 2 horas e 20 minutos é de 1,4 kWh por hora. Através dos registos, verificou-se que o número de horas de paragens superiores a 2 horas e 20 minutos é de 5,4 horas. Assim, a poupança por paragem resultante do *shutdown* à mesma, é de 3 kWh. Visto que, nos 15 dias analisados houve 26 paragens superiores ao indicado, é possível obter uma poupança anual de 205,9€.

4.2.4. Desligar Periféricos

Dado o diagnóstico realizado na secção 3.2.3, verifica-se que é possível obter poupanças desligando alguns periféricos sempre que possível.

Após o diagnóstico, e tendo em conta a revisão bibliográfica, verifica-se que os componentes e equipamentos associados às máquinas de injeção que consomem energia nos quais se verificou consumo de energia sem valor acrescentado ao produto, são os seguintes:

- Caixa de Controladores;
- Termorregulador;

- Bomba hidráulica.

Constatou-se anteriormente que o consumo associado a cada um destes equipamentos ligados sem agregarem valor ao produto final, são os seguintes:

- Caixa de Controladores: 2,41 kWh/(h*Máquina);
- Termorregulador: 3,04 kWh/(h*Máquina);
- Bomba hidráulica: 7,58 kWh/(h*Máquina).

Através da Tabela 9, que nos indica o número de horas de paragens e as suas causas, pode estimar-se o consumo de energia que é possível poupar através da implementação de alguns hábitos.

Dependendo da causa da paragem, alguns periféricos podem, ou não ser desligados. Assim sendo, a tabela seguinte apresenta, para cada periférico analisado, a sua possibilidade de ser desligado. As cruzes indicam que o respetivo periférico pode ser desligado para a causa de paragem em questão.

TABELA 28. POSSIBILIDADE DE DESLIGAR PERIFÉRICOS PARA CADA TIPO DE PARAGEM

Tipos de Paragens	Afinação	Avaria Máq.	Avaria Molde	Diagnóstico	Espera Mudança	Limpeza Máq.	Mud. Molde	Paragem Prog.	Peças Inc.	Por Declarar
Caixa de Controladores	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Termorregulador	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Bomba hidráulica			X		X				X	X
%	6,7%	11,7%	39,4%	5%	3,3%	1,7%	4,4%	17,8%	1,1%	8,9%

Através da tabela acima e dos consumos de cada periférico por máquina, podemos estimar a poupança associada à execução das boas práticas abaixo mencionadas. Através dos registos, verifica-se que o número de horas de paragens mensal é de 662 horas. Portanto, obtêm-se os seguintes valores de poupanças energéticas:

- Caixa de Controladores = $0,956 * 662 * 2,41 = 1525$ kWh/mês;
- Termorregulador = $0,956 * 662 * 3,04 = 1924$ kWh/mês;
- Bomba Hidráulica = $0,527 * 662 * 7,58 = 2644$ kWh/mês.

O total de poupança é de 670 €/mês.

Com o objetivo de aumentar a eficiência energética e reduzir os desperdícios, sugerem-se as seguintes boas práticas:

- Desligar a caixa de controladores sempre que a produção termina, e não seja necessário pré aquecer o molde seguinte;
- Desligar a bomba hidráulica da máquina de injeção sempre que a máquina não está em produção, e a bomba não seja necessária nas intervenções realizadas na máquina;
- Desligar o Termorregulador sempre que a máquina está parada.

4.2.5. Alteração de Horário de Carregamento de Baterias

Efetuiu-se uma medição de consumo aos carregadores de baterias, com o objetivo de quantificar o consumo de energia resultante do carregamento das baterias, e perceber quais as horas em que se realizam esses carregamentos.

Com base numa medição do consumo energético realizado durante 2 semanas ao quadro elétrico que alimenta os carregadores de baterias, obtiveram-se os resultados apresentados na Figura 54 e na Tabela 29.

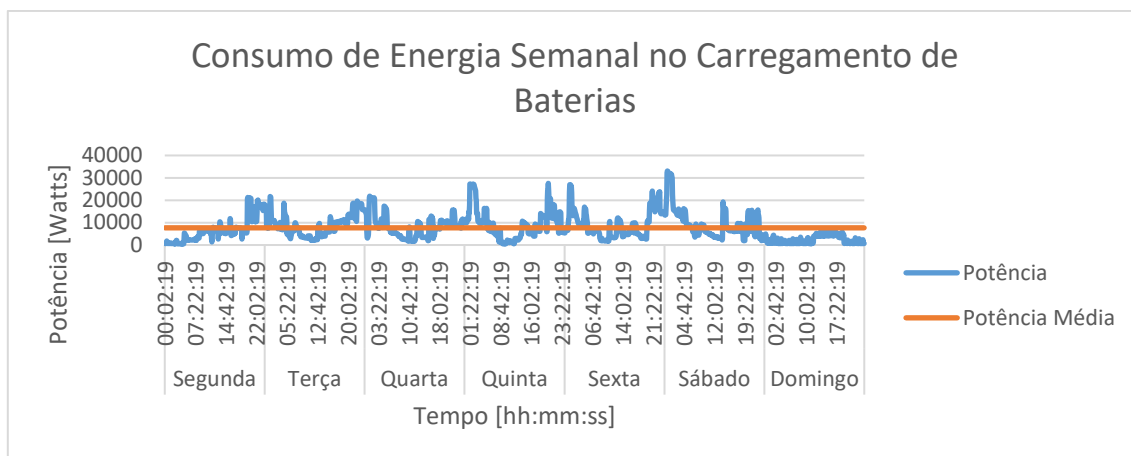


FIGURA 54. DIAGRAMA DE CARGA SEMANAL DE CARREGAMENTO DE BATERIAS

TABELA 29. VALORES DO CONSUMO E FRAÇÃO DE ENERGIA CONSUMIDA EM CADA PERÍODO HORÁRIO NUMA SEMANA

Dias úteis	Super-Vazio	Vazio	Cheias	Ponta	Total
Consumo semanal [kWh]	241,2	319,7	517,2	179,1	1257,2
Fração de Consumo semanal [%]	19,2%	25,4%	41,1%	14,2%	100%

Conclui-se que o carregamento de baterias dos equipamentos de transporte é realizado maioritariamente no período de cheias e, portanto, existe um potencial de melhoria.

Desta forma, planeando as atividades para as horas com tarifas mais económicas, pode obter-se reduções com algum impacto no valor final da fatura.

Através da Tabela 29, verifica-se que é possível carregar os equipamentos de transporte nos períodos de vazio e super-vazio.

Com base nos valores das tarifas energéticas associadas a cada período horário e, considerando que anualmente há 52 semanas de carregamento das baterias, conclui-se que no caso da energia consumida atualmente nos períodos de cheias e ponta, serem consumidas durante os períodos de vazio e super-vazio, obtém-se a seguinte poupança:

Custo Anual da energia consumida em Ponta: $0,0499 \times 179,1 \times 52 = 464,88 \text{ €/ano}$.

Custo Anual da energia consumida em Cheias: $0,0387 \cdot 517,2 \cdot 52 = 1041,04 \text{ €/ano}$.

Custo Anual da energia consumida em Ponta e Cheias, caso seja consumida em Vazio e Super-Vazio = $((0,0143+0,0136) / 2) \cdot (179,1+517,2) \cdot 52 = 505,31 \text{ €/ano}$.

Desta forma podem obter-se poupanças de cerca de 1000,61 € anuais.

De forma a cumprir o plano de carregamentos sugeridos, propõe-se as seguintes boas práticas:

- Durante os 5 dias úteis da semana:
 - Carregamento dos equipamentos das 00 horas às 7 horas;
 - Permitir o carregamento total das baterias;
 - Nos equipamentos de troca de bateria, realizar a troca sempre entre as 00 horas e as 3 horas, visto que a duração de carregamento das baterias é de cerca de 4 horas.
- Aos sábados:
 - O carregamento pode ser efetuado entre as 00 h e as 09 horas;
- Aos domingos:
 - O carregamento pode ser efetuado durante o dia todo.
- Evitar sempre o carregamento nas horas de ponta.

Estas boas práticas permitem uma melhoria, não só na redução do custo de energia, mas também na manutenção das baterias de ácido chumbo.

Apesar desta melhoria não ter influência na redução do consumo de energia, permite obter poupanças a nível financeiro, e ainda, conservar o estado e a vida útil das baterias.

4.2.6. Redução de Picos de Consumo

Tal como visto no capítulo 3, a redução da potência contratada implica uma redução do valor da fatura mensal de energia. Assim sendo, neste subcapítulo averigua-se o impacto de ter um coeficiente de variabilidade nulo ao longo dos dias da semana. Isto é, ter um consumo uniforme, correspondente ao consumo médio diário.

As potências contratadas nos P.T.2 e P.T.3 em 2018, foram respetivamente 732 kW e 1012 kW. Estes valores provêm das faturas energéticas dos diferentes meses, e resultam de uma média das potências contratadas nos 12 meses de 2018.

Através da análise à fatura energética apresentada na secção 3.2.2, vemos como é calculada a componente da fatura associada à potência contratada. O valor da tarifa associado a esta componente da fatura, tanto para o P.T.2 como para o P.T.3, é de 0,0349 €/kW.

Assim, estima-se a poupança financeira caso a empresa passe a ter um consumo uniforme, e desta forma, tenha um consumo igual ao valor do consumo médio diário.

Constata-se, através da análise efetuada na secção 3.2.3 que a potência média máxima ocorre à quarta-feira, e tem o valor de 1200,5 kW para a junção dos dois postos de transformação.

Assim sendo, a poupança máxima que se pode obter alterando algumas práticas, e tendo em conta a simultaneidade das máquinas de injeção em produção, apresenta-se seguidamente.

- Poupança = $((732 + 1012) - 1200,5) * 30,5 * 0,0349 = 578,5 \text{ €/mês}$.

É importante ter em consideração que a obtenção de um consumo de energia uniforme é praticamente impossível a nível operacional. Ainda assim, é possível reduzir o coeficiente de variação atual com a execução de algumas práticas. Tal como foi visto na secção 3.2.3.2, o número de máquinas ligadas em simultâneo, causa um aumento na potência instalada, levando a picos de consumo. Assim sendo, sugerem-se abaixo algumas práticas que permitem reduzir os picos de potência e, conseqüentemente, a potência máxima contratada.

As boas práticas sugeridas para a redução dos picos de consumo são as seguintes:

- Arranque de forma faseada das máquinas à segunda-feira, isto é, iniciar o arranque das máquinas semiautomáticas mais cedo, levando a que seja evitada a coincidência dos picos de arranque das máquinas;
- Planeamento da produção tendo em conta os custos energéticos de cada máquina, baseados no histórico de consumo horário de cada máquina.

4.3. Indicadores de Desempenho Energético Finais

Os valores dos indicadores de desempenho energético devem ser melhorados com a implementação das melhorias propostas. Estimou-se assim, com base nas análises efetuadas acima, os valores finais dos indicadores obtidos com as propostas efetuadas.

Prevê-se que estas propostas causem um impacto positivo, isto é, reduzam tanto o consumo específico de energia, como também a intensidade energética e intensidade carbónica.

A tabela seguinte apresenta os valores esperados dos três indicadores energéticos avaliados na secção 3, após a implementação das melhorias propostas.

TABELA 30. RESULTADOS DOS INDICADORES ENERGÉTICOS APÓS IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS PROPOSTAS

Indicadores Energéticos	Valores de 2018	Valores após implementação de Melhorias Propostas
Intensidade Energética [kgep/€]	0,085	0,082
Consumo Específico de Energia [kgep/ton]	347,774	335,956
Intensidade Carbónica [tCO ₂ /tep]	2,186	1,936

Verifica-se que os três indicadores energéticos avaliados, têm reduções resultantes das propostas efetuadas, implicando um resultado positivo nos mesmos. Nos dois primeiros, a intensidade energética e o consumo específico de energia contabilizam as reduções de consumo de energia obtidas através

das melhorias propostas com exceção do sistema de produção de energia fotovoltaico. A implementação do sistema fotovoltaico não tem qualquer impacto nestes indicadores. No entanto, na intensidade carbónica, o resultado positivo obtido é proveniente da implementação do sistema de produção de energia limpa reduz as emissões de CO₂, reduzindo o terceiro indicador.

A Tabela 31 apresenta os principais resultados obtidos para as diferentes propostas.

TABELA 31. RESUMO DAS MELHORIAS PROPOSTAS

Melhorias Propostas		Poupança Energética [kWh]	Poupança [€/ano]	Investimento [€]	Payback [Anos]
Melhorias Tecnológicas	Sistema Fotovoltaico	1.125.353	115.508	488.635	4,23
	Iluminação	4.007	3.506	4.190	1,2
	Máquinas de Injeção Plástica [1 Máq.]	78.866	8.675	90.000	10,4
	Motores e Variadores	122.064	13.427	68.440	5,1
	Software de Gestão de Energia	-----	-----	-----	-----
	Total	1.330.290	141.116	651.265	4,6
	Melhorias Operacionais	SMED	6.136	675	-----
Setups		2.627	289	-----	-----
Idle [Máquinas Automáticas]		1.873	206	-----	-----
Periféricos		73.091	8.040	-----	-----
Horário de Carregamento		-----	1.001	-----	-----
Redução de Picos		-----	6.942	-----	-----
Total		83.727	17.153	-----	-----
Total	1.414.017	155.509	621.265	4,0	

5. Conclusões e trabalhos futuros

Esta dissertação visa otimizar o consumo de energia de uma unidade industrial da empresa OLI – Sistemas Sanitários. A unidade industrial em estudo tem como principal processo de fabrico a injeção plástica, e fabrica autoclismos e mecanismos para os mesmos. A OLI pretende reduzir desperdícios energéticos na fábrica, o que demonstra sensibilidade social, e ao mesmo tempo intenções de se posicionar mais competitivamente no mercado.

Em primeira análise realizou-se um estudo aos dados existentes na fábrica, quantificando o consumo de energia das diversas áreas da instalação. Analisaram-se as faturas energéticas e o histórico de consumo de energia, de forma a perceber o padrão de consumo da unidade industrial. Efetuaram-se medições dos consumos de diversos equipamentos e procedimentos, com a finalidade de identificar potenciais melhorias nos diversos setores. Realizou-se uma análise ao consumo de energia das máquinas de injeção, onde se identificaram os tipos de máquinas que têm consumos de energia mais elevados. Efetuou-se também uma análise às mudanças de molde e identificaram-se as fases das mesmas nas quais se consome mais energia e identificaram-se as fases em que há desperdícios de energia. Avaliou-se o consumo dos periféricos das máquinas de injeção e verificaram-se os respetivos gastos de energia sem valor acrescentado. Elaborou-se ainda uma análise às paragens das máquinas de injeção a fim de verificar possíveis desperdícios e avaliar a possibilidade de realizar um *shutdown* às mesmas e, por fim, efetuou-se uma análise ao consumo de energia dos carregadores de baterias dos equipamentos de transporte a fim de verificar o impacto de carregar os equipamentos em horários com tarifas energéticas mais económicas.

Ao longo da monitorização dos consumos e das diversas análises realizadas, foram-se identificando melhorias tanto a nível operacional como tecnológico. Identificaram-se principalmente melhorias ao nível comportamental e operacional, sendo que, a empresa já se encontra bastante desenvolvida a nível tecnológico. Ainda assim, com a crescente evolução tecnológica, verificou-se que, alguns investimentos em equipamentos mais eficientes permitem obter reduções de consumo significativas.

Propôs-se o investimento numa unidade de produção fotovoltaica para autoconsumo com uma potência instalada de 900 kWp, que permite uma economia após o primeiro ano de implementação de 115.508 €. Esta medida permite sustentar um autoconsumo no primeiro ano de 1.125.353 kWh.

O sistema de iluminação do “mercado do peixe”, pode ser substituído por outro mais eficiente e, esta medida resulta numa redução de consumo anual de 4.007 kWh, que se traduz em 3.506 € por ano.

Propõe-se também a substituição das máquinas de injeção hidráulicas por máquinas elétricas mais eficientes e verificou-se que esta melhoria permite a redução de 78.866 kWh anuais numa máquina que funciona 8390 horas por ano, permitindo uma economia de 8.675 € anualmente.

Concluiu-se também que a substituição de alguns motores atuais por motores mais eficientes, e ainda a implementação de variadores de velocidade acoplados aos respetivos motores, podem originar reduções de 122.064 kWh por ano, o que implica uma poupança de 13.427 €/ano.

Sugere-se ainda a implementação de um *software* de gestão de energia, que permite a monitorização de consumos e contribui para a melhoria contínua da gestão energética na empresa.

Relativamente às melhorias operacionais, concluiu-se que estas, embora tenham um impacto menos significativo na redução do consumo de energia, não necessitam de um investimento tão elevado como as melhorias tecnológicas.

Sugere-se assim, a melhoria do procedimento SMED atualmente utilizado na fábrica, que permite a redução de 6.136 kWh/ano, a limpeza dos molde com rigor que permite reduzir o consumo de energia em 2.627 kWh anuais, o *shutdown* às máquinas de injeção automáticas reduzindo 1.873 kWh/ano, o *shutdown* aos periféricos das máquinas sempre que não sejam utilizados, reduzindo 73.091 kWh/ano e ainda a alteração do horário de carregamento dos equipamentos de transporte da fabrica, e a redução dos picos de consumo que, não reduzem o consumo de energia, mas podem resultar numa redução de custos de 1.001 € e 6.942 € anuais respetivamente.

Conclui-se assim que, as melhorias tecnológicas, em conjunto, originam uma poupança de 1.330.290 kWh/ano resultando numa economia anual de 138.356 €. Ao nível operacional e comportamental, ainda que tenham um menor impacto na redução do consumo de energia, originam poupanças de 17.153 €/ano e, à priori, não implicam investimento financeiro.

Relativamente aos indicadores de desempenho energético, prevê-se que as implementações das melhorias propostas resultem numa redução de 3,5% da intensidade energética, 3,4% do consumo específico de energia e 11,4% da intensidade carbónica.

Conclui-se que, a gestão energética, o investimento constante em tecnologias mais eficientes e a criação de hábitos e políticas energéticas, permitem aumentar a eficiência das instalações e dos processos produtivos. É importante a adoção de práticas energéticas com o objetivo de reduzir desperdícios, permitindo aumentar a competitividade das empresas e melhorar a eficiência energética das mesmas contribuindo para uma sustentabilidade global.

Futuramente, sugere-se a realização de uma discriminação minuciosa do consumo de energia dos diversos setores da fábrica. Além disso, é importante realizar um estudo detalhado do impacto da substituição das baterias dos equipamentos de transporte e a realização de um planeamento de carregamento que permita o carregamento dos mesmos, nas horas de tarifa energética mais baixas.

Deve também ser realizado um estudo detalhado às estufas de secagem de matéria-prima, avaliando a viabilidade de substituição do sistema atual por sistemas mais eficientes, e ainda o estudo da possibilidade de utilização de outras fontes de energia para secagem do material.

Por fim, sugere-se a realização de um estudo de viabilidade e de seleção de possíveis *softwares* de gestão de energia para averiguar o impacto da sua implementação na redução do consumo de energia.

6. Referências

- [1] U. S. E. I. Administration, “International Energy Outlook,” 2018. [Online]. Available: https://www.eia.gov/outlooks/ieo/executive_summary.php. [Accessed: 24-Jun-2019].
- [2] L. Doman, “EIA projects 28% increase in world energy use by 2040,” *U.S. Energy Information Administration*, 2017. [Online]. Available: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=32912>. [Accessed: 26-Jul-2019].
- [3] IEA World Energy, “Statistics | World - Total Primary Energy Supply (TPES) by source (chart),” 2018. [Online]. Available: <https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Energy supply&indicator=TPESbySource&mode=chart&dataTable=BALANCES>. [Accessed: 24-Jun-2019].
- [4] C. C. S. Intergovernmental and Legal Affairs, “United Nations Framework Convention on Climate Change: Handbook,” 2006.
- [5] Commission European, “2020 climate & energy package,” 2010. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en.
- [6] European Council, “EUCO 169/14 ON THE 2030 Climate and Energy Policy Framework,” 2014.
- [7] European Environment Agency, “Progress on energy efficiency in Europe,” 2019. [Online]. Available: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/progress-on-energy-efficiency-in-europe-2/assessment-1>. [Accessed: 26-Jul-2019].
- [8] Bosseboeuf et al., “Energy Efficiency Trends and Policies in the Household and Tertiary Sectors - An Analysis Based on the ODYSSEE and MURE Databases,” 2015.
- [9] D. G. de E. e Geologia, “Caracterização Energética Nacional 2017,” 2019. [Online]. Available: <http://www.dgeg.gov.pt/default.aspx?cn=774977507751AAAAAAAAAAAAA>.
- [10] G. Makridou, K. Andriosopoulos, M. Doumpos, and C. Zopounidis, “Measuring the efficiency of energy-intensive industries across european countries,” *Energy Policy*, vol. 88, pp. 573–583, 2016.
- [11] J. Henriques and J. Catarino, “Motivating towards energy efficiency in small and medium enterprises,” *J. Clean. Prod.*, vol. 139, no. 1, pp. 42–50, 2016.
- [12] S. A. OLI - Sistemas Sanitários, “OLI - Sistemas Sanitários, S.A.,” 2018. [Online]. Available: https://www.oli-world.com/pt/empresa/a_oli.html.
- [13] APEC Energy Working Group, Conservation, and A. E. G. on E. E. And, “Energy Performance Evaluation Methodology Development and Promotion in APEC Economies,” 2012.
- [14] “Planos de Racionalização.” [Online]. Available: <https://www.sgcie.pt/sistema-de-gestao-dos-consumos-intensivos-de-energia/o-regulamento/planos-de-razionalizacao/>. [Accessed: 25-Jun-2019].
- [15] R. Kent and G. Cheater, “Energy in plastics processing – a practical guide,” 1999.
- [16] F. T. Oliveira and H. Bernardo, “Energy Management Tools for Sustainability,” *Encycl. Sustain. High. Educ.*, vol. 1, p. 14, 2019.
- [17] E. A. Abdelaziz, R. Saidur, and S. Mekhilef, “A review on energy saving strategies in industrial sector,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 1, pp. 150–168, 2011.
- [18] A. Hasanbeigi and L. Price, “Industrial Energy Audit Guidebook: Guidelines for Conducting an

- Energy Audit in Industrial Facilities,” 2010.
- [19] O. Dzobo, H. Tazvinga, E. Mungofa, C. H. Chihobo, F. Chikuni, and E. Chikuni, “Energy audit: A case study to reduce lighting cost for an industrial site,” 2018.
- [20] Canadian Industry Program for Energy Conservation, “Energy Savings Toolbox – An Energy Audit Manual and Tool,” 2009.
- [21] A. Thumann, W. J. Younger, and T. Niehus, *Handbook of Energy Audits*, 9th ed. 2013.
- [22] F. Marimon and M. Casadesús, “Reasons to adopt ISO 50001 Energy Management System,” *Sustain.*, vol. 9, pp. 1–15, 2017.
- [23] R. and A.-C. E. American Society of Heating, “ASHRAE Standard 211-2018, Standard for Commercial Building Energy Audits.” p. 28, 2018.
- [24] H. Kanneganti *et al.*, “Specification of energy assessment methodologies to satisfy ISO 50001 energy management standard,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 23, pp. 121–135, 2017.
- [25] E. Papadopoulou, *Green Energy and Technology*. 2011.
- [26] A. S. M. M. Hasan, M. T. Hoq, and P. Thollander, “Energy management practices in Bangladesh’s iron and steel industries,” *Energy Strateg. Rev.*, vol. 22, pp. 230–236, 2018.
- [27] D. Desai and E. Hardison, “Energy Management System Implementation - First Webinar - Overview,” 2012.
- [28] C. Eccleston, F. March, and T. Cohen, *Inside Energy: Developing and Managing an ISO 50001 Energy Management System*. 2012.
- [29] I. O. for Standardization, *ISO 50001*. 2011, p. 47.
- [30] ISO, “ISO 50001,” 2018. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-2:v1:en>. [Accessed: 26-Jul-2019].
- [31] A. Kluczek and P. Olszewski, “Energy audits in industrial processes,” *J. Clean. Prod.*, vol. 142, pp. 3437–3453, 2017.
- [32] C. Böttcher and M. Müller, “Insights on the impact of energy management systems on carbon and corporate performance. An empirical analysis with data from German automotive suppliers,” *J. Clean. Prod.*, vol. 137, pp. 1449–1457, 2016.
- [33] E. O’Driscoll, D. Óg Cusack, and G. E. O’Donnell, “The development of energy performance indicators within a complex manufacturing facility,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 68, pp. 2205–2214, 2013.
- [34] K. Bunse, M. Vodicka, P. Schönsleben, M. Brühlhart, and F. O. Ernst, “Integrating energy efficiency performance in production management - Gap analysis between industrial needs and scientific literature,” *J. Clean. Prod.*, vol. 19, pp. 667–679, 2010.
- [35] I. O. for Standardization, *ISO 22400-2, Automation systems and integration — Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management — Part 2: Definitions and descriptions*. 2017, p. 10.
- [36] R. Technology *et al.*, “Low Energy Plastics Processing,” 2006.
- [37] R. Kent, *Energy Management in Plastics Processing - A Signposting Guide*. 2011.
- [38] M. Drechsel, M. Bornschlegl, S. Spreng, M. Bregulla, and J. Franke, “A new approach to

- integrate value stream analysis into a continuous energy efficiency improvement process,” *IECON Proc. (Industrial Electron. Conf.)*, pp. 7502–7507, 2013.
- [39] A. de Campos *et al.*, *Gestão da Produção em Foco*, vol. 29. 2019.
- [40] F. A. Abdulmalek and J. Rajgopal, “Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 107, pp. 223–236, 2007.
- [41] N. Verma and V. Sharma, “Energy value stream mapping a tool to develop green manufacturing,” *Procedia Eng.*, vol. 149, pp. 526–534, 2016.
- [42] C. P. Pereira, J. Ferreira, and L. Campos, “Implementação do mapeamento de fluxo de valor de energia (EVSM) como ferramenta alternativa para a gestão e redução de energia dos processos no setor industrial : uma análise de literatura,” *J. Lean Syst.*, vol. 3, no. 2, pp. 104–130, 2018.
- [43] J. A. Garza-Reyes, J. Torres Romero, K. Govindan, A. Cherrafi, and U. Ramanathan, “A PDCA-based approach to Environmental Value Stream Mapping (E-VSM),” *J. Clean. Prod.*, vol. 180, pp. 335–348, 2018.
- [44] Southwest Plastics, “A Brief History Of Plastic Injection Molding Process,” 2009. [Online]. Available: <http://www.southwestplastics.com/learn-more/a-brief-history-of-plastic-injection-molding-process>. [Accessed: 26-Jul-2019].
- [45] C. Fernandes, A. Pontes, J. Viana, and A. Gaspar-Cunha, “Modeling and Optimization of the Injection-Molding Process: A Review,” *Adv. Polym. Technol.*, vol. 37, no. 2, pp. 429–449, 2018.
- [46] A. Thiriez, “An Environmental Analysis of Injection Molding,” 2006.
- [47] A. Kanungo and E. Swan, “All Electric Injection Molding Machines: How Much Energy Can You Save?,” *30th Ind. Energy Technol. Conf.*, pp. 1–12, 2008.
- [48] E. Müller, R. Schillig, T. Stock, and M. Schmeiler, “Improvement of injection moulding processes by using dual energy signatures,” *Procedia CIRP*, vol. 17, pp. 704–709, 2014.
- [49] R. Kent, *Energy Management in Plastics Processing: Strategies, Targets, Techniques and Tools*. 2008.
- [50] A. Fonseca, P. Pires, and H. Durão, “Benchmarking de Energia - Efinerg 2 – Eficiência Energética na Indústria,” 2015.
- [51] C. Brunner and R. Werle, “How International Standards for Electric Motors Support Policy of Countries using these in their Regulations,” 2016. [Online]. Available: https://www.iec.ch/perspectives/government/sectors/electric_motors.htm. [Accessed: 26-Jul-2019].
- [52] M. Benhaddadi, G. Olivier, R. Ibtouen, J. Yelle, and J.-F. Tremblay, “Premium Efficiency Motors,” in *Electric Machines and Drives*, 2011, pp. 1–22.
- [53] C. Regulations, *Commission Regulations (EC) N° 640/2009 of 22 July 2009 implementing Directive 2005/32/EC with Regard to Ecodesign Requirements for Electric Motors*. 2014, p. 11.
- [54] D. G. de E. e Geologia, “Estatísticas rápidas - nº 159 - Janeiro de 2018,” 2018.
- [55] F. Cucchiella, I. D’Adamo, and P. Rosa, “Industrial photovoltaic systems: An economic analysis in non-subsidized electricity markets,” *Energies*, vol. 8, pp. 12865–12880, 2015.
- [56] Diário da República, *Decreto-Lei n.153/2014 do Ministério do Ambiente, Ordenamento do*

- Território e Energia*. Diário da República: II série, nº153, 2014, pp. 5298–5311.
- [57] World Energy Council, “World Energy Resources 2016 - Summary,” 2016.
- [58] A. Kluczek and P. Olszewski, “Journal of Cleaner Production,” *J. Clean. Prod.*, vol. 142, pp. 3437–3453, 2017.
- [59] D.-G. de E. e Geologia, *Despacho nº17313, 2ª Série - n.122*. 2008, pp. 27912–27913.
- [60] CalcMaps, “Calcular Área no Google Maps,” 2015. [Online]. Available: <https://www.calcmaps.com/pt/map-area/>. [Accessed: 10-Jun-2019].
- [61] “JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission.” [Online]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP. [Accessed: 23-Jul-2019].
- [62] J. Morais, *Sistemas Fotovoltaicos - da Teoria à Prática*, 1ª Edição. 2009.
- [63] Poupa Energia. [Online]. Available: <https://poupaenergia.pt/fotovoltaico-para-autoconsumo/>. [Accessed: 12-Jun-2019]
- [64] A. R. Gomes, “Modelação técnico económica da integração de painéis fotovoltaicos no Corinthia Lisboa Hotel,” Instituto Superior Técnico, 2018.
- [65] Cype, *EN 12464-1 Iluminação dos espaços de trabalho Parte 1 : Espaços de trabalho interiores*. 2011.
- [66] B. Joseph and V. Shah, “Energy Efficient Injection Molding Operation.” 2003.

Anexos

Anexo A – Dados de Postos de Transformação, Quadros Elétricos e Equipamentos

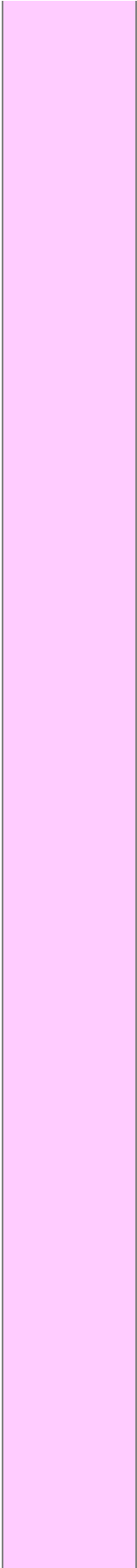
PT2	PT2 - Transf. 3	Gabinete - Manutenção industrial MoldeAveiro Oficina Engenharia Produção (Fabrica antiga)
	Q.E.linha (Q.E8/9)	CELULA EMBALAGEM 1 CELULA EMBALAGEM 2 CELULA EMBALAGEM TORNEIRAS CELULA PROD ESTRUTURAS 1 CELULA PROD ESTRUTURAS 2 CELULA PROD ESTRUTURAS EXOTICAS CELULA PRODUCAO EST EXOTICAS_1 CELULA PRE-MONT GERAIS CELULA PRE-MONT CORTE TUBOS CELULA PRE-MONT FIXADOR ESTRUT EURO CELULA PRE-MONT EXTERIORES CELULA PRE MONT FIXADORES ONE PIECE CÉLULA PRE-MONTAGENS FALSOS AF105 CELULA DE MONTAGEM DOSING CELULA PROD PLACAS PROTECAO CELULA PECAS SUBST SUBCONJUNTOS CELULA PROD VOLANTINOS
	Q.E.M. 4	Bateria compressores Compressor Atlas copco GA50VSD (em branco) ESTUFA 0026 (ETF0026) ESTUFA 0027 (ETF0027) ESTUFA 0028 (ETF0028) ESTUFA 18 (ETF0018) ESTUFA 19 (ETF0019) ESTUFA 20 (ETF0020) ESTUFA 21 (ETF0021) ESTUFA 22 (ETF0022) ESTUFA 23 (ETF0023) ESTUFA 24 (ETF0024) ESTUFA 6 (ETF0006) Estufa móvel ESTUFA sb - sn 16099/2018 (ETF0036) PLC 4 PLC 5 Silo 1 - POM NTR (SLO0001) Silo 3 - PS RC600 (SLO0003)

Silo 4 - PP NTR (SLO0004)
Silo 5 - PP TWS (SLO0005)
Silo 6 - PS 454N (SLO0006)
Silo 7 - AMCEL KP30 (SLO0007)
CENTRO EXTRUSAO 1
CENTRO EXTRUSAO 2
MAQUINA INJETORA 52 MIR 65
MAQUINA INJETORA 72 VS 100
MAQUINA INJETORA 73 VS 100
MAQUINA INJETORA 76 VS 50
MAQUINA INJETORA 77 MIR 200
MAQUINA INJETORA 78 MIR 60
MAQUINA INJETORA 79 MIR 140
MAQUINA INJETORA 80 VS 50
MAQUINA INJETORA 81 VS 100
MAQUINA INJETORA 87 VS 100
MAQUINA INJETORA 92 MAICO 260
MAQUINA INJETORA 96 SAND 85
MAQUINA INJETORA 97 SAND 165
MAQUINA INJETORA 105 ENGEL 110
MAQUINA INJETORA 106 ENGEL 45
MAQUINA INJETORA 108 ENGEL 45
MAQUINA INJETORA 123 Eurodoing 250
MAQUINA INJETORA 125 SAND 165 TON
ESTUFA 0029 (ETF0029)
Sirene
PLC 3
CELULA PROD BOT PNEU E PRE-MONT PLC
CENTRO DE IMPRESSAO CORES
CENTRO DE IMPRESSAO PRETO
CELULA PRODUCAO TERMOSTATICAS
MAQUINA GRAV TAMPOGRAFIA 1 CROMA
MAQUINA GRAV TAMPOGRAFIA 2 WINON
MAQUINA GRAVACAO LASER 14 (PC004)
MAQUINA GRAVACAO LASER 28 (PC001)
MAQUINA GRAVACAO LASER 29 (PC005)
MAQUINA INJETORA 30 SAND 70
MAQUINA INJETORA 32 SAND 170
MAQUINA INJETORA 36 SAND 170
MAQUINA INJETORA 47 VS 130
MAQUINA INJETORA 62 MIR 280
MAQUINA INJETORA 66 MIR 100
MAQUINA INJETORA 70 MIR 100
MAQUINA INJETORA 71 VS 100
MAQUINA INJETORA 74 VS 100
MAQUINA INJETORA 88 VS 100

Q.E.M. 5

Q.E.M. 6	<p>MAQUINA INJECTORA 100 MAICO 220 MAQUINA INJECTORA 104 VS 250 MAQUINA INJETORA 113 VS 100 MAQUINA INJECTORA 115 VITOR 100T MAQUINA INJETORA 124 MIR 100 TON CELULA PROD PLACAS COMANDO 1 - CRG1 CELULA PROD PLACA COMANDO 4 -MSA112 CELULA PROD PLACAS COMANDO 5 - CRG2</p>
	<p>Ponte Rolante 4 (PRT0004) - Twins Refrigerador 13</p>
	<p>CELULA PROD FALSO 1 - MSA90 CELULA PROD FALSO 2 - MSA93 CELULA PROD BOTOES TWINS MAQUINA GRAVACAO LASER 4 (BT001) MAQUINA INJETORA 38 SAND 170 MAQUINA INJETORA 75 VS 100 MAQUINA INJETORA 86 VS 100 MAQUINA INJETORA 91 MAICO 180 MAQUINA INJETORA 94 SAND 100 MAQUINA INJETORA 95 SAND 220 MAQUINA INJETORA 109 ENGEL 200 MAQUINA INJETORA 111 MAICO 300 CELULA PECAS SUBST TWINS CELULA PROD TORNEIRAS TWINS CELULA PROD TORNEIRAS TWINS 2 CELULA PROD VALVULAS TWINS 1 CELULA PROD VALVULAS TWINS 2</p>
	<p>ESTUFA 7 (ETF0007) Periférico MSA 121 Periférico MSA 49 Periférico MSA 61 PLC 7</p>
	<p>CELULA PROD INT/FAL (MSA121) MAQUINA INJETORA 49 MIR 140 CELULA PROD PLACAS COMANDO 2 -MSA61 CELULA PRE-MONT ACESSORIO INTERIOR CELULA PRE-MONT MANICOTOS CELULA PRE-MONT CONJUNTO TORNEIRAS CELULA PRE-MONT BLOCOS ALAVANCAS CELULA PRE-MONT BASES CELULA PROD VALVULAS NVDF CELULA PROD VALVULAS POU98 CELULA PROD VALVULAS ATLAS CELULA PROD VALVULAS OLI74/EVO CELULA PROD VALVULAS DECO CELULA PROD VALVULAS TOTO USA</p>
	Q.E.M. 7
	Q.E.Valvulas

	Q.E.P. 6 Q.E. Maq. Blisters	CELULA PROD AUT INTERIOR 3 CELULA SOLDADURA/EMBALAGEM BLISTERS MAQUINA TERMOFORMADORA BLISTERS
PT3	PT3 - Transf. 1	Gabinete - Melhorias Contínuas Gabinete - Planeamento Gabinete - Qualidade Oficina antiga Oficina eléctrica Q.Electrico Cave
	PT3 - Transf. 2	Compressor Atlas copco GA45FF ESTUFA 12 (ETF0012) ESTUFA 13 (ETF0013) ESTUFA 14 (ETF0014) ESTUFA 15 (ETF0015) ESTUFA 16 (ETF0016) ESTUFA 17 (ETF0017) ESTUFA 25 (ETF0025) ESTUFA 5 (ETF0005) Fossa Portão Ford Refrigerador 10 Refrigerador 11 (REF0011) - Refrigerador 12 (REF0012) - Refrigerador 14 Refrigerador 7 (REF0007) - Refrigerador 8 (REF0008) - Refrigerador 9 (REF0009) - Silo 2 - PS Reciclado Moinhos (SLO0002)
	Q.E.M. 1	LABORATORIO TESTES VIDA CENTRO RECICLAGEM ESTUFA (ETF0002) ESTUFA 3 (ETF0003) ESTUFA 4 (ETF0004) ESTUFA 8 (ETF0008) Bombas de esgoto P.Ensaio - Força motriz Pré-aquecimento dos moldes 1 e 2 Quadro eléctrico de compensação Robot Trio PLC 2
		CELULA PROD AUT EXTERIOR 1 - MSA69 CELULA PROD AUT EXTERIOR 2 - MSA83 CELULA PROD AUT EXTERIOR 3 - MSA103 CELULA PROD AUT EXTERIOR 4 - MSA110 CELULA PROD FALSO 3 - MSA114 CELULA PROD AUT INTERIOR 2 (MSA98)



Q.E.M. 2

**MAQUINA GRAVACAO LASER 10 (AE002)
MAQUINA GRAVACAO LASER 12 (AE001)
MAQUINA GRAVACAO LASER 25 (AE004)
MAQUINA GRAVACAO LASER 31 (PC006)
MAQUINA GRAVACAO LASER 33 (AE003)
MAQUINA INJECTORA 45 - SAND 380T
MAQUINA INJECTORA 99 MAICO 380
MAQUINA INJECTORA 102 - MAICO 650T
CELULA PROD PLACAS COMANDO 3 -MSA82
CELULA PROD PLACA COMANDO 6 -MSA118**

**ESTUFA sb - sn 15553/2017 (ETF0034)
Ponte Rolante 1 (PRT0001) - S1 e S2
Ponte Rolante 2 (PRT0002) - S3 e S4
Ponte Rolante 3 (PRT0003) - Corredor MSA45
Ponte Rolante 5 (PRT0005) - Tampas**

**MAQUINA GRAVACAO LASER 5 (PC002)
MAQUINA GRAVACAO LASER 13 (PC003)
MAQUINA INJETORA 50 MIR 280
MAQUINA INJETORA 65 MIR 80
MAQUINA INJETORA 68 MIR 60
MAQUINA INJETORA 84 MIR 220
MAQUINA INJETORA 85 MIR 200
MAQUINA INJECTORA 116 MC3 150T
CELULA PROD TAMPAS 1 - MSA51
CELULA PROD TAMPAS 2 - MSA44**

Q.E.M. 3

**ESTUFA sb - sn 15548/2017 (ETF0031)
ESTUFA sb - sn 15853/2017 (ETF0035)
Oficina de Moldes
PLC 1
Ponte Rolante 6 (PRT0006) - Moldes**

**MAQUINA INJETORA 40 MIR 135
MAQUINA INJETORA 42 SAND 50
MAQUINA INJETORA 46 VS 50
MAQUINA INJETORA 53 VS 50
MAQUINA INJETORA 54 VS 50
MAQUINA INJETORA 55 VS 80
MAQUINA INJETORA 56 VS 80
MAQUINA INJETORA 57 VS 130
MAQUINA INJETORA 58 VR 350
MAQUINA INJETORA 59 MIR 35
MAQUINA INJETORA 60 MIR 35
MAQUINA INJETORA 63 MIR 140
MAQUINA INJETORA 64 MIR 80
MAQUINA INJETORA 67 MIR 60
MAQUINA INJECTORA 89 SAND 40
MAQUINA INJECTORA 101 MAICO 320**

	Q.E.P. 2	MAQUINA INJECTORA 107 ENGEL 110 MAQUINA INJETORA 117 Toyo 130 MAQUINA INJECAO TOYO 80Ton Elect CELULA PROD AUT INTERIOR 1 (MSA102) CELULA EMBALAGEM INTERIORES 1 CELULA EMBALAGEM INTERIORES 2 CELULA PRE-MONT TORNEIRAS CELULA PRE-MONT VALVULAS CELULA PROD TORNEIRA UNI CELULA PROD TORNEIRA ULTRACOMPACT CELULA PROD TORNEIRA CPT CELULA PROD TORNEIRA TC101/COMPACT CELULA PROD TORNEIRA ECO CELULA PROD TORNEIRA UNIBOTTOM 1 CELULA PROD TORNEIRA AZOR 1 CELULA PROD TORNEIRA AZOR 2 CELULA PROD VALVULAS 1 CELULA PROD VALVULAS 2
	Q.E.P. 5	CELULA EMBALAGEM TUBOS CELULA PRE-MONT FURACAO INTERIORES CELULA ACESSORIOS EXTERIORES CELULA PRE-MONT MECANISMOS CELULA PECAS SUBST PECAS SOLTAS/SE

Anexo B – Dados de Auditoria de 2014

Setores	Energia Elétrica			Gasóleo			Total		
	%	MWh/ano	tep/ano	%	lts/ano	tep/ano	%	tep/ano	€/ano
Setor Produtivo	64,2	5034	1082,4	0	0	0	63	1082,4	504384
Máquinas Automáticas	31,7	2483	533,8	-	-	-	0,311	533,8	248734
Máquinas Semiautomáticas	22,6	1775	381,6	-	-	-	0,222	381,6	177842
Máquinas <i>Twins</i>	9,6	753	162	-	-	-	0,094	162	75474
Extrusão	0,3	23	5	-	-	-	0,003	5	2334
Serviços Auxiliares	35,8	2810	604,1	100	37360	31,9	0	636	321169
Água Refrigerada - Moldes	9,8	767	164,8	-	-	-	0,096	164,8	76809
Água Refrigerada - Óleo	4,5	350	75,3	-	-	-	0,044	75,3	35081
Ar Comprimido	3,5	275	59,2	-	-	-	0,034	59,2	27574
Iluminação	4,1	318	68,4	-	-	-	0,04	68,4	31854
Abastecimento Automático	2,3	177	38	-	-	-	0,022	38	17731
Moagem	0,4	34	7,2	-	-	-	0,004	7,2	3370
Estufagem e Misturadores	0,7	59	12,6	-	-	-	0,007	12,6	5881
Carregadores de Baterias	0,5	41	8,8	-	-	-	0,005	8,8	4094
Escritórios (Edifício Octogonal)	1,3	105	22,6	-	-	-	0,013	22,6	10530
Veículos de Serviço	-	-	-	100	37360	31,9	0,019	31,9	39677
Outros	8,7	684	147,1	-	-	-	0,086	147,1	68568
Total	100	7844	1686,4	100	37360	31,9	100	1718,3	825553

Anexo C – Estrutura do Cálculo do Valor da Fatura Energética

Valor Final da Fatura	Tarifa Fixa [58%]	Consumo de Energia Ativa X “Tarifa Fixa”
	Horário de Consumo [29%]	Consumo En. Ativa em Ponta X Tarifa Ponta
		Consumo En. Ativa em Cheias X Tarifa Cheias
		Consumo En. Ativa em Vazio X Tarifa Vazio
		Consumo En. Ativa em Super Vazio X Tarifa Super Vazio
	Potência Contratada [3%]	Potência Máxima dos últimos 12 meses X Nº Dias do Mês X “Tarifa Fixa”
Potencia média em horas ponta [9%]	Potencia Média durante as horas de Ponta X Nº Dias do Mês X “Tarifa Fixa”	
Energia Reativa [1%]	Consumo En. Reativa X “Tarifa Fixa”	

Anexo D – Tarifas Horárias

Inverno					verão			
Domingo					domingo			
domingo	Vazio	00:00	01:45		domingo	Vazio	00:00	01:45
domingo	super vazio	02:00	05:45		domingo	super vazio	02:00	05:45
domingo	Vazio	06:00	23:45		domingo	Vazio	06:00	23:45
Sábado					Sábado			
Sábado	Vazio	00:00	01:45		Sábado	Vazio	00:00	01:45
Sábado	super vazio	02:00	05:45		Sábado	super vazio	02:00	05:45
Sábado	Vazio	06:00	09:15		Sábado	Vazio	06:00	08:45
Sábado	Cheia	09:30	12:45		Sábado	Cheia	09:00	13:45
Sábado	Vazio	13:00	18:15		Sábado	Vazio	14:00	19:45
Sábado	Cheia	18:30	21:45		Sábado	Cheia	20:00	21:45
Sábado	Vazio	22:00	23:45		Sábado	Vazio	22:00	23:45
Semana					Semana			
Semana	Vazio	00:00	01:45		Semana	Vazio	00:00	01:45
Semana	super vazio	02:00	05:45		Semana	super vazio	02:00	05:45
Semana	Vazio	06:00	06:45		Semana	Vazio	06:00	06:45
Semana	Cheia	07:00	09:15		Semana	Cheia	07:00	09:00
Semana	Ponta	09:30	11:45		Semana	Ponta	09:15	12:00
Semana	Cheia	12:00	18:15		Semana	Cheia	12:15	23:45
Semana	Ponta	18:30	20:45					
Semana	Cheia	21:00	23:45					

Anexo E – Lista de Medições Realizadas

Máquina	Força de Fecho [Tons]	Setor	Tipo de Máquina	Setor	Tipo de Medição	Consumo Horário Fluke [kWh/h]	Consumo Horário Eminus [kWh/h]	Erro [%]
MIP 44	353	Hidráulica	MS	Exteriores	Setup	22,6	23,6	-4%
MIP 44	353	Hidráulica	MS	Exteriores	Em Produção	30,5	31,0	-2%
MIP 51	353	Hidráulica	MS	Exteriores	Em Produção	24,7	23,9	3%
MIP 51	353	Hidráulica	MS	Exteriores	Setup	13,5	14,1	-4%
MIP 83	650	Hidráulica	MS	Exteriores	Em Produção	39,1	37,0	6%
MIP 110	589	Hidráulica	MS	Exteriores	Sem Produção	13,0	12,2	7%
MIP 110	589	Hidráulica	MS	Exteriores	Em Produção	32,6	30,8	6%
MIP 103	650	Hidráulica	MS	Exteriores	Em Produção	28,0	27,9	1%
MIP 103	650	Hidráulica	MS	Exteriores	Setup	11,3	11,1	2%
MIP 69	830	Hidráulica	MS	Exteriores	Em Produção	35,4	4,7	651%
MIP 102	650	Hidráulica	MS	Interiores	Em Produção	33,7	13,2	156%
MIP 90	650	Hidráulica	MS	Interiores	Sem Produção	4,1	3,6	14%
MIP 93	650	Hidráulica	MS	Interiores	Sem Produção	6,5	3,0	116%
MIP 98	650	Hidráulica	MS	Interiores	Setup	11,6	11,4	2%
MIP 98	650	Hidráulica	MS	Interiores	Em Produção	29,3	28,4	3%
MIP 114	650	Híbrida	MS	Interiores	Setup	22,9	9,3	145%
MIP 114	650	Híbrida	MS	Interiores	Em Produção	24,5	9,5	157%
MIP 121	650	Hidráulica	MS	Interiores	Em Produção	27,2	-----	-----
MIP 118	450	Elétrica	MS	Placas	Setup	13,2	-----	-----
MIP 118	450	Elétrica	MS	Placas	Em Produção	9,3	-----	-----
MIP 70	100	Hidráulica	MA	Injeção	Setup	10,3	11,2	-7%
MIP 70	100	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	10,2	10,4	-2%

MIP 101	320	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	18,1	16,9	7%
MIP 80	50	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	6,1	6,5	-7%
MIP 67	60	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	13,9	14,2	-2%
MIP 67	60	Hidráulica	MA	Injeção	Setup	8,5	9,1	-7%
MIP 120	65	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	4,4	4,3	2%
MIP 119	78	Elétrica	MA	Injeção	Setup	3,7	3,6	2%
MIP 119	78	Elétrica	MA	Injeção	Em Produção	3,1	3,1	0%
MIP 55	80	Hidráulica	MA	Injeção	Setup	4,7	4,5	4%
MIP 55	80	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	6,2	6,8	-9%
MIP 64	80	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	11,6	12,0	-4%
MIP 96	85	Hidráulica	MA	Injeção	Setup	7,6	7,9	-4%
MIP 96	85	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	9,2	9,6	-3%
MIP 78	60	Hidráulica	MA	Injeção	Setup	6,2	5,7	10%
MIP 78	60	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	6,3	6,2	3%
MIP 124	100	Hidráulica	MA	Injeção	Setup	3,4	3,2	4%
MIP 124	100	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	4,9	4,8	1%
MIP 87	100	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	10,8	10,9	0%
MIP 87	100	Hidráulica	MA	Injeção	Setup	3,3	3,5	-6%
MIP 82	550	Hidráulica	MS	Placas	Em Produção	27,8	-----	-----
MIP 112	520	Hidráulica	MS	Placas	Em Produção	19,8	-----	-----
MIP 61	550	Hidráulica	MS	Placas	Em Produção	20,8	-----	-----
MIP 38	170	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	19,8	-----	-----
MIP 129	180	Elétrica	MA	Injeção	Em Produção	8,8	-----	-----
MIP 90	650	Hidráulica	MS	Interiores	Em Produção	37,3	35,8	4%
MIP 117	130	Elétrica	MA	Injeção	Em Produção	3,7	-----	-----

MIP 117	130	Elétrica	MA	Injeção	Setup	3,1	-----	-----
MIP 66	100	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	11,9	11,9	1%
MIP 50	280	Hidráulica	MA	Injeção	Em Produção	18,6	18,8	-1%
MIP 50	280	Hidráulica	MA	Injeção	Setup	6,7	-----	-----

Anexo F – Lista de Erros do Software de Gestão de Energia

Lista de Erros detetados		
Máquina	Tipo de Falha	Ocorrência
MIP 116	TI Fase 1 e 3 Invertidos	Permanente
MIP 45	TI Fase 2 Desligado	Permanente
MIP 99	Picos de consumo	22/fev
MIP 63	Picos de consumo	26/fev
MIP 101	Picos de consumo	23/fev
MIP 93	Erros demasiado elevados	Permanente
MIP 102	Consumo demasiado baixo	20-02-2019 até à Data
MIP 56	TI Fase 1 Desligado	Permanente
MIP 114	Consumo demasiado baixo	20-02-2019 até à Data
MIP 69	Consumo demasiado baixo	20-02-2019 até à Data
Embalamento MIP 69	Consumo demasiado elevado	20-02-2019 até à Data

Anexo G – Lista de Máquinas de Injeção

Identificação	Marca	Força de Fecho (ton)	Setor	Tipo
MIP030	Sandretto	70	Automática	Hidráulica
MIP031	Sandretto	170	Automática	Hidráulica
MIP032	Sandretto	170	Automática	Hidráulica
MIP036	Sandretto	170	Automática	Hidráulica
MIP038	Sandretto	170	Automática	Hidráulica
MIP040	MIR	135	Automática	Hidráulica
MIP041	Negri Bossi	200	Automática	Hidráulica
MIP042	Sandretto	50	Automática	Hidráulica
MIP044	Sandretto	353	Exteriores	Hidráulica
MIP045	Sandretto	353	Válvulas	Hidráulica
MIP046	Victor	50	Automática	Hidráulica
MIP047	Victor	130	Automática	Hidráulica
MIP049	MIR	140	Automática	Hidráulica
MIP050	MIR	280	Automática	Hidráulica
MIP051	Sandretto	353	Exteriores	Hidráulica
MIP052	MIR	58	Automática	Hidráulica
MIP053	Victor	50	Automática	Hidráulica
MIP054	Victor	50	Automática	Hidráulica
MIP055	Victor	80	Automática	Hidráulica
MIP056	Victor	80	Automática	Hidráulica
MIP057	Victor	130	Automática	Hidráulica
MIP058	Victor	350	Automática	Hidráulica
MIP059	MIR	35	Automática	Hidráulica
MIP060	MIR	35	Automática	Hidráulica
MIP061	Victor	550	Placas	Hidráulica

MIP062	MIR	280	Automática	Hidráulica
MIP063	MIR	140	Automática	Hidráulica
MIP064	MIR	80	Automática	Hidráulica
MIP065	MIR	80	Automática	Hidráulica
MIP066	MIR	100	Automática	Hidráulica
MIP067	MIR	60	Automática	Hidráulica
MIP068	MIR	60	Automática	Hidráulica
MIP069	MIR	830	Exteriores	Hidráulica
MIP070	MIR	100	Automática	Hidráulica
MIP071	Victor	100	Automática	Hidráulica
MIP072	Victor	100	Automática	Hidráulica
MIP073	Victor	100	Automática	Hidráulica
MIP074	Victor	100	Automática	Hidráulica
MIP075	Victor	100	Automática	Hidráulica
MIP076	Victor	50	Automática	Hidráulica
MIP077	MIR	200	Automática	Hidráulica
MIP078	MIR	60	Automática	Hidráulica
MIP079	MIR	140	Automática	Hidráulica
MIP080	Victor	50	Automática	Hidráulica
MIP081	Victor	100	Automática	Hidráulica
MIP082	Victor	550	Placas	Hidráulica
MIP083	Sandretto	650	Exteriores	Hidráulica
MIP084	MIR	280	Automática	Hidráulica
MIP085	MIR	200	Automática	Hidráulica
MIP086	Victor	100	Automática	Hidráulica
MIP087	Victor	100	Automática	Hidráulica
MIP088	Victor	100	Automática	Hidráulica
MIP089	Sandretto	40	Automática	Hidráulica
MIP090	Maico	650	Interiores	Hidráulica
MIP091	Maico	180	Automática	Hidráulica
MIP092	Maico	260	Automática	Hidráulica
MIP093	Maico	650	Interiores	Hidráulica
MIP094	Sandretto	100	Automática	Hidráulica
MIP095	Sandretto	220	Automática	Hidráulica
MIP096	Sandretto	85	Automática	Hidráulica
MIP097	Sandretto	165	Automática	Hidráulica
MIP098	Maico	650	Interiores	Hidráulica
MIP099	Maico	380	Automática	Hidráulica
MIP100	Maico	240	Automática	Hidráulica
MIP101	Maico	320	Automática	Hidráulica
MIP102	Maico	650	Interiores	Hidráulica
MIP103	Maico	650	Exteriores	Hidráulica
MIP104	Victor	250	Automática	Hidráulica
MIP105	ENGEL	110	Automática	Hidráulica
MIP106	ENGEL	45	Automática	Hidráulica

MIP107	ENGEL	110	Automática	Hidráulica
MIP108	ENGEL	45	Automática	Hidráulica
MIP109	ENGEL	200	Automática	Hidráulica
MIP110	MAICO	589	Exteriores	Hidráulica
MIP111	MAICO	300	Automática	Hidráulica
MIP112	MAICO	520	Placas	Hidráulica
MIP113	Victor	100	Automática	Hidráulica
MIP114	MAICO		Interiores	Híbrida
MIP115	Vitor	100	Automática	Hidráulica
MIP116	BMB		Automática	Hidráulica
MIP117	TOYO	127	Automática	Eléctrica
MIP118	TOYO	450	Placas	Eléctrica
MIP119	TOYO	78	Automática	Eléctrica
MIP120	SANDRETTO	65	Automática	Hidráulica
MIP121	MAICO	650	Interiores	Hidráulica
MIP123	INAUTOM	210	Automática	Hidráulica
MIP124	MIR	100	Automática	Hidráulica
MIP125	SANDRETTO	165	Automática	Hidráulica
MIP 126	TOYO	50	Automática	Eléctrica
MIP128	MIR	450	Automática	Hidráulica
MIP 129	TOYO	180	Automática	Eléctrica
MIP 130	TOYO	450	Placas	Eléctrica

Anexo H – Lista de Equipamentos de Transporte

Equipamento	Object ID	Carregamento	Localização	Necessidade em fábrica	Estado da Bateria (Autonomia)	Prática Atual de Carregamento
Mizu	EMC0001	Posto 3	Logística	3 Turnos	Turno Completo	Troca de Bateria aos 20%
Mizu	EMC0002	Posto 3	Logística	3 Turnos	Turno Completo	Troca de Bateria aos 20%
Mizu	EMC0003	Posto 3	Logística	3 Turnos	Turno Completo	Troca de Bateria aos 20%
Mizu	EMC0004	Posto 3	Logística	3 Turnos	Turno Completo	Troca de Bateria aos 20%
Mizu	EMC0005	Posto 3	Logística	3 Turnos	Turno Completo	Troca de Bateria aos 20%
Mizu	EMC0006	Posto 3	Logística	2 Turnos	Turno Completo	Troca de Bateria aos 20%
Mizu*	EMC0018	12º Carregador	Logística	1 Turno	Turno Completo	Carrega quando tem Pouca Carga
Stacker	EMC0007	Posto 1 e carregadores 8º,9º e 11º	Logística	3 Turno	5 Horas	Carrega sempre que para
Stacker	EMC0074	Posto 2	Logística	3 Turnos	1 Turno	Troca a Bateria quando acaba
Stacker	EMC0075	Posto 2	Logística	3 Turnos	1 Turno	Troca a Bateria quando acaba
Empilhador	EMC0011	2º e 3º carregadores	Logística	2 Turnos	2 Turnos	Carrega quando a bateria acaba
Empilhador	EMC0017	1º Carregador	Logística	1 Turno	5 Horas	Carrega sempre que para
Stacker	EMC0019	8º,9º e 11º	Logística	1 Turno	4 Horas	Carrega sempre que para

Stacker	EMC0021	8º,9º e 11º	Logística	1 Turno	4 Horas	Carrega sempre que para
Empilhador Frontal Elétrico	EMC0080	4ºcarregador	Logística	3 Turnos	Dias	Carrega às 20 horas
Empilhador Retrátil	EMC0081	7ºcarregador	Logística	2 Turnos	Dias	Carrega sempre que para
Stacker Elétrico	EMC0082	10ºcarregador	Logística	3 Turnos	Dias	Carrega sempre que para
Empilhador	EMC0108	Logística	Logística	2 Turnos	Dias	Carrega quando a bateria acaba

Anexo I – Ficha Técnica dos Módulos dos Painéis Solares

powered by





Q.PLUS L-G4.1 335-345

Q.ANTUM SOLAR MODULE

The Q.ANTUM solar module Q.PLUS L-G4.1 is the strongest module of its type on the market globally. Powered by 72 Q CELLS solar cells Q.PLUS L-G4.1 was specially designed for large solar power plants to reduce BOS costs. Only Q CELLS offers German engineering quality with our unique Yield Security.

- 

Q.ANTUM TECHNOLOGY: LOW LEVELIZED COST OF ELECTRICITY
Higher yield per surface area and lower BOS costs thanks to higher power classes and an efficiency rate of up to 17.6 %.
- 

INNOVATIVE ALL-WEATHER TECHNOLOGY
Optimal yields, whatever the weather with excellent low-light and temperature behaviour.
- 

ENDURING HIGH PERFORMANCE
Long-term yield security with Anti PID Technology¹, Hot-Spot Protect and Traceable Quality Tra.Q™.
- 

EXTREME WEATHER RATING
High-tech aluminium alloy frame, certified for high snow (5400 Pa) and wind loads (2400 Pa).
- 

A RELIABLE INVESTMENT
Inclusive 12-year product warranty and 25-year linear performance warranty².









THE IDEAL SOLUTION FOR:



Ground-mounted solar power plants

Engineered in **Germany**



¹ APT test conditions: Cells at -1500V against grounded, with conductive metal foil covered module surface, 25 °C, 168h

² See data sheet on rear for further information.

Anexo J – Tabela Resumo de Estudo de Viabilidade de Substituição de Iluminação

Proposta	Atual	Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3
Tipo de Lâmpada				
Marca	OSRAM	OSRAM	OSRAM	OSRAM
Modelo	L36W/765	SustiTUBE T8 Value EM Gen 8 - G13, 220 - 240 V	SustiTUBE T8 Advaced Universal GEN 8 - G13, 220 -240 V	SustiTUBE T8 Value Universal Gen 8 - G13, 220 -240 V
Vida Útil	13000	30000	50000	30000
Fluxo Luminoso	2500	1700	2100	1700
Eficácia	69,44 44444 4	104,9	150	106,3
Tipo de Armadura				
Marca	Não Especificada	Não Especificada	Não Especificada	Não Especificada
Modelo	Não Especificado	Não Especificada	Não Especificada	Não Especificada
Eficiência [%]	80	100	100	100
Potência (Lâmpadas + Balastro)	36	16,2	14	16
Consumo de Energia				
Número de Armaduras	72	72	72	72
Lâmpadas por Armadura	2	2	2	2
Horas de Funcionamento	24 340	24 340	24 340	24 340
Potencia Total Instalada	6,48	2,3	2,0	2,3
Consumo Anual	52876,8	19035,6	16450,6	18800,6
Custo Energia Anual	5816,448	2093,9	1809,6	2068,1
Redução de Consumo	0	3722,5	4006,9	3748,4
Manutenção				
Preço de cada Lâmpada	2	13,7	29	23,5

Custo Anual (Substituição)	180,8	536,6	681,5	920,4
Poupança Anual	0	-355,8	-500,7	-739,7
Poupança Total (Energia e Manutenção)		3366,7	3506,1	3008,70
Investimento				
Armaduras	-----	13,5	13,5	13,5
Lampadas	-----	1972,8	4176	3384
Instalação	-----	-----	-----	-----
Investimento Total	-----	1986,3	4189,5	3397,5
Payback Com Manutenção	-----	0,6	1,2	1,1
Payback Sem Manutenção	-----	0,5	1,0	0,9

Anexo L – Proposta de Motores a Substituir e de Variadores a Instalar

Motores

Referência	Potência Nominal (kW)	Solução	Poupança (€/ano)	Nº horas Total	Poupança Real	PRI Com financiamento
MIP 42	18,5	4P LSES 180M IE3 18,5kW B5	697,43 €	6 506,2	521,56 €	3,8
MIP 49	22	6P LSES 200LU IE3 22kW B35	669,61 €	6 244,5	480,62 €	4,1
MIP 38	30	6P LSES 225MG IE3 30kW B5	604,12 €	6 696,0	464,97 €	4,2
MIP 50	37	4P LSES 225SR IE3 37kW B35	542,02 €	7 338,3	457,18 €	4,3
MIP 52	11	6P LSES 180L IE3 11kW B35	456,03 €	8 211,0	430,40 €	4,6
MIP 63	22	6P LSES 200LU IE3 22kW B35	669,61 €	7 276,7	560,06 €	3,5
MIP 70	18,5	6P LSES 200L IE3 18,5kW B35	428,68 €	8 171,1	402,62 €	4,9
MIP 64	18,5	6P LSES 200L IE3 18,5kW B35	428,68 €	8 332,6	410,58 €	4,8
MIP 68	15	4P LSES 160LUR IE3 15kW B35	316,53 €	8 248,2	300,09 €	6,6
MIP 65	18,5	6P LSES 200L IE3 18,5kW B35	428,68 €	8 390,0	413,41 €	4,8
MIP 96	18,5	4P LSES 180M IE3 18,5kW B35	386,95 €	8 352,1	371,48 €	5,3
MIP 66	18,5	6P LSES 200L IE3 18,5kW B35	428,69 €	8 078,1	398,04 €	5,0
MIP 89	11	4P LSES 160M IE3 11kW B5	400,44 €	7 845,0	361,09 €	5,5
MIP 90	55	6P LSES 280MD IE3 55kW B3	311,50 €	3 567,0	127,72 €	15,5
MIP 93	30	6P LSES 280MD IE3 55kW B3	311,50 €	4 403,0	157,65 €	12,5

Variadores

Referência	Potência Nominal (kW)	Solução	Poupança (€/ano)	Nº horas Anuais	Poupança Real	PRI Com financiamento
MIP 65	18,5	Powerdrive F300-064-00380 (18,5kW/38A)	502,43 €	8390,0	484,52 €	6,5
MIP 96	18,5	Powerdrive F300-064-00380 (18,5kW/38A)	432,09 €	8352,1	414,81 €	7,6
MIP 64	18,5	Powerdrive F300-064-00380 (18,5kW/38A)	502,43 €	8332,6	481,21 €	6,5
MIP 70	18,5	Powerdrive F300-064-00380 (18,5kW/38A)	502,43 €	8171,1	471,88 €	6,7
MIP 66	18,5	Powerdrive F300-064-00380 (18,5kW/38A)	502,43 €	8078,1	466,51 €	6,7
MIP 89	11	Powerdrive F300-044-00240 (11kW/24A)	502,43 €	7845,0	453,05 €	6,9
MIP 50	37	Powerdrive F300-074-00790 (37kW/79A)	934,51 €	7338,3	788,24 €	4,0
MIP 63	22	Powerdrive F300-064-00480 (22kW/48A)	954,61 €	7276,7	798,44 €	3,9
MIP 95	30	Powerdrive F300-064-00630 (30kW/63A)	502,43 €	7020,1	405,41 €	7,8
MIP 38	30	Powerdrive F300-064-00630 (30kW/63A)	839,05 €	6696,0	645,78 €	4,9
MIP 42	18,5	Powerdrive F300-064-00380 (18,5kW/38A)	839,05 €	6506,2	627,47 €	5,0
MIP 49	22	Powerdrive F300-064-00480 (22kW/48A)	954,61 €	6244,5	685,18 €	4,6
MIP 62	37	Powerdrive F300-074-00790 (37kW/79A)	934,51 €	4197,0	450,82 €	7,0
MIP 36	30	Powerdrive F300-064-00630 (30kW/63A)	839,05 €	4116,0	396,96 €	7,9