



Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

***Estudo de Oportunidades de Melhoria de Eficiência  
Energética na Rectimold***

**David Emanuel Filipe Pereira**

Leiria, *setembro* de 2016





Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

***Estudo de Oportunidades de Melhoria de Eficiência  
Energética na Rectimold***

**David Emanuel Filipe Pereira**

Projeto de Mestrado realizado sob a orientação do Doutor João Rafael da Costa Sanches Galvão, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação do Doutor Filipe Tadeu Soares Oliveira, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, *setembro* de 2016.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Dedicatória

---

Aos meus pais...

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Agradecimentos

---

Ao professor Doutor João Rafael da Costa Sanches Galvão, meu orientador, agradeço a ajuda, o incentivo e a colaboração prestada para a realização do trabalho.

Ao professor Doutor Filipe Tadeu Soares Oliveira, coorientador, agradeço por toda a ajuda prestada e pela partilha de conhecimentos.

À minha namorada por todo o apoio e incentivo dado durante todo este percurso.

À empresa Rectimold, em especial ao Eng.º Nuno Marques pela oportunidade dada e por todo o apoio e ajuda prestada.

À minha família.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Resumo

---

A melhoria de eficiência energética num contexto mundial é, na atualidade, uma área de grande relevância, devido ao constante aumento dos consumos energéticos, por motivo das necessidades de desenvolvimento dos países.

A procura de estratégias de melhoria neste âmbito em ambiente industrial tem o potencial de trazer benefícios comerciais e ambientais significativos. Existem uma infinidade de medidas de eficiência energética e racionalização de consumos, que quando devidamente aplicadas aumentam o desempenho das empresas, com a conseqüente criação de riqueza e um menor impacte ambiental.

O presente projeto teve como principal objetivo o estudo de oportunidades de melhoria de eficiência energética na empresa Rectimold. Esta é uma empresa inserida no ramo da indústria de moldes para injeção de plástico.

Uma das etapas do trabalho consistiu na análise global dos consumos energéticos através das faturas, referentes aos anos de 2014 e 2015, onde se verificou que a empresa não está abrangida no âmbito do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE). Seguidamente, foram instalados analisadores de energia para a recolha de informação detalhada sobre os consumos de energia elétrica.

A realização da análise energética incidiu sobre as áreas onde o potencial de economia e redução de consumos será maior, nomeadamente na iluminação, na climatização, na instalação de energias renováveis, no tipo de contratualização de energia elétrica e na introdução de um Sistema de Gestão de Energia (SGE). Nesse âmbito, foram apresentadas diversas propostas para elevar o desempenho energético da empresa, cuja implementação representa uma poupança de consumo energético em cerca de 20%.

*Palavras-chave: Eficiência Energética, Auditoria Energética, Climatização, Energias Renováveis*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Abstract

---

Improving energy efficiency in a global context is, at present, an area of great importance due to the constant increase in energy consumption, due to the countries' need for development.

The search for strategies to improve energy efficiency in the industry has the potential to achieve significant commercial and environmental benefits. There is a considerable number of energy efficiency and consumption rationalization measures, which when properly implemented will enhance the performance of organizations, with the consequent creation of wealth and lower environmental impact.

The main objective of this project is the study of energy efficiency improvement opportunities in Rectimold. This company's main activity is the fabrication of molds for the plastic injection industry.

One of the phases of this work consisted of a comprehensive analysis of energy consumption through the invoices for the years 2014 and 2015, where it was assessed that the company does not fall under the Management of Intensive Energy Consumption System (SGCIE). Then, power analyzers were installed to collect detailed information on electricity consumption.

The energy analysis was focused on the areas where potential savings and consumption reductions were expected to be higher, particularly lighting, air conditioning, renewable energy, electrical supply contract and the introduction of an Energy Management System. In this context, several proposals are made, the implementation of which would represent energy savings of about 20%.

Keywords: *Energy Efficiency, Energy Audit, Climate Control, Renewable Energy*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Lista de figuras

---

Figura 1: Logotipo da empresa. ....	1
Figura 2: Desagregação de consumo total de energia por setor [3]. ....	3
Figura 3: Evolução consumo de energia [3]. ....	4
Figura 4: Produção de energia de origem renovável [3]. ....	5
Figura 5: Evolução da dependência energética nacional [3]. ....	5
Figura 6: Distribuição da radiação média em Portugal [7]. ....	7
Figura 7: Potência instalada com recurso a tecnologia solar fotovoltaica [3]. ....	8
Figura 8: Curva de potência UPAC [13]. ....	10
Figura 9: Representação do IRC [17]. ....	12
Figura 10: Esquema para a temperatura de cor [16]. ....	12
Figura 11: Comparação de lâmpadas em relação à temperatura de cor [16]. ....	13
Figura 12: Campânula industrial LED [20]. ....	14
Figura 13: Constituição de uma lampada fluorescente tubular [15]. ....	15
Figura 14: Constituição de uma lâmpada fluorescente compacta [15]. ....	15
Figura 15: Exemplo de alguns modelos de lâmpadas fluorescentes compactas [22]. ....	16
Figura 16: Constituição lâmpada de vapor de mercúrio [15]. ....	17
Figura 17: Constituição lâmpada de iodetos metálicos [15]. ....	17
Figura 18: Constituição lâmpada de vapor de sódio [15]. ....	18
Figura 19: Representação ciclo termodinâmico funcionamento ar-condicionado [24]. ....	19
Figura 20: Representação dos principais componentes de um equipamento de ar condicionado [25]: ....	20
Figura 21: Sistema free-cooling em temperatura ambiente elevada [26]. ....	21
Figura 22: Sistema free-cooling em temperatura ambiente moderada [26]. ....	21
Figura 23: Sistema free-cooling em temperatura ambiente baixa [26]: ....	22
Figura 24: Aço em bruto para a fabricação de moldes. ....	24
Figura 25: Máquina cortadora de aço. ....	24
Figura 26: Fresadora. ....	25
Figura 27: Fresadora CNC 3 eixos. ....	25
Figura 28: Rolo de fio para eletroerosão. ....	25
Figura 29: Processo de erosão por fio. ....	25
Figura 30: Pormenor eletroerosão por penetração. ....	26

Figura 31: Processo de erosão por penetração. ....	26
Figura 32: Pormenor processo controlo dimensional.....	26
Figura 33: Controlo dimensional.....	26
Figura 34: Fluxograma do processo produtivo. ....	27
Figura 35: Evolução consumo energia ativa ano 2014. ....	28
Figura 36: Evolução consumo energia ativa ano 2015. ....	29
Figura 37: Distribuição percentual por período horário – ciclo semanal.....	31
Figura 38: Distribuição percentual por período horário – ciclo diário.....	32
Figura 39: Triângulo de potências, [30]. ....	35
Figura 40: Diagrama de carga equipamentos Ar Condicionado – zona de fabricação. ....	42
Figura 41: Diagrama de carga da máquina extrusora.....	42
Figura 42: Diagrama de cargas consumo geral – 24/09/2015 a 11/10/2015.....	43
Figura 43: Diagrama de carga dos equipamentos monitorizados – outubro 2015.....	43
Figura 44: Desagregação de consumo por período horário em equipamentos monitorizados de 24/09/2015 a 11/10/2015.....	44
Figura 45: Desagregação de consumos – 24/09/2015 a 11/10/2015.....	44
Figura 46: Diagrama de carga das retificadoras.....	45
Figura 47: Diagrama de carga iluminação da zona de fabricação.....	45
Figura 48: Diagrama de carga das máquinas fresadoras.....	45
Figura 49: Diagrama de carga erosão.....	46
Figura 50: Diagrama de carga da maquinação.....	46
Figura 51: Diagrama de carga do compressor.....	46
Figura 52: Diagrama de cargas consumo geral – 30/01/2016 a 28/02/2016.....	47
Figura 53: Diagrama de carga dos equipamentos monitorizados – fevereiro 2016.....	47
Figura 54: Desagregação de consumo por período horário.....	48
Figura 55: Desagregação de consumos.....	48
Figura 56: Representação dos pontos de medição dos valores de iluminância.....	49
Figura 57: Parâmetros de poupança energética e/ou económica.....	51
Figura 58: Representação da disposição dos módulos fotovoltaicos de acordo com a arquitetura do edifício.....	55
Figura 59: Sobreposição de produção de energia, com recurso a central fotovoltaica, com diagrama de cargas.....	56
Figura 60: Comparação entre consumo total e contribuição fotovoltaica.....	56
Figura 61: Evolução da poupança.....	58

Figura 62: Representação gráfica da curva de potência para UPAC de 60kWp.....	59
Figura 63: Planta das instalações com representação das zonas a climatizar.....	60
Figura 64: Esquema metodologia PDCA de acordo com a norma ISO 50001 [33].....	65
Figura 66 – Evolução preço médio energia elétrica em Portugal – ano 2015 [35]: .....	66
Figura 67: Evolução tarifa variável: horas ponta – 2014.....	67
Figura 68: Evolução tarifa variável: horas cheias – 2014. ....	67
Figura 69: Evolução tarifa variável: horas vazio normal – 2014. ....	67
Figura 70: Evolução tarifa variável: horas super vazio – 2014. ....	68
Figura 71: Evolução tarifa variável: horas ponta – 2015.....	69
Figura 72: Evolução tarifa variável: horas cheias – 2015. ....	69
Figura 73: Evolução tarifa variável: horas vazio normal – 2015. ....	69
Figura 74: Evolução tarifa variável: horas super vazio – 2015. ....	70
Figura 75: Evolução da tecnologia solar fotovoltaica, [9].....	77

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Lista de tabelas

---

Tabela 1: Níveis recomendados de iluminância para tarefas específicas [18].	13
Tabela 2: Coeficiente de expansão térmica para diferentes materiais [23].	19
Tabela 3: Energia ativa consumida e faturação ano 2014.	28
Tabela 4: Energia ativa consumida e faturação ano 2015.	28
Tabela 5: Comparação consumo energia ativa 2014/2015.	29
Tabela 6: Comparação faturação energética 2014/2015.	29
Tabela 7: Desagregação de períodos horários – ciclo semanal [29].	30
Tabela 8: Desagregação de períodos horários – ciclo diário [29].	31
Tabela 9: Tarifa por período horário – 2014.	32
Tabela 10: Quantidade de horas por período horário e consumo 2014.	32
Tabela 11: Simulação de poupança tarifária – 2014.	33
Tabela 12: Tarifa por período horário – 2015.	33
Tabela 13: Quantidade de horas por período horário e consumo 2015.	33
Tabela 14: Simulação de poupança tarifária – 2015.	34
Tabela 15: Aumento tarifário 2014/2015.	34
Tabela 16: Escalões para taxaço de energia reativa.	35
Tabela 17: Valores de energia reativa – 2014.	35
Tabela 18: Valores de energia reativa – 2015.	36
Tabela 19: Tarifa de energia reativa – 2014 e 2015.	36
Tabela 20: Faturação de energia reativa – 2014.	36
Tabela 21: Faturação de energia reativa – 2015.	37
Tabela 22: Faturação relativa à potência contratada – 2014.	37
Tabela 23: Faturação relativa à potência contratada – 2015.	38
Tabela 24: Faturação relativa a potência em horas de ponta – 2014.	38
Tabela 25: Faturação relativa a potência em horas de ponta – 2015.	39
Tabela 26: Consumo específico de energia.	39
Tabela 27: Intensidade carbónica	40
Tabela 28: Lista equipamentos monitorizados – outubro 2015.	41
Tabela 29: Lista equipamentos monitorizados – fevereiro 2016.	41
Tabela 30: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – sala de desenho.	50
Tabela 31: Características iluminação anterior.	52

Tabela 32: Características iluminação atual.....	52
Tabela 33: Comparação entre consumo e respetiva poupança.....	53
Tabela 34: Características módulos fotovoltaicos considerados no projeto. ....	54
Tabela 35: Principais resultados obtidos para a simulação de produção de energia.....	55
Tabela 36: Resumo de consumos, necessidades e energia produzida.....	57
Tabela 37: Informação tarifária e custo com equipamentos. ....	57
Tabela 38: Custo total e poupança. ....	57
Tabela 39: Valores de poupança expectável. ....	58
Tabela 40: Características dos equipamentos climatização. ....	61
Tabela 41: Horas de funcionamento dos equipamentos de climatização.....	61
Tabela 42: Previsão de horas de funcionamento do sistema de climatização proposto. ....	62
Tabela 43: Energia consumida sistema de climatização proposto. ....	62
Tabela 44: Poupança mensal expectável para o sistema de climatização sugerido. ....	63
Tabela 45: Payback simples para o investimento do sistema de climatização sugerido.....	63
Tabela 46: Comparação entre tarifa fixa e tarifa variável de venda de energia – 2014. ....	68
Tabela 47: Comparação tarifa fixa e tarifa indexada de venda de energia – 2015. ....	70
Tabela 48: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – planeamento.....	78
Tabela 49: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – escritório. ....	78
Tabela 50: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – sala de exposição. ....	78
Tabela 51: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – comercial.....	78
Tabela 52: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – qualidade.....	78
Tabela 53: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – sala de reuniões.....	78
Tabela 54: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – controlo dimensional. .	79
Tabela 55: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – gabinete.....	79
Tabela 56: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – CNC. ....	79
Tabela 57: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – programação CNC. ....	79
Tabela 58: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – ferramentaria/medição. 79	
Tabela 59: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – polimento. ....	79
Tabela 60: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – fabricação.....	80
Tabela 61: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – armazém.....	80
Tabela 62: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – erosão. ....	80
Tabela 63: Valores médios tarifa indexada OMIE – 2014 [35]. ....	88
Tabela 64: Valores médios tarifa indexada OMIE – 2015 [35]. ....	88

## Lista de siglas

---

AT	Alta Tensão
BTE	Baixa Tensão Especial
BTN	Baixa Tensão Normal
DGEG	Direção Geral da Energia e Geologia
EDP	Energias de Portugal
ENE 2020	Estratégia Nacional para a Energia 2020
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
ISP	Imposto Sobre Produtos Petrolíferos
IRC	Índice de Restituição de Cor
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Díodo Emissor de Luz)
MAT	Muito Alta Tensão
MT	Média Tensão
OMIE	Operador de Mercado Ibérico de Energia
PME	Pequena Média Empresa
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
PRCE	Plano de Racionalização de Consumos de Energia
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público
SERUP	Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção
SGCIE	Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia
SGE	Sistema de Gestão de Energia
TEP	Tonelada Equivalente de Petróleo
UPAC	Unidade de Produção e Autoconsumo
UPP	Unidade de Pequena Produção

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Índice

---

<b>DEDICATÓRIA</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>V</b>
<b>RESUMO</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>XV</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b>	<b>XVII</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>XIX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1. Motivação e Objetivos	1
1.2. Organização do Relatório	2
<b>2. CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA NACIONAL</b>	<b>3</b>
2.1. A Energia em Portugal	3
<b>3. TECNOLOGIAS NO CASO EM ESTUDO</b>	<b>7</b>
3.1. Sistemas Solares Fotovoltaicos	7
3.2. Tecnologias de Iluminação	11
3.3. Tecnologia de Climatização	18
<b>4. CONSUMO ENERGÉTICO NO CASO DE ESTUDO</b>	<b>23</b>
4.1. Auditoria Energética e Processo Produtivo	23
4.2. Processo Produtivo	24
4.3. Análise da Faturação de Energia	27
4.4. Análise do Tarifário	30
4.5. Dados Obtidos por Monitorização	41

<b>5.</b>	<b>MODELO ENERGÉTICO PROPOSTO</b>	<b>51</b>
5.1.	Áreas do Modelo Energético	51
5.2.	Iluminação	51
5.3.	Sistema de Produção Solar Fotovoltaico	54
5.4.	Climatização	59
5.5.	Implementação de Sistema de Gestão de Energia	64
5.6.	Tarifa Variável	66
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>71</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>75</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>77</b>
	Anexo I: Evolução da Tecnologia Fotovoltaica.	77
	Anexo II: Valores de Iluminância Medidos.	78
	Anexo III: Características dos Módulos Solares.	81
	Anexo IV: Características do Equipamento de Climatização.	84
	Anexo V: Tarifa Variável de Referência – Valores Médios.	88
	Anexo VI: Características do Inversor.	89
	Anexo VII: Simulação 17kWp com o <i>Software PVsyst</i> .	91
	Anexo VIII: Simulação 60kWp com o <i>Software PVsyst</i> .	94
	<b>GLOSSÁRIO</b>	<b>97</b>

# 1. Introdução

---

A energia assume um papel essencial no desenvolvimento económico de um país, sendo uma área fundamental para o seu desenvolvimento, progresso e competitividade. Em Portugal, tem havido uma crescente preocupação com a melhoria dos processos de gestão e consumo de energia.

A eficiência energética consiste na otimização da utilização de energia, de forma racional e consciente, combatendo assim o desperdício energético e promovendo a preservação do meio ambiente [1].

O presente relatório surge no âmbito da Unidade Curricular de Projeto, incluída no curso de Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente.

O trabalho foi desenvolvido e realizado em ambiente industrial na empresa Rectimold S.A., no concelho de Porto de Mós, cuja área de atividade está orientada para a construção de moldes de alta precisão para injeção de plástico.

## 1.1. Motivação e Objetivos

---

O presente projeto surge como uma oportunidade de aplicação de conhecimentos adquiridos ao longo de todo o percurso académico. Aliado a este facto, a tentativa de encontrar soluções que permitam reduzir o encargo energético, por forma a tornar esta empresa mais eficiente, mais sustentável e conseqüente mais competitiva, oferecem uma motivação extra para a realização do mesmo

A Indústria Portuguesa de Moldes tem vindo a crescer e a consolidar a sua notoriedade no mercado internacional, impulsionada quer pela procura externa, quer pelo conjunto de competências e capacidades produtivas que oferece aos seus clientes. Atualmente, o Sector Português de Moldes possui cerca de 450 empresas, com dimensão de PME (Pequena Média Empresa), sendo que cerca de 60% dessas se encontram na região de Leiria [2]. Dado o impacto económico para a região, foi escolhido como caso de estudo a empresa Rectimold.



Figura 1: Logotipo da empresa.

Esta é uma empresa especializada na conceção, gestão e fabrico de moldes de alta precisão para injeção de termoplásticos, tendo sido fundada a 19 de abril de 1989, com sede em Pedreiras, concelho de Porto de Mós. Com o passar do tempo foi-se impondo neste ramo,

alargando as suas capacidades e os seus horizontes, exportando atualmente cerca de 95% da sua produção.

## 1.2. Organização do Relatório

---

Para além deste primeiro capítulo, o presente relatório de projeto encontra-se dividido em mais 5 capítulos, com os seguintes conteúdos:

- Capítulo 2: é descrita a caracterização energética nacional, fazendo referência à evolução do consumo energético e à evolução das fontes de energia renováveis. É ainda abordada a relevância das medidas impostas pela Comunidade Europeia neste âmbito;
- Capítulo 3: são apresentadas as tecnologias abordadas no desenvolvimento do projeto, tendo em conta a eficiência energética, o tipo e dimensão da empresa em estudo;
- Capítulo 4: é apresentada a análise de faturação de energia elétrica, correspondente aos anos em análise. Procedeu-se também ao tratamento e apresentação dos dados referentes aos consumos monitorizados;
- Capítulo 5: é apresentado um novo modelo energético em análise, onde são sugeridas propostas de melhoria, num contexto de eficiência energética, tendo em consideração a tipologia e dimensão da empresa em estudo;
- Capítulo 6: são mencionadas as principais conclusões obtidas durante a realização do trabalho.

## 2. Caracterização Energética Nacional

---

A energia e a forma como esta se utiliza é um elemento fundamental na sociedade atual. A nível industrial, a fatura energética constitui um peso significativo nos custos de funcionamento e operação das empresas. De acordo com o Decreto-Lei 71/2008, de 15 de abril, todas as empresas que no ano civil imediatamente anterior tenham tido um consumo energético superior a 500tep (toneladas equivalentes de petróleo), são obrigadas a realizar auditorias energéticas e elaborar um Plano de Racionalização de Consumos de Energia (PRCE). A eficiência energética e a utilização racional de energia constituem uma valiosa oportunidade para a afirmação das empresas, através da criação de valor real para o negócio e, simultaneamente, para a sociedade e para o ambiente.

### 2.1. A Energia em Portugal

---

A crescente expansão económica verificada nas últimas décadas, caracterizou-se pela intensa utilização de energia com origem em combustíveis fósseis. A natureza finita desses recursos e o impacto ambiental da sua produção e consumo, são um alerta evidente para a necessidade de mudança neste assunto. A figura 2 representa a desagregação de consumos por setor de atividade em Portugal:

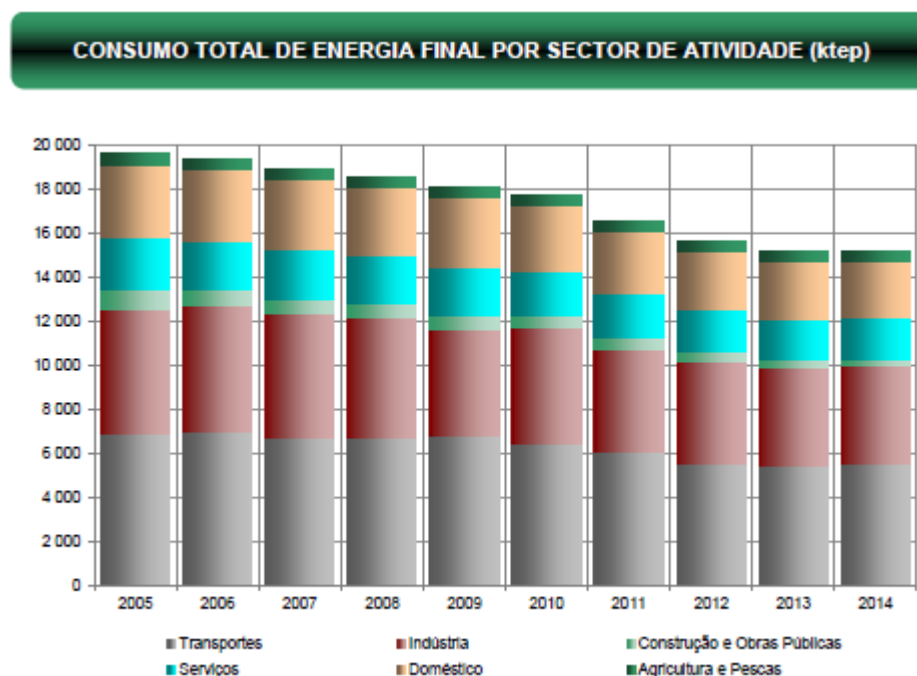


Figura 2: Desagregação de consumo total de energia por setor [3].

O setor dos transportes é responsável pela maior parcela de consumo de energia, pois depende maioritariamente do consumo de produtos derivados de petróleo. A indústria representa o segundo maior consumidor de energia. No entanto, com a globalização, existe um controlo

mais rigoroso da fatura energética, de forma a que o produto final atinja preços mais competitivos. Através da adoção de medidas de eficiência energética, verifica-se um decréscimo do consumo de energia ao longo dos anos. Estes dados estatísticos remetem para outra questão igualmente importante – a origem da energia consumida. A figura 3 representa a evolução do consumo de energia primária em Portugal e a sua origem:

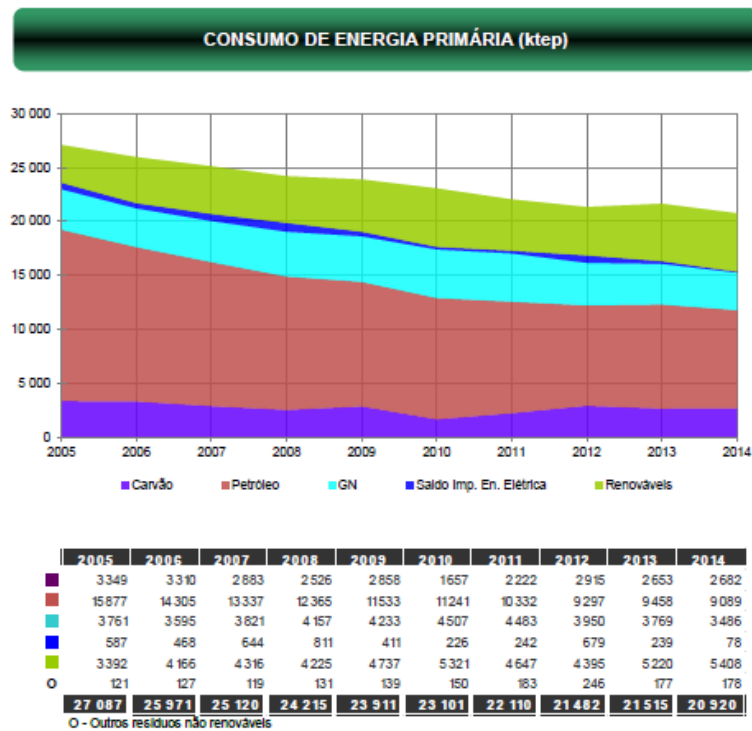


Figura 3: Evolução consumo de energia [3].

Analisando a figura 3, verifica-se uma tendência decrescente para o consumo de petróleo. Esse facto pode ser justificado com a estagnação da economia nacional. Por outro lado, verifica-se o crescente aumento de consumo proveniente de origens renováveis. Esse facto é facilmente provado através da figura 4:

### PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE POR ENERGIAS RENOVÁVEIS (GWh)

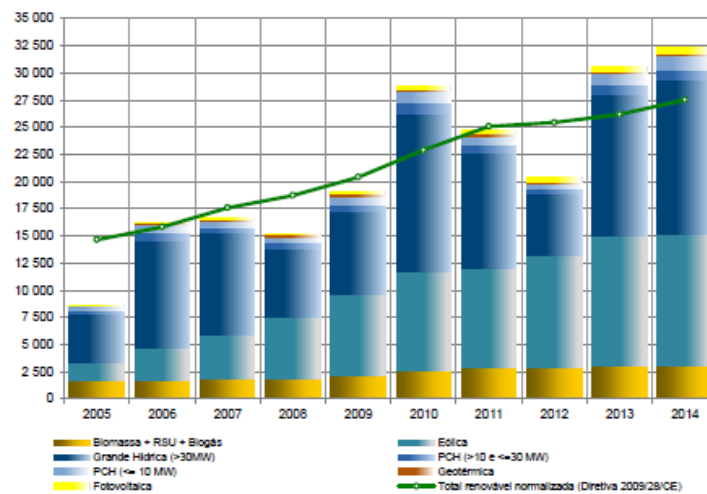


Figura 4: Produção de energia de origem renovável [3].

A crescente produção de energia proveniente de fontes renováveis, traduz-se numa diminuição da dependência energética. A figura 5 representa a tendência deste indicador:

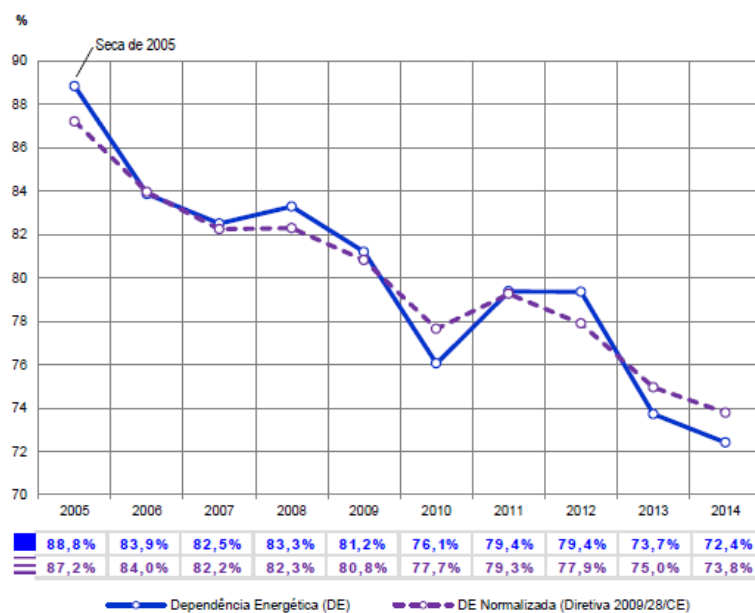


Figura 5: Evolução da dependência energética nacional [3].

Portugal é um país com escassos recursos energéticos próprios, nomeadamente aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas. Pela sua disponibilidade, pelo seu carácter endógeno e disperso, as fontes de energias renováveis assumem um lugar de destaque nas políticas nacionais. Atualmente, mais de 40% da energia elétrica produzida em Portugal é baseada na utilização de fontes de energias renováveis e cerca de 20% do consumo final de energia é satisfeito com o recurso a energias renováveis [4].

A diretiva 2009/28/CE, impôs a elaboração de um Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER). Desta diretiva comunitária surgiu a Resolução do Conselho de

Ministros nº 29/2010, de 15 de abril, que aprovou a última Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020) [5]. A ENE 2020 tem como principais objetivos [6]:

- Garantir o cumprimento dos compromissos nacionais no contexto das políticas europeias de energia e de combate às alterações climáticas;
- Incorporação de 31% de energia de fontes de energia renováveis no consumo bruto de energia final, 60% de energia elétrica produzida com origem em fontes renováveis e uma meta de 10% de incorporação de energias renováveis no setor dos transportes, até 2020;
- Reduzir a dependência energética, baseada no consumo e importação de combustíveis fósseis, para cerca de 74% em 2020;
- Reduzir 25% o saldo importador energético (cerca de 2000 milhões €) com a energia produzida a partir de fontes endógenas;
- Consolidar *cluster* industrial associado à energia eólica e criar novos *clusters* associados às tecnologias do setor das energias renováveis, assegurando em 2020 um valor atual bruto de 3800 milhões de euros e criando 100 mil novos postos de trabalho;
- Promover o desenvolvimento sustentável, criando condições para o cumprimento dos compromissos assumidos por Portugal em relação à redução de emissões de gases com efeito de estufa, através do incentivo a uma maior utilização das fontes de energias renováveis e de medidas de eficiência energética.

O desenvolvimento sustentável é um conceito relativamente recente, tendo surgido no final do século XX. Este termo surgiu com a necessidade de que o desenvolvimento económico também tem que levar em consideração o equilíbrio ecológico e a preservação da qualidade de vida da população a nível global. A ideia de desenvolvimento sustentável tem por base de que o Homem deve recorrer aos recursos naturais de acordo com a capacidade de renovação dos mesmos, de modo a evitar o seu esgotamento. Isto é, o desenvolvimento sustentável pode ser entendido como aquele que satisfaz as necessidades dos presentes, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras fazerem o mesmo.

De seguida serão apresentadas várias tecnologias abordadas na realização do presente estudo, com potencial de elevar o nível de eficiência energética da Rectimold.

### 3. Tecnologias no Caso em Estudo

---

Existem várias tecnologias em constante evolução, que foram consideradas para a realização do presente projeto tendo em conta a atividade e a dimensão da empresa em estudo. Estas têm como principal objetivo atingir um nível superior de eficiência energética e, por inerência, uma redução do consumo de energia.

#### 3.1. Sistemas Solares Fotovoltaicos

---

A introdução de energias renováveis surge neste projeto como uma possível forma de redução da fatura energética.

A nível ambiental, a energia solar fotovoltaica representa, do ponto de vista energético, um momento de viragem a nível global. Esta é uma fonte de energia alternativa com um enorme potencial a nível nacional, pela grande abundância e inesgotabilidade do recurso e pela simplicidade de conversão de radiação solar em eletricidade. A figura 6 representa a radiação solar média distribuída pelo território nacional:

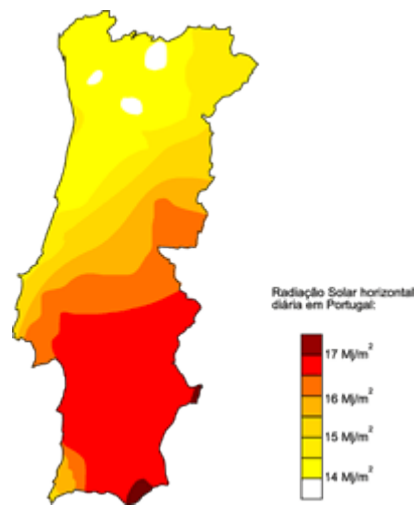


Figura 6: Distribuição da radiação média em Portugal [7].

Em Portugal, o potencial disponível é bastante considerável, sendo um dos países da Europa com melhores condições para aproveitamento deste recurso.

Os sistemas solares fotovoltaicos podem ser encontrados nos mais variados lugares, através de sistemas isolados, fornecendo energia elétrica em zonas rurais com uma deficiente estrutura a nível de redes elétricas, ou em locais mais desenvolvidos, integrando a produção de energia elétrica em edifícios de serviços, habitações e indústrias. A figura 7 representa a evolução a nível nacional da potência instalada utilizando esta tecnologia:

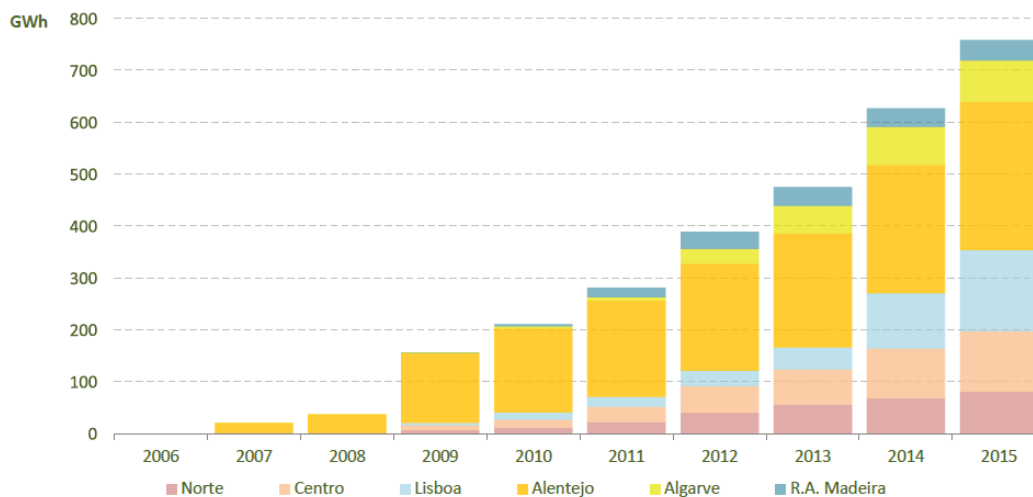


Figura 7: Potência instalada com recurso a tecnologia solar fotovoltaica [3].

Analisando a figura 7, verifica-se que a região do Alentejo corresponde à zona em que existe maior produção de energia elétrica com recurso à tecnologia solar fotovoltaica. A zona centro, algarve e Região Autónoma da Madeira também começam a ganhar expressão em relação à potência instalada.

O forte desenvolvimento deste setor, a constante evolução das tecnologias e a sua crescente acessibilidade, tem resultado numa descida de preços nos equipamentos constituintes de um sistema solar fotovoltaico. Existe a expectativa de que a tendência de decréscimo dos preços se mantenha nos próximos anos, já que o custo de produção dos módulos tem sofrido uma quebra, bem como dos inversores e dos outros componentes do sistema [8].

A conversão de energia sob a forma de radiação em energia elétrica é realizada através da célula fotovoltaica. Existem três tipos principais de células solares fotovoltaicas [8]:

- Células mono-cristalinas: este tipo de célula apresenta um rendimento elétrico relativamente elevado – aproximadamente 16%. No entanto necessita de uma grande quantidade de energia no seu fabrico, uma vez que esta tecnologia necessita de utilizar materiais em estado de pureza muito elevado e com uma estrutura de cristal perfeita;
- Células poli-cristalinas: as células poli-cristalinas apresentam um custo de produção relativamente inferior, no entanto o seu rendimento elétrico também é menor – entre 11 a 13%;
- Células de silício amorfo: esta é a tecnologia que apresenta o mais baixo custo de produção. Em contrapartida o seu rendimento elétrico também é bastante reduzido – entre 8 a 10%.

Nos últimos anos tem-se verificado um aumento de investigação e desenvolvimento em relação aos sistemas solares fotovoltaicos. Os fabricantes procuram cada vez mais produzir módulos com rendimento superior. No anexo I é apresentada a figura que representa a quantidade de tecnologias existentes atualmente no mercado e a sua evolução ao longo do tempo [9].

O fabricante Panasonic afirma ter desenvolvido o painel solar mais eficiente de sempre, com uma eficiência de 22,5%. Este ainda é um protótipo que está em desenvolvimento, apesar do fabricante defender que os seus próximos painéis serão capazes de atingir o record de eficiência. No entanto, pode levar algum tempo até que estes painéis solares da Panasonic entrem em produção em massa, prevendo-se a sua introdução no mercado em março de 2016 [10].

À medida que a tecnologia se torna cada vez mais eficiente, também a procura por esta solução energética acompanha o mesmo crescimento. Este tipo de tecnologia teve sempre uma lacuna: para que ocorra produção de energia de forma otimizada, têm de estar reunidas as condições meteorológicas ideais. Quando chove ou quando o céu está nublado esta tecnologia torna-se inútil.

No entanto, isto pode estar prestes a mudar: uma equipa de cientistas de Qingdao, na China, desenvolveu um protótipo de painel solar capaz de gerar eletricidade com a ajuda das gotas de chuva. Este fenómeno ocorre graças a uma fina camada de grafeno que utilizam para cobrir as células dos painéis.

Este material apresenta características de elevada condutividade elétrica, bastando uma camada com a espessura de um átomo para que os eletrões em excesso se movam através da superfície. Na presença de água, o grafeno prende esses eletrões aos seus iões de carga positiva, armazenando a energia acumulada.

Este protótipo de painel solar pode ser estimulado pela luz incidente em dias de sol, durante o dia ou pelas gotas de água, em dias chuvosos, mesmo durante a noite. Segundo os ensaios realizados, a otimização da conversão energética ronda os 6,53%, em locais cuja pressão atmosférica equivale a 1,5atm [11].

As energias renováveis são uma forma de combater a forte dependência dos combustíveis fósseis, situação que é comum a todos os países no mundo. Em Portugal é a melhor opção para tirar partido e continuar a explorar as fontes energéticas naturais, destacando-se a energia fotovoltaica. A legislação portuguesa que define as condições necessárias para se tornar um produtor de energia elétrica tem-se vindo a alterar ao longo dos anos. Atualmente a legislação em vigor foi publicada através do Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de outubro e veio substituir por completo o papel de um produtor de energia elétrica tanto nas características do seu sistema como na forma como este é explorado. Este regulamento vem estabelecer o regime jurídico aplicável à produção de energia elétrica destinada ao autoconsumo na instalação de utilização associada à respetiva unidade produtora - UPAC – Unidade de Produção e Autoconsumo - com ou sem ligação à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP); e ainda o regime jurídico aplicável à produção de energia elétrica para venda, na sua totalidade, à rede pública - UPP – Unidade de Pequena Produção.

A regulamentação do Decreto-Lei 153/2015 ficou concluída com a publicação das Portarias n.º 14/2015, n.º 15/2015 de 23 de janeiro, n.º 60-E/2015 de 2 de março (que altera a Portaria n.º 14/2015) e o Despacho n.º 3/SERUP/DGEG/2015. Refere o Despacho n.º 3/SERUP/DGEG/2015, em conformidade com a referida legislação, que os interessados em

exercer a atividade de produção em autoconsumo, através de UPAC ou UPP, devem formalizar os pedidos de registos ou apresentar as meras comunicações prévias no *website* da Direção Geral da Energia e Geologia (DGEG).

Para as empresas que têm área disponível e consumos relevantes de energia – principalmente durante o período diurno – a opção de investir numa UPAC é uma excelente forma de se conseguir elevadas poupanças no tarifário energético. No entanto, o investimento só será efetivamente bom se houver uma análise bastante criteriosa do ponto de vista técnico e económico. Esta análise deve ser realizada tendo em conta a tipologia de consumo para um determinado cliente. Isto implica uma avaliação minuciosa do tarifário, do consumo existente ao longo do dia e da sua variação, pelo período mínimo de um ano.

As UPAC são unidades cuja energia produzida será destinada à satisfação das necessidades de consumo da instalação de utilização, sem prejuízo da possibilidade da venda de eventuais excedentes, no caso de existir uma instalação de utilização ligada à RESP [12]. A figura 8 apresenta um exemplo de uma curva de potência produzida satisfazendo um diagrama de carga típico de uma empresa:

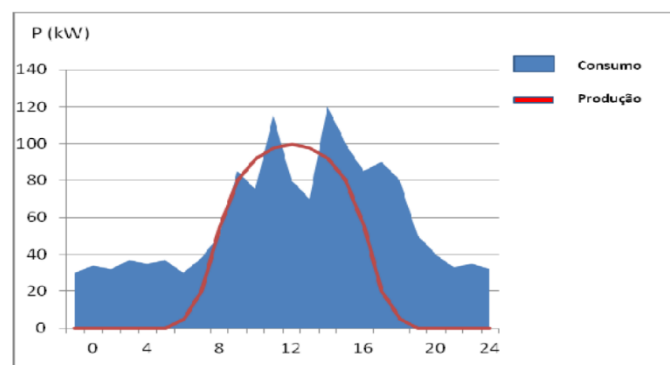


Figura 8: Curva de potência UPAC [13].

Uma vez que num sistema solar fotovoltaico a produção de energia ocorre apenas quando há sol, é necessário avaliar se durante esta condição existe consumo de energia, pois o que é produzido é imediatamente consumido (ou injetado na rede). Para que se rentabilize ao máximo o investimento, o ideal é que toda a energia seja autoconsumida, ou pelo menos grande parte desta.

Não existe limite de potência a alocar para as UPAC. Contudo, para uma potência instalada superior a 1MW carecem, adicionalmente à licença de exploração, para a sua instalação e entrada em funcionamento, de licença de produção. No caso das UPAC cuja potência instalada seja igual ou inferior a 200W, está isenta de controlo prévio [14].

As UPAC cuja potência instalada seja superior a 200W e igual ou inferior a 1500W carece apenas de mera comunicação prévia de exploração. Ambas serão sujeitas a registo apenas no caso de o produtor pretender vender eventuais excedentes de produção. A UPAC com potência instalada superior a 1500W e igual ou inferior a 1MW carece de registo e pagamento de respetiva taxa, conforme o escalão de potência [13].

A energia excedente que seja vendida à rede será remunerada a 90 % do valor de mercado (do OMIE) [12].

## 3.2. Tecnologias de Iluminação

---

A iluminação de um espaço fechado é uma das características físicas mais sensíveis não só em termos de eficiência energética como também de produtividade. Nesta área existe o compromisso de oferecer os níveis de iluminância adequados para as mais diversas funções a desempenhar, tendo sempre em conta a eficiência energética. A aplicação de um determinado sistema de iluminação deve ter em conta o tipo de utilização e de tarefa pretendida para o espaço em causa. A norma *EN 12464-1* apresenta os requisitos de iluminação que permitem que utilizadores desempenhem as suas tarefas de forma eficiente, com conforto e segurança.

Num local de trabalho podem existir dois tipos de iluminação [15]:

- Iluminação natural: proporcionada pela existência de janelas ou superfícies translúcidas instaladas nas superfícies laterais/superiores dos locais de trabalho. Este tipo de iluminação é a melhor e mais económica fonte de iluminação, pois permite uma redução com os encargos energéticos. No entanto esta tem de ser considerada desde a fase de projeto, de forma a maximizar a sua aplicação;
- Iluminação artificial: é proveniente de luminárias, que permitem a iluminação do espaço de forma constante. Este tipo de iluminação pode ser ligado/desligado em função das necessidades. As luminárias desempenham um papel importante num sistema de iluminação, dado que contribuem para uma distribuição eficiente da luz e, conseqüentemente, para o conforto visual. Para minimizar o consumo de energia elétrica, todos os dispositivos de iluminação artificial devem ser cuidadosamente selecionados, sendo preferidos aqueles que apresentam uma maior eficácia luminosa.

A iluminância de um espaço ou superfície ( $E$ ) pode ser definido como sendo o quociente entre o fluxo incidente ( $\Phi$ ) sobre uma superfície ( $S$ ), por unidade de área e tem como unidade o lux. A fórmula (1) representa o cálculo deste indicador [16]:

$$E = \frac{\Phi}{S} \text{ [lux]} \quad (1)$$

Existem diversos fatores a ter em consideração quando se realiza um projeto de iluminação, entre os quais o Índice de Restituição de Cor (IRC), temperatura de cor, iluminância média e uniformidade de iluminação.

Existe a ideia pré-definida de que os objetos já possuem cores próprias. Na verdade, a aparência de um objeto é resultado da iluminação incidente sobre o mesmo. O IRC quantifica a fidelidade com que as cores de um determinado material ou objeto são reproduzidas sob a incidência de uma fonte de luz. Cada tonalidade de cor corresponde a um espectro de comprimento de onda. A figura 9 mostra o espectro visível e o comprimento de onda correspondente:

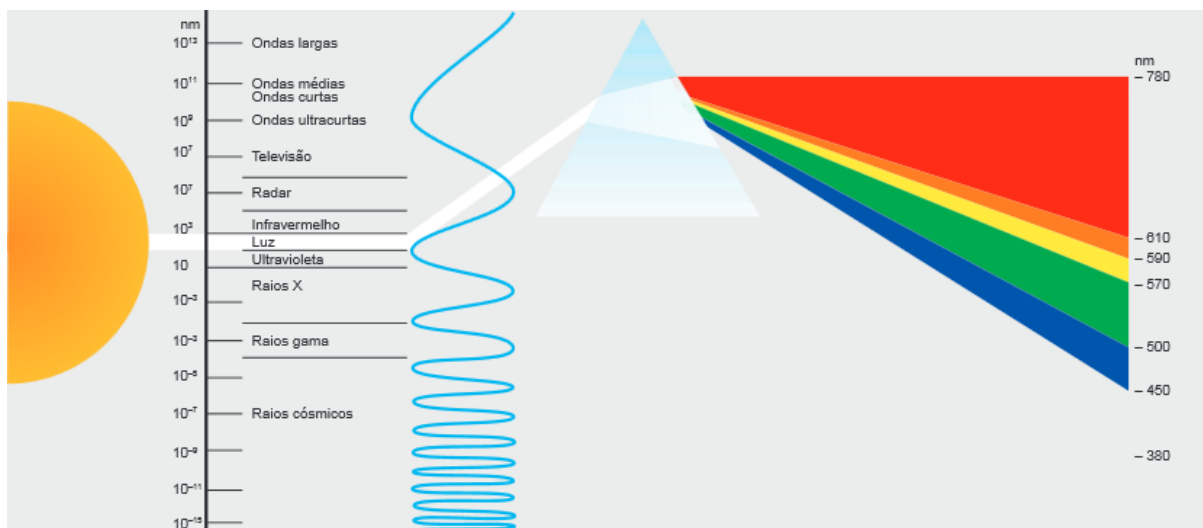


Figura 9: Representação do IRC [17].

Este parâmetro é medido numa escala compreendida entre 0 e 100. Quanto maior o IRC de uma lâmpada, melhor será a transmissão da cor real dos materiais ou objetos ao olho humano. Considera-se um IRC de 100 corresponde à cor visível quando exposta diretamente à luz solar.

Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade da luz observada. Este parâmetro tem como unidade o Kelvin (K). Este parâmetro foi definido experimentalmente ao aquecer um objeto metálico, a diferentes temperaturas. Através dessa experiência verificou-se que a cada temperatura corresponde uma determinada coloração, sendo que uma temperatura mais elevada corresponde a uma cor azul, tal como mostra a figura 10:

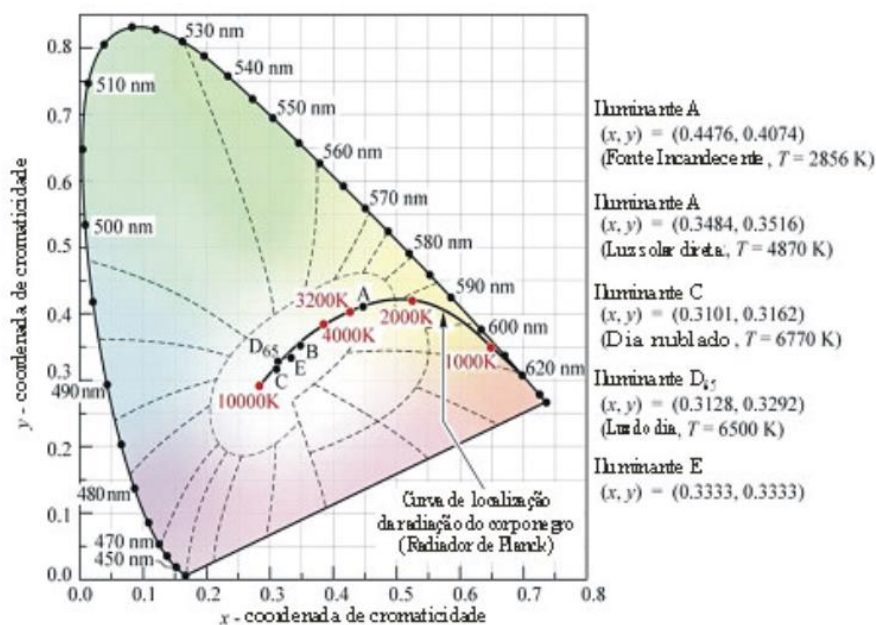


Figura 10: Esquema para a temperatura de cor [16].

O filamento de tungstênio de uma lâmpada incandescente apresenta uma temperatura de cor tipicamente entre 2850 e 3100K, o que lhe confere uma característica “amarelada”. As

lâmpadas fluorescentes operam em temperaturas de cor entre 5000 e 7000K, obtendo-se assim uma cor “branca”. Na figura 11 é apresentada a comparação entre temperatura de cor para alguns tipos de lâmpadas:

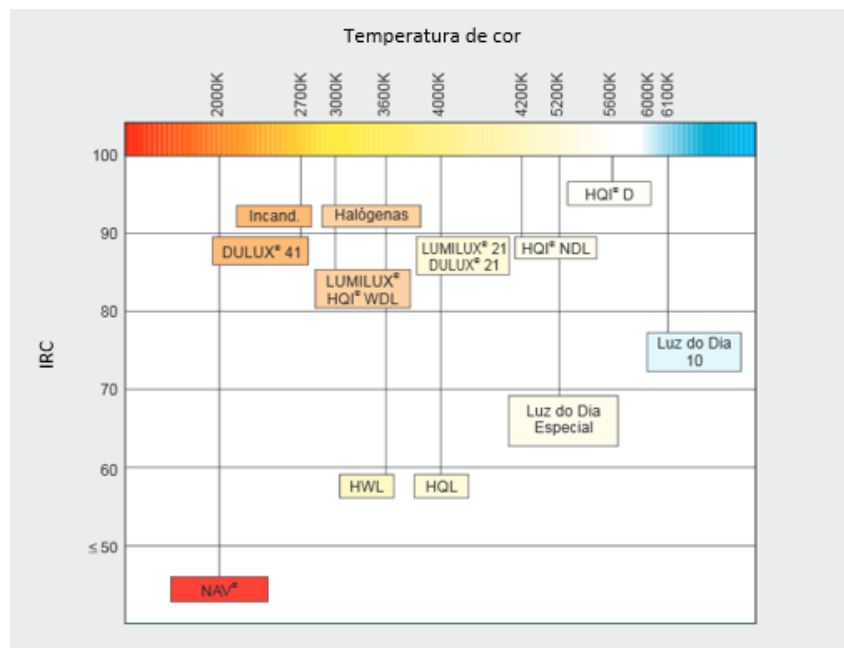


Figura 11: Comparação de lâmpadas em relação à temperatura de cor [16].

Os valores de iluminância média variam consoante a tarefa a desempenhar. Na tabela 1 são apresentados alguns exemplos de iluminância média recomendada pela norma *EN 12464-1*:

Tabela 1: Níveis recomendados de iluminância para tarefas específicas [18].

Tarefa ou atividade	Nível médio de iluminância (lux)
Escrever, ler, trabalhar ao computador (escritório)	500
Desenho técnico	750
Salas de reuniões	500
Maquinação de alta precisão (tolerância < 0,1 mm)	500
Soldar	300

A área onde é desempenhada uma determinada tarefa deve ser iluminada de forma mais uniforme possível. De acordo com a norma ISO 8995 (2002), a uniformidade é definida como a relação entre o valor de iluminância máximo e médio ( $E_{min}/E_{med.}$ ). A uniformidade de iluminância não deve ser inferior a 0,7 [19].

A escolha de uma luminária adequada para uma aplicação específica é um processo complexo, que deve ser definido ainda durante a fase de conceção/projeto, uma vez que estão em causa vários parâmetros: tensão, potência, fluxo luminoso, durabilidade, IRC e temperatura de cor.

- Tecnologia Díodo Emissor de Luz (LED):

Esta é uma tecnologia de iluminação relativamente recente e em crescente desenvolvimento. O LED é um dispositivo semiconductor, em que a emissão de luz visível ocorre quando este é percorrido por uma corrente elétrica, causando assim o fenómeno designado por

eletroluminescência. de dimensões relativamente reduzidas e caracteriza-se principalmente por apresentar uma ótima relação entre fluxo luminoso e a potência elétrica consumida. O fluxo luminoso emitido por um LED depende da sua potência. A tecnologia mais avançada disponível demonstra que é possível produzir LED com rendimentos luminosos acima de 100lm/W [15].

Esta tecnologia permite ainda obter uma vasta gama de temperaturas de cor – tipicamente entre os 2500 e os 5000K. O IRC também é uma vantagem do LED, sendo usual obter valores típicos entre 75 e 90 [15].

O uso da tecnologia LED e a sua constante evolução em termos de eficiência luminosa e redução do custo de produção, representa o futuro em termos de fontes de luz artificial. Esta é uma tecnologia que tem vindo a ser cada vez mais utilizada em detrimento das fontes de iluminação artificial convencionais, reduzindo o consumo energético até 70%. A nível industrial, começam a surgir cada vez mais soluções a nível de luminárias e de lâmpadas. As marcas apresentam uma vasta gama para as mais variadas aplicações e tipos de indústria. A figura 12 representa uma campânula LED:



Figura 12: Campânula industrial LED [20].

Um aspeto de grande importância na aquisição desta tecnologia é o elevado tempo médio de vida útil dos equipamentos. Tipicamente, perspetivam-se durações médias de cerca de 50000 horas.

- Lâmpada fluorescente

As lâmpadas fluorescentes são lâmpadas de descarga de vapor de mercúrio de baixa pressão. Esta tecnologia utiliza vapor de mercúrio a baixa pressão, em que a maior parte da radiação emitida corresponde a radiação ultravioleta. No entanto, ao serem utilizadas substâncias fluorescentes depositadas nas paredes do tubo de descarga que ao serem excitadas por essa radiação, passam a emitir radiação visível para o exterior [15]. A figura 13 representa a constituição de uma lâmpada fluorescente tubular:

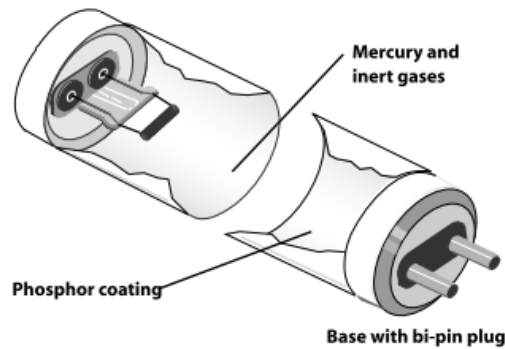


Figura 13: Constituição de uma lâmpada fluorescente tubular [15].

As dimensões do tubo são estandardizadas, devendo ser adotado o tamanho adequado às características pretendidas para a luz emitida. O diâmetro do tubo é determinado pela corrente de descarga e pela quantidade de radiação emitida por esta, enquanto que o comprimento depende essencialmente do fluxo luminoso que se pretende produzir e da tensão estabelecida nos extremos do tubo de descarga [21].

A eficiência energética desta lâmpada varia em função da camada fluorescente usada, sendo que para as lâmpadas mais comuns esses valores variam entre os 50 e os 90lm/W. O IRC situa-se tipicamente entre 80 e 90, sendo possível obter valores superiores a 90. A duração média típica deste tipo de lâmpada situa-se entre as 12000 e as 20000 horas [15].

Uma melhoria importante introduzida nesta tecnologia foi o desenvolvimento de lâmpadas fluorescente compactas. As lâmpadas fluorescente compactas foram desenvolvidas para tirarem partido desta tecnologia em aplicações em que normalmente eram usadas exclusivamente lâmpadas incandescentes. O princípio de funcionamento é igual ao das lâmpadas fluorescentes normais, no entanto diferenciam-se na sua constituição por terem dimensões reduzidas. A figura 14 representa a constituição de uma lâmpada fluorescente compacta:

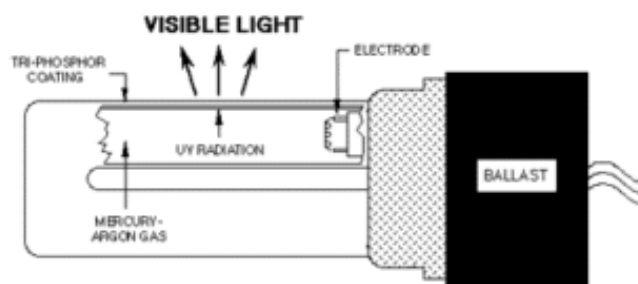


Figura 14: Constituição de uma lâmpada fluorescente compacta [15].

Relativamente às lâmpadas fluorescentes tubulares, as lâmpadas fluorescentes compactas apresentam uma gama de aplicações mais alargada e a hipótese da substituição direta das lâmpadas incandescentes. A figura 15 representa alguns formatos existentes para este tipo de tecnologia:



Figura 15: Exemplo de alguns modelos de lâmpadas fluorescentes compactas [22].

As características do fluxo luminoso emitido são muito idênticas comparativamente às lâmpadas fluorescentes normais. No entanto a duração média é ligeiramente inferior, tipicamente entre as 8000 e as 12000 horas [15].

- Lâmpadas de descarga:

A tecnologia das lâmpadas de descarga é semelhante à da iluminação fluorescente – é gerado um arco elétrico através de um gás presente num tubo. Existem 3 tipos principais de lâmpadas de descarga: lâmpadas de vapor de mercúrio, lâmpadas de iodetos metálicos e lâmpadas de vapor de sódio. As lâmpadas de descarga necessitam de um tempo de aquecimento para produzir o seu fluxo luminoso nominal.

- Lâmpadas de vapor de mercúrio:

A lâmpada de vapor de mercúrio utiliza o princípio de descarga em atmosfera gasosa para produzir o efeito luminescente. As características da descarga dependem da intensidade de corrente no gás e da pressão de vapor de mercúrio contido na lâmpada. Verifica-se que o rendimento luminoso provocado pela descarga elétrica em vapor de mercúrio é reduzido para pressões mais baixas e aumenta consideravelmente para pressões mais elevadas [15]. A figura 16 representa a constituição típica de uma lâmpada de vapor de mercúrio:

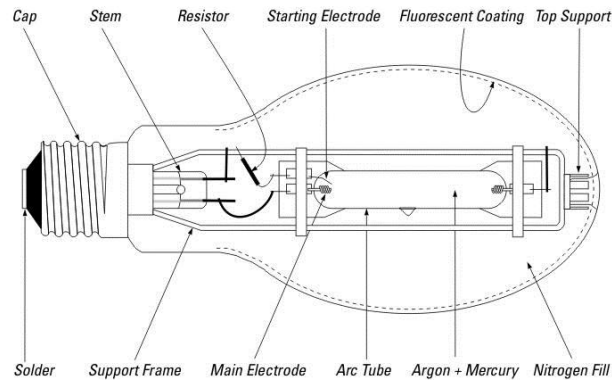


Figura 16: Constituição lâmpada de vapor de mercúrio [15].

Os rendimentos típicos para este tipo de lâmpadas variam tipicamente entre os 30 e os 60 lm/W e apresentam uma duração média até cerca de 12000 horas. São particularmente indicadas para iluminação de espaços exteriores [15].

– Lâmpadas de iodetos metálicos:

As lâmpadas de iodetos metálicos surgem como uma evolução das tradicionais lâmpadas de vapor de mercúrio. Esta tecnologia introduz a presença de iodetos metálicos, elevando o desempenho e obtendo-se um IRC muito mais elevado – cerca de 85. Algumas lâmpadas de iodetos metálicos utilizam revestimentos de fósforo para melhorar ainda mais as suas características cromáticas [15]. A figura 17 representa a constituição de uma lâmpada de iodetos metálicos:

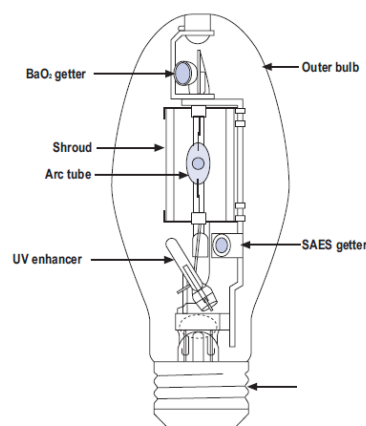


Figura 17: Constituição lâmpada de iodetos metálicos [15].

Apresentam uma durabilidade média de 8000 horas e uma eficiência energética de até 100lm/W. São indicadas para a iluminação de estádios de futebol, recintos desportivos cobertos, naves industriais e para iluminação externa [15].

– Lâmpadas de vapor de sódio:

Ao adicionar sódio aos gases existentes no tubo de descarga, estas lâmpadas geram um elevado desempenho em termos de eficiência energética – até 140 lm/W - e um tempo de vida muito mais longo. No entanto, as lâmpadas de sódio produzem uma iluminação

que se concentra na parte amarela/cor-de-laranja do espectro e tem um rendimento cromático pobre. Isto limita a sua utilização nas aplicações de iluminação industrial e exterior, nas quais os benefícios de uma elevada eficiência e a sua longa vida equilibra as desvantagens de um baixo índice de rendimento cromático [15].

Em lâmpadas de sódio de elevada pressão, o tubo de mercúrio contém vapores de mercúrio e de sódio. Alguns tipos de lâmpadas de sódio de elevada pressão podem substituir lâmpadas de vapor de mercúrio menos eficientes numa variedade de aplicações. Lâmpadas de sódio de baixa pressão são uma variante caracterizada pela emissão de luz num único comprimento de onda na parte amarela do espectro. Estas lâmpadas possuem a mais elevada eficiência de todas as fontes de luz e são utilizadas sempre que a elevada eficiência e uma longa vida útil são os únicos requisitos [15]. A figura 18 representa a constituição de uma lâmpada de vapor de sódio:

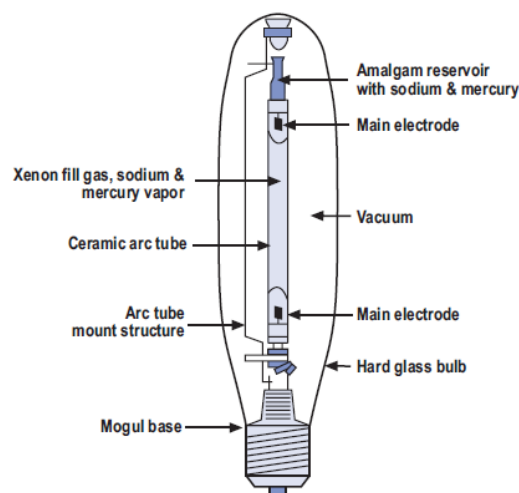


Figura 18: Constituição lâmpada de vapor de sódio [15].

### 3.3. Tecnologia de Climatização

---

Durante o processo de fabrico, ocorre uma grande libertação de energia sob a forma de calor. Este fenómeno ocorre devido à forma como o molde é produzido, isto é, durante o processo de erosão, as máquinas libertam pequenas descargas elétricas e consequentemente é libertada energia desperdiçada sob a forma de calor.

A Rectimold é uma empresa que se dedica à produção de moldes de alta precisão, isto significa que possuem competência técnica e mão de obra especializada para o mesmo. Por esse facto, os moldes são construídos com precisão ao micrómetro ( $\mu\text{m}$ ). Em termos comparativos,  $1\mu\text{m}$  é aproximadamente 100 vezes mais pequeno que um fio de cabelo humano.

A variação da temperatura ambiente provoca também alterações na temperatura do molde. Quando a temperatura de um corpo é alterada, as suas dimensões também o são. Os materiais

têm tendência para expandir com o aumento da temperatura. Desta forma, pode-se definir o coeficiente de expansão térmica dos objetos através da fórmula (2) [23]:

$$\alpha = \frac{l-l_0}{l_0 \cdot (T-T_0)} \quad (2)$$

Em que:

- $\alpha$  – Coeficiente de expansão térmica [ $K^{-1}$ ];
- $l$  – Comprimento final [m];
- $l_0$  – Comprimento inicial [m];
- $T$  – Temperatura final [K];
- $T_0$  – Temperatura inicial [K].

Na tabela 2 são apresentados alguns exemplos de valores de coeficiente de expansão térmica para diferentes materiais:

Tabela 2: Coeficiente de expansão térmica para diferentes materiais [23].

Material	$\alpha (\times 10^{-5} K^{-1})$
Latão	1,80
Aço	1,10
Vidro	0,32
Cobre	1,60
Alumínio	2,20

Com a precisão de trabalho anteriormente referida, é necessário controlar a temperatura das instalações. Geralmente é necessário retirar calor, de forma a manter a temperatura constantemente controlada, mesmo nos meses de aquecimento. A temperatura ideal é de 20°C nos meses de aquecimento e, no máximo, 22°C nos meses de arrefecimento.

Atualmente, o processo de controlo de temperatura na Rectimold é conseguido através de equipamentos de ar-condicionado do tipo *split*.

O funcionamento do ar-condicionado resume-se na transferência de energia sob a forma de calor onde este não é desejado, recorrendo a um ciclo termodinâmico. A figura 19 representa o processo termodinâmico, num diagrama temperatura (T) vs. Entropia (s):

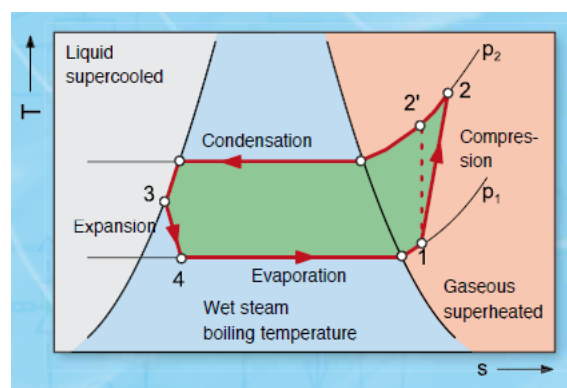


Figura 19: Representação ciclo termodinâmico funcionamento ar-condicionado [24].

Este processo ocorre de forma irreversível, utilizando um fluido refrigerante – R134a – através dos seguintes componentes principais [24]:

- **Evaporador:** o processo de arrefecimento ocorre no evaporador. Este processo ocorre a baixa pressão, onde o fluido refrigerante absorve calor proveniente do espaço a climatizar;
- **Compressor:** este componente é responsável por elevar a pressão do fluido refrigerante, fazendo com que ocorra mudança de fase de líquido para gás. O compressor é responsável pelo consumo de energia elétrica que é transformada em energia mecânica;
- **Condensador:** ocorre libertação de calor absorvido pelo fluido refrigerante
- **Expansor:** o fluido refrigerante pressurizado é encaminhado para o expansor, onde ocorre mudança de fase de gás para líquido, completando assim o ciclo.

A figura 20 representa o ciclo de compressão utilizado num equipamento de ar-condicionado:

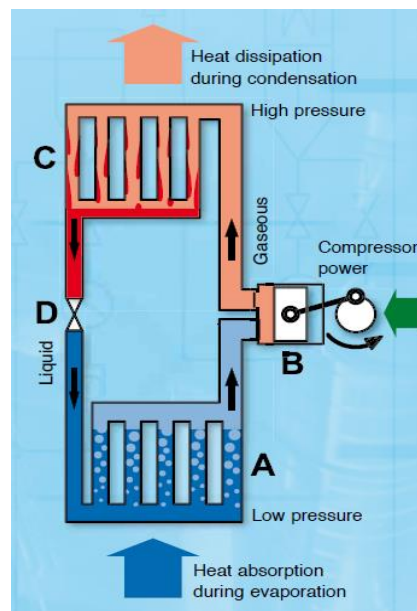


Figura 20: Representação dos principais componentes de um equipamento de ar condicionado [25]:

Atualmente existem sistemas de ar-condicionado energeticamente mais eficientes. No entanto, existem no mercado outras tecnologias com maior potencial de poupança.

- *Free-cooling:*

O free-cooling é uma tecnologia que se adota de modo a minimizar, ou mesmo eliminar, o consumo energético associado ao processo de arrefecimento. O free-cooling é geralmente utilizado em edifícios que exijam arrefecimento durante quase todo o ano e pode ser utilizado durante o período em que apenas as condições de temperatura exteriores são adequadas para a eliminação da carga térmica no interior do edifício [24].

Deste modo, e dependendo da zona em estudo, é possível a utilização desta tecnologia à noite e nas estações mais frias do ano, onde as condições exteriores apresentam temperaturas

favoráveis para a sua operação. Isto é, o free-cooling faz um aproveitamento das condições do ar exterior, desde que apresentem uma temperatura e humidade favoráveis, insuflando diretamente o ar no interior do edifício. Deste modo, é retirada a carga térmica e consegue-se climatizar o edifício sem a necessidade de elevados consumos energéticos, apresentado apenas como fator de consumo o(s) ventilador(es) associado(s) ao equipamento.

De uma forma resumida, um sistema de climatização Chiller com sistema de free-cooling integrado funciona da seguinte forma [26]:

- Temperatura ambiente elevada – estação de verão:

No equipamento, quando a temperatura do processo de retorno de água é igual ou superior à temperatura ambiente, o *free-cooling* não é operacional. O sistema encaminha o fluido para o compressor, iniciando-se assim o ciclo termodinâmico semelhante ao utilizado nos aparelhos de ar condicionado. A figura 21 representa o processo para a estação de verão:

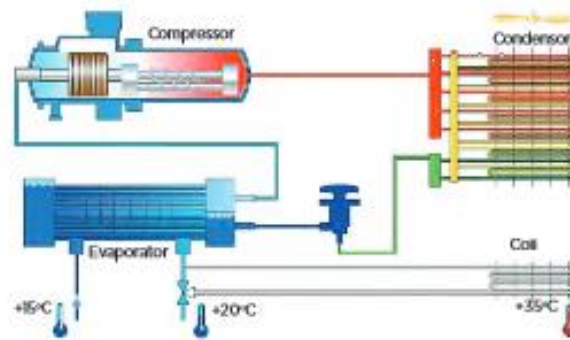


Figura 21: Sistema *free-cooling* em temperatura ambiente elevada [26].

- Temperatura ambiente moderada – primavera/outono:

Quando a temperatura ambiente é moderada, a água é arrefecida recorrendo ao compressor e à tecnologia *free-cooling*, em simultâneo. A percentagem de utilização de *free-cooling* depende da temperatura ambiente. O arrefecimento por *free-cooling* ocorre quando a temperatura ambiente é pelo menos 1<sup>o</sup>C inferior à temperatura do processo de retorno de água. A figura 22 representa o processo para as estações primavera/outono:

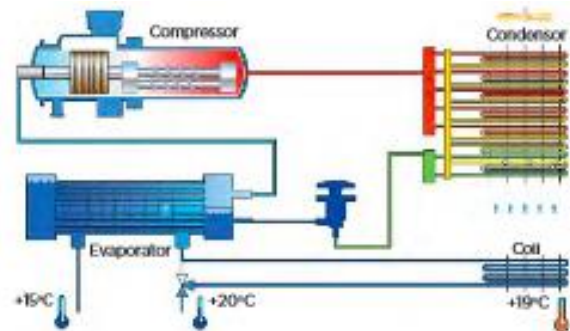


Figura 22: Sistema *free-cooling* em temperatura ambiente moderada [26].

➤ Temperatura ambiente baixa – estação inverno:

Durante a estação de inverno, quando a temperatura ambiente exterior é mais baixa, a água é arrefecida exclusivamente pela serpentina em contacto com o ar exterior. Isto permite que o compressor deixe de funcionar, o que representa uma enorme poupança em relação ao consumo energético. A figura 23 representa o processo para esta estação:

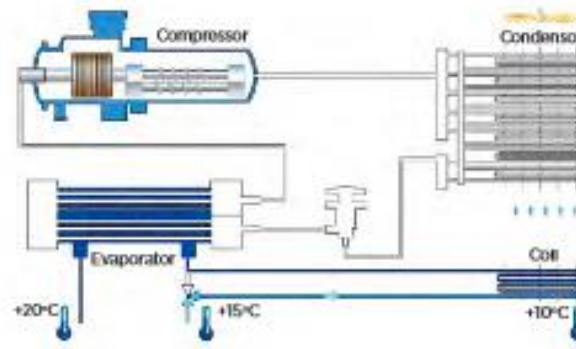


Figura 23: Sistema *free-cooling* em temperatura ambiente baixa [26]:

No capítulo seguinte será apresentada a análise detalhada relativa ao consumo energético e todos os dados monitorizados durante a realização do trabalho.

## 4. Consumo Energético no Caso de Estudo

---

Neste capítulo serão analisados detalhadamente os consumos energéticos da empresa em estudo, tendo sido monitorizados e desagregados alguns equipamentos num contexto de auditoria energética. Também é caracterizado o processo produtivo para uma melhor compreensão dos vários tipos de consumos existentes.

### 4.1. Auditoria Energética e Processo Produtivo

---

Uma auditoria energética consiste num exame detalhado de como é utilizada a energia. Através desta, é possível conhecer onde, quando e como a energia é utilizada, a eficiência dos equipamentos e onde se verificam desperdícios de energia. Ao mesmo tempo, este processo permite indicar medidas com viabilidade técnico-económica para as anomalias detetadas, de modo a reduzir os consumos energéticos inerentes à sua atividade. De uma forma geral, podem ser definidos os seguintes objetivos [27]:

- Caracterizar e quantificar as formas de energia utilizadas;
- Caracterizar a estrutura de consumo de energia;
- Avaliar o desempenho dos sistemas de geração, transformação e utilização de energia;
- Quantificar os consumos energéticos por setor, produto ou equipamento;
- Relacionar o consumo com a produção;
- Estabelecer e quantificar potenciais medidas de racionalização de energia;
- Implementar um plano de gestão de energia;
- Analisar técnica e economicamente as soluções encontradas;
- Propor um plano de racionalização para as ações ou investimentos a empreender.

Os passos de uma auditoria energética dependem em grande parte do seu âmbito, da dimensão e do tipo de instalações a auditar. De uma forma geral podem-se considerar as seguintes fases: [28]

- Planeamento:
  - Nesta fase procede-se a uma visita prévia das instalações, onde são definidos os objetivos do trabalho. Durante esta fase são recolhidos os dados históricos da empresa (faturas energéticas), é realizada uma análise do processo produtivo e a definem-se os pontos de medição/recolha de dados nas instalações.
- Trabalho de campo:
  - Após o planeamento e a recolha de informação, procede-se à caracterização em termos de consumos e eficiência dos equipamentos consumidores de energia. Nesta fase recorre-se a aparelhos de medição – analisadores de energia – que são instalados por um período considerado representativo.

- Tratamento dos dados/informação recolhida:
  - Nesta fase procede-se ao tratamento de toda a informação recolhida. É determinado o consumo global de energia das instalações, a desagregação de consumos por setor e por equipamentos específicos, os rendimentos energéticos e os vários indicadores energéticos inerentes à atividade.
- Elaboração de relatório final:
  - No relatório final é apresentada toda a informação relevante obtida. Nesta fase são também apresentadas as sugestões de melhoria e medidas para uma redução do consumo de energia.

## 4.2. Processo Produtivo

---

Por forma a conhecer-se onde e como se consome energia, é necessário perceber de que forma se obtém o produto final.

Atualmente, a Rectimold é uma empresa com cerca de 32 colaboradores, especializada na produção de moldes de alta precisão para a produção de peças de plástico, para variados tipos de indústria - eletrónica, elétrica, telecomunicações ou automóvel.

O processo de produção de moldes da Rectimold pode ser tipicamente caracterizado segundo um padrão. No entanto, podem haver algumas diferenças, dependendo das especificações do cliente e do tipo de molde.

A construção do molde inicia-se através do corte do aço, com as medidas aproximadas para o mesmo.



Figura 24: Aço em bruto para a fabricação de moldes.



Figura 25: Máquina cortadora de aço.

Através do processo de fresagem convencional, são feitos alguns detalhes no molde, de forma mais “grosseira”, tais como algumas cavidades. Após esta fase, o molde é encaminhado para a fase de fresagem CNC.



Figura 26: Fresadora.

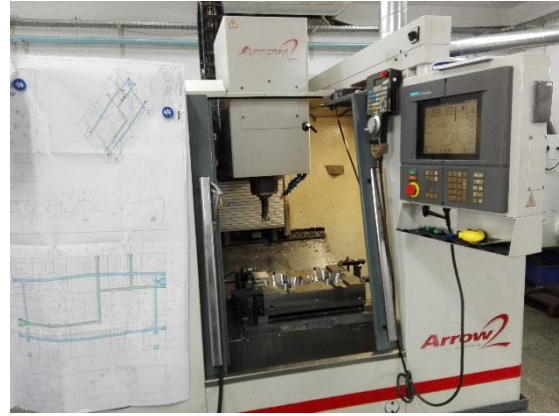


Figura 27: Fresadora CNC 3 eixos.

Alguns detalhes no molde não são obtidos através da fresagem CNC. Para esse efeito, o molde é submetido ao processo de eletroerosão, que consiste, em termos gerais, na remoção de material de qualquer peça eletricamente condutora. Tal é conseguido através da aplicação à peça de impulsos elétricos com elevada frequência que derretem e vaporizam o seu material. O eléctrodo (cujas forma varia de acordo com o método específico utilizado) é posicionado com grande precisão junto à peça e, nunca chegando a entrar em contacto físico com ela, descarrega o seu potencial eléctrico sob a forma de uma faísca. Estas faíscas percorrem um espaço muito curto preenchido por um líquido dieléctrico que envolve a peça e o eléctrodo. A Rectimold utiliza dois tipos de eletroerosão:

- **Eletroerosão por fio:** o eléctrodo é um fio que corta através da peça e que é renovado constantemente para evitar a sua rutura. O material constituinte do fio é latão revestido a zinco, com um diâmetro de 0,2mm. Este é menos dispendioso que na eletroerosão por penetração. Há menor remoção de material e o tempo de execução da peça e o desgaste do eléctrodo são menores. No entanto, a operação só é possível para superfícies regularizadas.

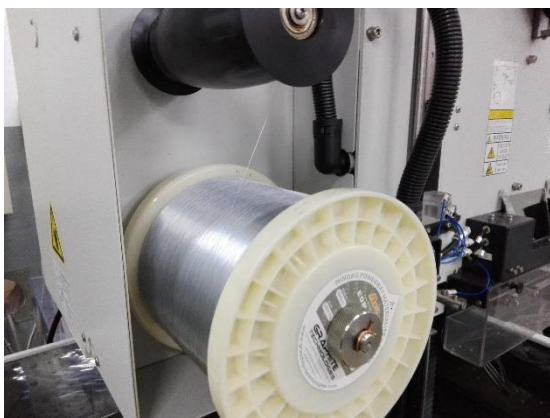


Figura 28: Rolo de fio para eletroerosão.



Figura 29: Processo de erosão por fio.

- **Eletroerosão por penetração:** na eletroerosão por penetração, a ferramenta eléctrodo tem a forma complementar da peça que se pretende obter e, literalmente, penetra nesta, à medida que a erosão vai ocorrendo. Desta forma é possível produzir contornos muito complexos, embora o seu tempo de execução seja elevado.



Figura 30: Pormenor eletroerosão por penetração.



Figura 31: Processo de erosão por penetração.

Após o processo de fresagem, pode ser dado um tratamento térmico e/ou químico ao aço que constitui o molde, seguindo-se o processo de retificação intermédia. A retificação intermédia consiste na correção de alta precisão nas dimensões do molde.

Durante os vários estágios de construção do molde, as dimensões são conferidas no processo de controlo dimensional. É introduzido no computador o modelo tridimensional do molde e a partir daí o processo é totalmente automatizado. Após verificação, o software reconhece quais são as zonas do molde que não estão de acordo com a tolerância introduzida, sendo novamente enviadas para a retificação.

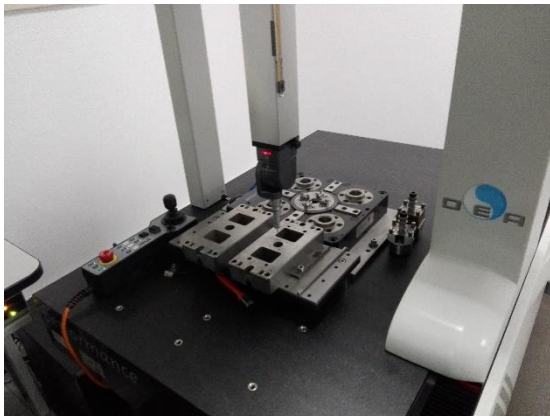


Figura 32: Pormenor processo controlo dimensional.

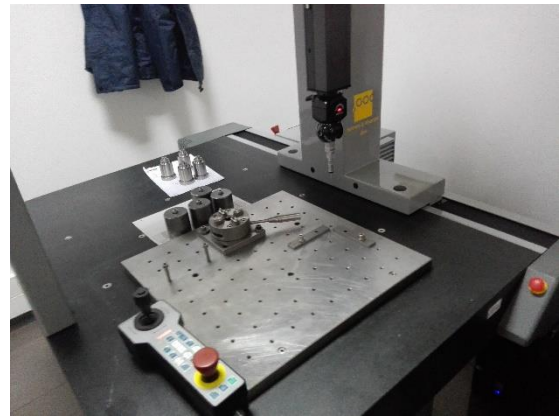


Figura 33: Controlo dimensional.

O processo de montagem do molde é feito de forma manual. Antes de ser enviado para o cliente, o molde é testado segundo os requisitos do cliente, por uma empresa subcontratada pela Rectimold.

A figura 34 representa o diagrama de fluxo, que resume o processo produtivo:

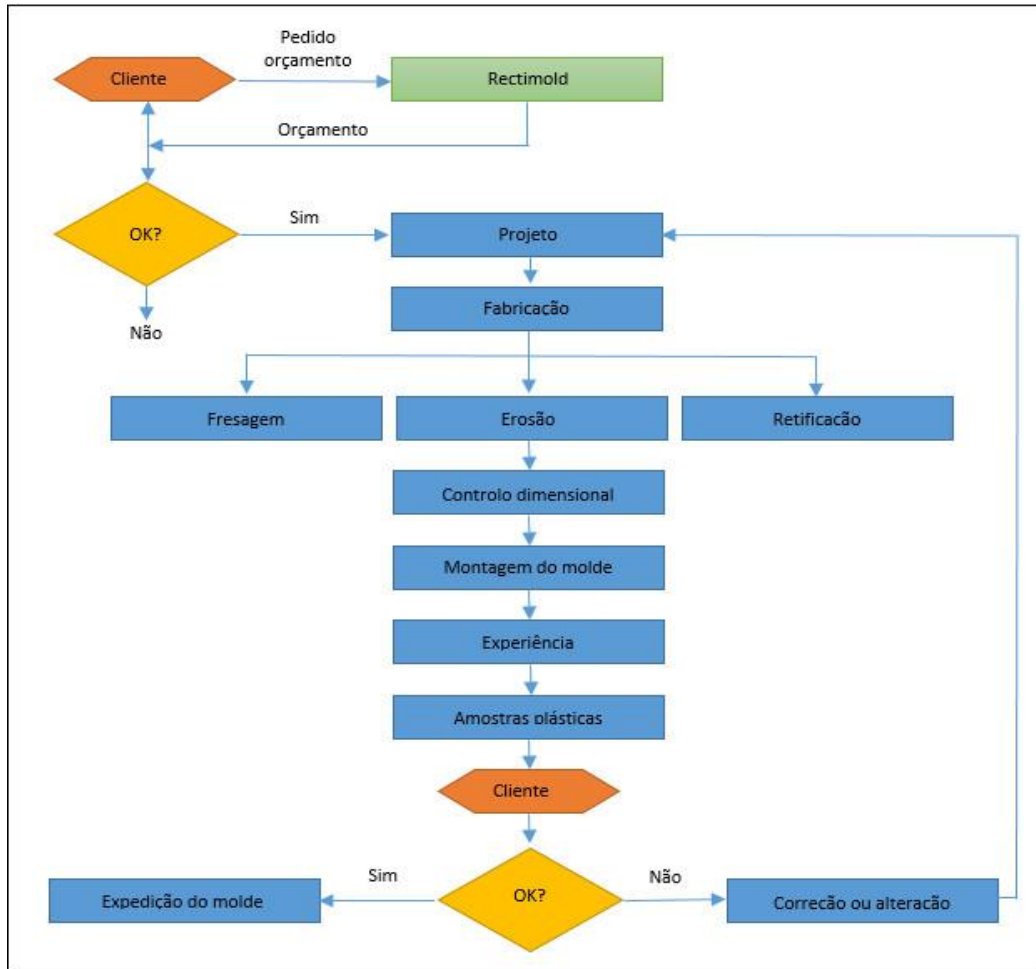


Figura 34: Fluxograma do processo produtivo.

### 4.3. Análise da Faturação de Energia

Uma medida de eficiência energética que pode ser facilmente efetuada é a análise das faturas de energia. As faturas energéticas são documentos que têm como propósito fazer o registo discriminado dos consumos de energia elétrica. Através destes registos, consegue-se obter e analisar quais os consumos realizados (e qual o período horário onde este se realizou) verificar o fator de potência da instalação e verificar se a opção tarifária é a mais vantajosa para a empresa.

A única fonte de energia consumida pela Rectimold é a energia elétrica. Nas tabelas 3 e 4 são apresentados os consumos de energia ativa consumida nos anos de 2014 e 2015, respetivamente:

Tabela 3: Energia ativa consumida e faturação ano 2014.

Mês	Energia ativa consumida 2014 (kWh)					Total faturado (€)
	Horas Ponta	Horas Cheias	Horas Vazio	Horas Super Vazio	Total	
Janeiro	5207	12883	6435	3747	28272	3872,87
Fevereiro	7529	18545	7933	4883	38890	5358,01
Março	6583	16539	8018	4600	35740	4844,46
Abril	6046	18655	8269	4706	37676	5208,12
Mai	4306	18059	9349	4478	36192	5013,57
Junho	4665	19863	10839	5182	40549	5524,02
Julho	5970	25402	9971	5682	47025	6184,81
Agosto	4442	19500	8168	4845	36955	4892,16
Setembro	5316	22417	8615	5024	41372	5558,42
Outubro	5526	23067	8404	5147	42144	5599,3
Novembro	7044	20764	9136	5239	42183	5517,82
Dezembro	7008	17221	10021	5149	39399	5106,09
<b>Total (kWh)</b>	<b>69642</b>	<b>232915</b>	<b>105158</b>	<b>58682</b>	<b>466397</b>	

Tabela 4: Energia ativa consumida e faturação ano 2015.

Mês	Energia ativa consumida 2015 (kWh)					Total faturado (€)
	Horas Ponta	Horas Cheias	Horas Vazio	Horas Super Vazio	Total	
Janeiro	6738	16476	9293	5437	37944	4986,10
Fevereiro	7977	20263	12213	6632	47085	6172,26
Março	6816	16927	8779	5052	37574	5010,83
Abril	6359	20690	9703	5385	42137	5796,33
Mai	4944	25556	9585	5109	45194	5428,36
Junho	5241	21370	10762	5281	42654	5803,80
Julho	5681	24070	9619	5710	45080	6083,65
Agosto	4115	17742	8064	4449	34370	4661,28
Setembro	5442	23205	9510	5284	43441	5893,80
Outubro	5120	23355	9771	5726	43972	5780,37
Novembro	6755	19790	10382	5601	42528	5595,77
Dezembro	6982	17104	8730	4838	37654	5007,05
<b>Total (kWh)</b>	<b>72170</b>	<b>246548</b>	<b>116411</b>	<b>64504</b>	<b>499633</b>	

As figuras 35 e 36 representam a evolução do consumo de energia para os anos de 2014 e 2015, respetivamente:

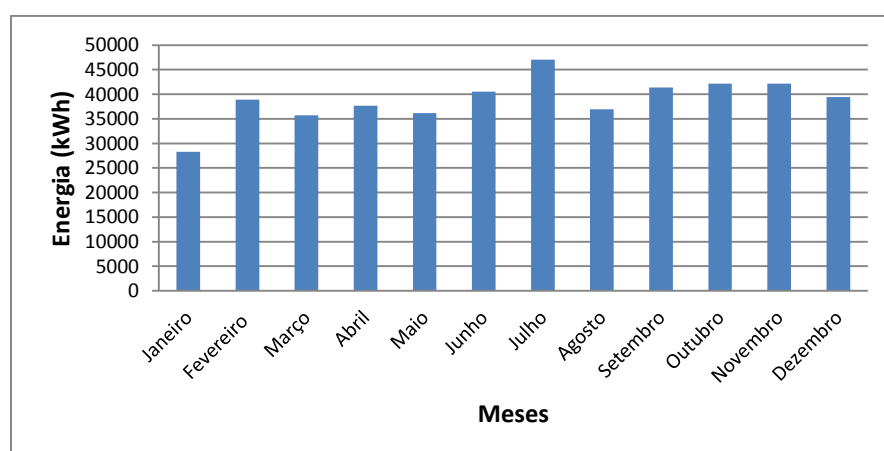


Figura 35: Evolução consumo energia ativa ano 2014.

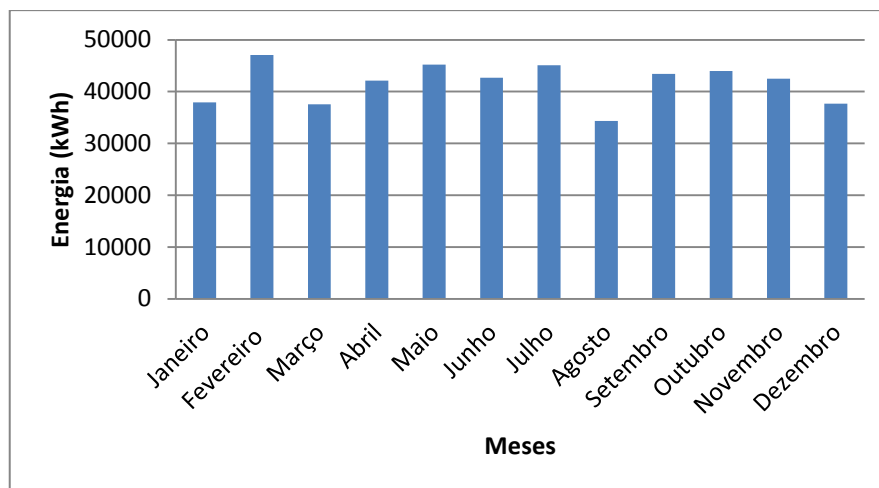


Figura 36: Evolução consumo energia ativa ano 2015.

Pela análise da faturação, verifica-se que no ano de 2015 houve um consumo ligeiramente superior de energia ativa e conseqüentemente um maior valor faturado comparativamente ao ano anterior. A tabela 5 reflete a comparação entre consumos, expresso em percentagem:

Tabela 5: Comparação consumo energia ativa 2014/2015.

		Período horário				Total	
		Horas ponta	Horas cheias	Vazio normal	Super vazio		
Diferença de consumos 2014/2015 (energia ativa)	Inverno	Janeiro	22,72%	21,81%	30,75%	31,08%	25,49%
		Fevereiro	5,62%	8,48%	35,04%	26,37%	17,40%
		Março	3,42%	2,29%	8,67%	8,95%	4,88%
	Verão	Abril	4,92%	9,84%	14,78%	12,61%	10,59%
		Maió	12,90%	29,34%	2,46%	12,35%	19,92%
		Junho	10,99%	7,05%	-0,72%	1,87%	4,94%
		Julho	-5,09%	-5,53%	-3,66%	0,49%	-4,31%
		Agosto	-7,95%	-9,91%	-1,29%	-8,90%	-7,52%
		Setembro	2,32%	3,40%	9,41%	4,92%	4,76%
		Outubro	-7,93%	1,23%	13,99%	10,11%	4,16%
	Inverno	Novembro	-4,28%	-4,92%	12,00%	6,46%	0,81%
		Dezembro	-0,37%	-0,68%	-14,79%	-6,43%	-4,63%

A tabela 6 reflete a variação referente ao valor faturado, relativamente ao período em análise:

Tabela 6: Comparação faturação energética 2014/2015.

Diferença de faturação 2014/2015	Inverno	Janeiro	22,33%
		Fevereiro	13,19%
		Março	3,32%
	Verão	Abril	10,15%
		Maió	7,64%
		Junho	4,82%
		Julho	-1,66%
		Agosto	-4,95%
		Setembro	5,69%
		Outubro	3,13%
	Inverno	Novembro	1,39%

## 4.4. Análise do Tarifário

Para uma correta avaliação de tarifário, é importante um bom conhecimento da legislação que regulamenta o fornecimento de energia elétrica, estabelecendo as modalidades tarifárias existentes e as grandezas a serem faturadas.

Desde janeiro de 2011 que foram extintas as tarifas reguladas para os consumidores abastecidos em Baixa Tensão Especial (BTE), Média Tensão (MT), Alta Tensão (AT) e Muito Alta Tensão (MAT). Os clientes que não realizaram um novo contrato de abastecimento de energia elétrica com um comercializador em regime de mercado livre, passaram a ter uma tarifa de venda transitória regulada pela ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos), sendo fornecidos pela EDP Serviço Universal.

As tarifas de acesso às redes são independentes dos comercializadores e são reguladas e aprovadas anualmente pela ERSE. Estas incluem as tarifas de uso global do sistema, uso da rede de transporte e uso da rede de distribuição [29].

Durante o período em análise, a Rectimold era abastecida em MT por um comercializador de mercado livre, com ciclo tarifário semanal com feriados

A tarifa de venda de energia elétrica também varia ao longo do dia. Em Portugal para fornecimento de energia elétrica em BTE, MT, AT e MAT a faturação é efetuada em tarifas penta-horárias. Dentro desses períodos horários, existem ainda dois ciclos – ciclo semanal e ciclo diário [29]. As tabela 7 e 8 apresentam a desagregação das horas do dia em relação aos diferentes períodos horários e para os ciclos semanal e diário, respetivamente:

Tabela 7: Desagregação de períodos horários – ciclo semanal [29].

	<b>Horário de inverno:</b> meses janeiro a março e outubro a dezembro	<b>Horário de verão:</b> meses abril a setembro
	Segunda a sexta	
<b>Ponta</b>	09:30 às 12:00 18:30 às 21:00	09:15 às 12:15
<b>Cheia</b>	07:00 às 09:30 12:00 às 18:30 21:00 às 24:00	07:00 às 09:15 12:15 às 24:00
<b>Vazio</b>	00:00 às 02:00 06:00 às 07:00	
<b>Supervazio</b>	02:00 às 06:00	
	<b>Sábados</b>	
<b>Cheia</b>	09:30 às 13:00	09:00 às 14:00

	18:30 às 22:00	20:00 às 22:00
<b>Vazio</b>	00:00 às 02:00 06:00 às 09:30 13:00 às 18:30 22:00 às 24:00	00:00 às 02:00 06:00 às 09:00 14:00 às 20:00 22:00 às 24:00
<b>Supervazio</b>	02:00 às 06:00	
<b>Domingos</b>		
<b>Vazio</b>	00:00 às 02:00 06:00 às 24:00	
<b>Supervazio</b>	02:00 às 06:00	

Tabela 8: Desagregação de períodos horários – ciclo diário [29].

	<b>Horário de inverno:</b> meses janeiro a março e outubro a dezembro	<b>Horário de verão:</b> meses abril a setembro
	Segunda a domingo	
<b>Ponta</b>	09:30 às 11:30 19:00 às 21:00	10:30 às 12:30 20:00 às 22:00
<b>Cheia</b>	08:00 às 09:30 11:30 às 19:00 21:00 às 22:00	09:00 às 10:30 12:30 às 20:00 22:00 às 23:00
<b>Vazio</b>	22:00 às 02:00 06:00 às 08:00	23:00 às 02:00 06:00 às 09:00
<b>Supervazio</b>	02:00 às 06:00	

A diferença entre o ciclo diário e o ciclo semanal resume-se à quantidade de horas para cada período horário. Isto significa que cabe ao utilizador verificar qual o tarifário que mais se adequa ao tipo de atividade, por forma a tirar mais proveito do mesmo em termos económicos. Seguidamente será efetuado esse estudo. As figuras 37 e 38 representam a distribuição dos períodos horários para o ciclo semanal e ciclo diário, respetivamente:

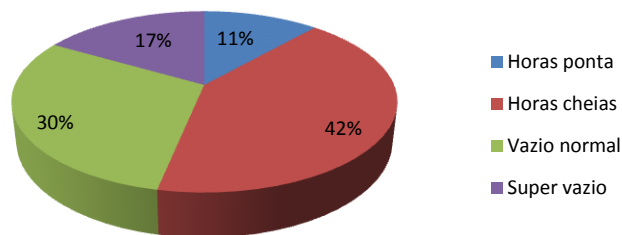


Figura 37: Distribuição percentual por período horário – ciclo semanal.

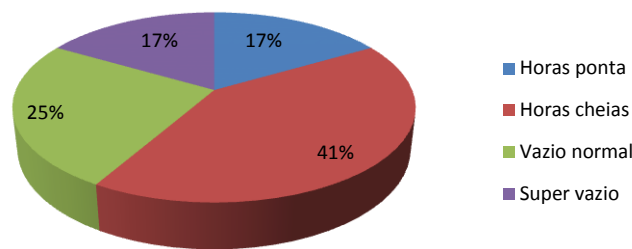


Figura 38: Distribuição percentual por período horário – ciclo diário.

Por forma a analisar qual o ciclo tarifário mais adequado à empresa e qual a evolução da tarifa aplicada pelo comercializador, procedeu-se à análise do tarifário para perceber se existe algum potencial de poupança neste campo.

- Ano 2014:

A tabela 9 representa a evolução da tarifa de energia ativa para cada período horário:

Tabela 9: Tarifa por período horário – 2014.

		Período horário			
		Horas ponta (€/kWh)	Horas cheias (€/kWh)	Vazio normal (€/kWh)	Super vazio (€/kWh)
2014	Janeiro	0,10858	0,092656	0,074863	0,064641
	Fevereiro	0,10858	0,098056	0,074863	0,064641
	Março	0,10858	0,098056	0,074863	0,064641
	Abril	0,10858	0,098056	0,074863	0,064641
	Maiο	0,10858	0,098056	0,074863	0,064641
	Junho	0,10858	0,098056	0,074863	0,064641
	Julho	0,1034	0,0937	0,071	0,0609
	Agosto	0,1034	0,0937	0,071	0,0609
	Setembro	0,1029	0,0932	0,0705	0,0604
	Outubro	0,1029	0,0932	0,0705	0,0604
	Novembro	0,1029	0,0932	0,0705	0,0604
	Dezembro	0,1029	0,0932	0,0705	0,0604
	Média	<b>0,10582</b>	<b>0,09526</b>	<b>0,07276</b>	<b>0,06260</b>

Na tabela 10 consta o consumo correspondente ao ano 2014, desagregado por períodos horários e o número de horas correspondente para cada ciclo tarifário:

Tabela 10: Quantidade de horas por período horário e consumo 2014.

Consumo (2014)	Horas/ano	
	Ciclo semanal	Ciclo diário
Horas ponta (kWh)	69642	1460
Horas cheias (kWh)	232915	3650
Vazio normal (kWh)	105158	2190
Super vazio (kWh)	58682	1460
<b>Total (kWh)</b>	<b>466397</b>	<b>8760</b>

Na tabela 11 é apresentada uma simulação, com ambos os ciclos tarifários:

Tabela 11: Simulação de poupança tarifária – 2014.

Período horário	Distribuição horária		Distribuição consumos (kWh)		Desagregação custos (€)			
	Ciclo semanal	Ciclo diário	Ciclo semanal	Ciclo diário	Ciclo semanal	Ciclo diário		
Ponta	11,56%	16,67%	53933,81	77732,83	5707,46	8225,95		
Cheia	41,69%	41,67%	194438,57	194332,08	18522,48	18512,33		
Vazio	30,08%	25,00%	140291,79	116599,25	10208,31	8484,32		
Super Vazio	16,67%	16,67%	77732,83	77732,83	4866,37	4866,37		
	100,00%	100,00%	<b>Total</b>	<b>466397</b>	<b>466397</b>	<b>Total</b>	<b>39304,61</b>	<b>40088,98</b>

Analisando os valores obtidos, verifica-se que o custo associado ao consumo de energia ativa em 2014 é de 39304,61€ para o ciclo semanal e de 40088,98€ para o ciclo diário. Isto é, para o ano de 2014 se a empresa tivesse o ciclo tarifário correspondente ao ciclo diário, teria um custo superior em cerca de 1,96% comparativamente ao ciclo semanal.

- Ano 2015:

A tabela 12 representa a evolução da tarifa de energia ativa para cada período horário:

Tabela 12: Tarifa por período horário – 2015.

	Período horário	Período horário			
		Horas ponta (€/kWh)	Horas cheias (€/kWh)	Vazio normal (€/kWh)	Super vazio (€/kWh)
2015	Janeiro	0,1123	0,1014	0,0705	0,0604
	Fevereiro	0,1123	0,1014	0,07495	0,06485
	Março	0,1123	0,1014	0,07495	0,06485
	Abril	0,1123	0,1014	0,07495	0,06485
	Mai	0,1123	0,1014	0,07495	0,06485
	Junho	0,1123	0,1014	0,07495	0,06485
	Julho	0,1123	0,1014	0,07495	0,06485
	Agosto	0,1123	0,1014	0,07495	0,06485
	Setembro	0,1123	0,1014	0,07495	0,06485
	Outubro	0,1109	0,1002	0,0735	0,0639
	Novembro	0,1109	0,1002	0,0735	0,0639
	Dezembro	0,1109	0,1002	0,0735	0,0639
	<b>Média</b>	<b>0,11195</b>	<b>0,10110</b>	<b>0,07422</b>	<b>0,06436</b>

Na tabela 13 é apresentado o consumo correspondente ao ano 2015, desagregado por períodos horários e o número de horas correspondente para cada ciclo tarifário:

Tabela 13: Quantidade de horas por período horário e consumo 2015.

Consumo (2015)	Horas/ano	
	Ciclo semanal	Ciclo diário
Horas ponta (kWh)	72170	1460
Horas cheias (kWh)	246548	3650
Vazio normal (kWh)	116411	2190
Super vazio (kWh)	65504	1460
<b>Total (kWh)</b>	<b>499633</b>	<b>8760</b>

Na tabela 14 é apresentada uma simulação, com ambos os ciclos tarifários:

Tabela 14: Simulação de poupança tarifária – 2015.

Período horário	Distribuição horária		Distribuição consumos (kWh)		Desagregação custos (€)			
	Ciclo semanal	Ciclo diário	Ciclo semanal	Ciclo diário	Ciclo semanal	Ciclo diário		
<b>Ponta</b>	11,56%	16,67%	57777,20	82272,17	6468,16	9322,32		
<b>Cheia</b>	41,69%	41,67%	208294,49	208180,42	21058,57	21047,04		
<b>Vazio</b>	30,08%	25,00%	150289,15	124908,25	11153,96	9270,27		
<b>Super Vazio</b>	16,67%	16,67%	83272,17	83272,17	5349,54	5349,54		
	100,00%	100,00%	<b>Total</b>	<b>499633</b>	<b>499633</b>	<b>Total</b>	<b>44030,23</b>	<b>44989,18</b>

Analisando os valores obtidos, verifica-se que o custo associado ao consumo de energia ativa em 2015 é de 44030,23€ para o ciclo semanal e de 44989,18€ para o ciclo diário. Isto é, para o ano de 2015 se a empresa tivesse o ciclo tarifário correspondente ao ciclo diário, teria um custo superior em cerca de 2,13% comparativamente ao ciclo semanal.

Verifica-se ainda um ligeiro aumento de tarifário no ano 2015 comparativamente a 2014. A tabela 15 representa a evolução da tarifa por parte do comercializador:

Tabela 15: Aumento tarifário 2014/2015.

Período horário	Aumento tarifário
<b>Horas ponta (€/kWh)</b>	5,77%
<b>Horas cheias (€/kWh)</b>	6,05%
<b>Vazio normal (€/kWh)</b>	2,27%
<b>Super vazio (€/kWh)</b>	2,72%
<b>Média</b>	4,20%

O período horário onde se verifica um maior aumento tarifário é em horas cheias, seguindo-se o segundo maior aumento em horas de ponta. O aumento médio calculado é de aproximadamente 4%.

Existem outros encargos de faturação para além da energia ativa, nomeadamente com a energia reativa, com a potência contratada e com a potência em horas de ponta. A energia reativa e a potência em horas de ponta são taxadas apenas em contratos de fornecimento de energia em BTE, MT, AT e MAT. A potência contratada é a potência que o comercializador coloca à disposição do cliente, em termos contratuais.

- **Energia reativa:**

A energia ativa é responsável pela produção de trabalho útil nos diversos equipamentos, enquanto que a componente reativa é uma consequência do funcionamento dos sistemas elétricos. Existem tecnologias de compensação do seu efeito no local de consumo, denominado também de compensação do fator de potência.

Se todos os consumidores compensassem o fator de potência nas suas instalações, a capacidade disponível na RESP seria maximizada, daí a importância deste aspeto. A figura 39 representa o triângulo de potências:

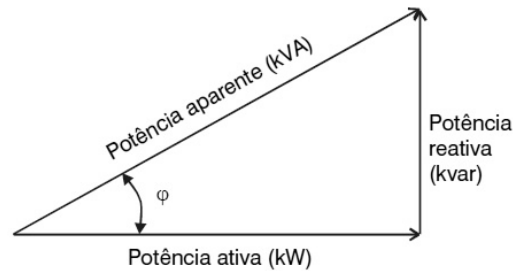


Figura 39: Triângulo de potências, [30].

Por definição,  $tg \phi$  é o quociente entre a energia reativa e a energia ativa. Portanto, quando a instalação está totalmente compensada a energia reativa é nula e  $tg \phi$  é igual a 0. A energia reativa é taxada por 3 escalões, divididos pela seguinte forma e representados na tabela 16:

Tabela 16: Escalões para taxação de energia reativa.

<b>1º Escalão</b>	$0,3 \leq tg \phi \leq 0,4$
<b>2º Escalão</b>	$0,4 \leq tg \phi \leq 0,5$
<b>3º Escalão</b>	$0,5 \geq tg \phi$

A compensação do fator de potência conduz a uma redução com reflexos na fatura de energia elétrica. De forma a limitar ou evitar a absorção de energia reativa da rede, esta deve ser produzida dentro da própria instalação, utilizando equipamentos adequados para esse fim – os condensadores. Os condensadores compensam a energia reativa (indutiva) que alguns equipamentos necessitam para funcionar. No entanto, estes também devem possuir a capacidade de se desligar por forma a evitar a injeção de energia reativa na rede. Isto é, durante o dia (horas fora de vazio) o fator de potência é normalmente indutivo, pelo que se deve incentivar a compensação local de energia reativa indutiva. Durante a noite (horas de vazio), devido à redução das cargas elétricas e com o carácter capacitivo das linhas “em vazio”, é sugerido que se desliguem os aparelhos de compensação de fator de potência, pois a injeção de energia reativa na rede também é objeto de faturação. A tabela 17 e 18 resume a quantidade de energia reativa consumida e fornecida para a rede no ano 2014 e 2015, respetivamente:

Tabela 17: Valores de energia reativa – 2014.

Mês	2014			Energia reativa fornecida (kvarh)
	Energia reativa consumida (kvarh)			
	Escalão 1	Escalão 2	Escalão 3	
<b>Janeiro</b>	0	0	0	1539
<b>Fevereiro</b>	128	79	0	681
<b>Março</b>	0	0	0	385
<b>Abril</b>	3	0	0	787
<b>Maio</b>	0	0	0	958
<b>Junho</b>	0	0	0	478
<b>Julho</b>	0	0	0	196
<b>Agosto</b>	0	0	0	1451
<b>Setembro</b>	0	0	0	1218
<b>Outubro</b>	0	0	0	822

<b>Novembro</b>	0	0	0	847
<b>Dezembro</b>	0	0	0	854
<b>Total (kvarh)</b>	<b>131</b>	<b>79</b>	<b>0</b>	<b>10216</b>

Tabela 18: Valores de energia reativa – 2015.

Mês	2015			Energia reativa fornecida (kvarh)
	Energia reativa consumida (kvarh)			
	Escalão 1	Escalão 2	Escalão 3	
<b>Janeiro</b>	2	0	0	903
<b>Fevereiro</b>	0	79	0	39
<b>Março</b>	0	0	0	542
<b>Abril</b>	950	849	1087	297
<b>Maio</b>	15	0	0	683
<b>Junho</b>	0	0	0	740
<b>Julho</b>	0	0	0	384
<b>Agosto</b>	11	0	0	1540
<b>Setembro</b>	0	0	0	624
<b>Outubro</b>	0	0	0	0
<b>Novembro</b>	0	0	0	0
<b>Dezembro</b>	0	0	0	0
<b>Total (kvarh)</b>	<b>978</b>	<b>849</b>	<b>1087</b>	<b>5752</b>

A tabela 19 mostra a tarifa de energia reativa para os anos 2014 e 2015:

Tabela 19: Tarifa de energia reativa – 2014 e 2015.

	Escalão 1 (€/kvarh)	Escalão 2 (€/kvarh)	Escalão 3 (€/kvarh)	Energia reativa fornecida (€/kvarh)
<b>2014</b>	0,00812	0,02460	-	0,01846
<b>2015</b>	0,00854	0,02630	0,07890	0,01957

Na tabela 20 constam os encargos de faturação com a energia reativa, para o ano de 2014:

Tabela 20: Faturação de energia reativa – 2014.

Mês	2014			Custo energia reativa fornecida (€)
	Custo energia reativa consumida (€)			
	Escalão 1	Escalão 2	Escalão 3	
<b>Janeiro</b>	0,00	0,00	0,00	28,41
<b>Fevereiro</b>	1,04	0,16	0,00	12,57
<b>Março</b>	0,00	0,00	0,00	7,11
<b>Abril</b>	0,02	0,00	0,00	14,53
<b>Maio</b>	0,00	0,00	0,00	17,69
<b>Junho</b>	0,00	0,00	0,00	8,83
<b>Julho</b>	0,00	0,00	0,00	3,62
<b>Agosto</b>	0,00	0,00	0,00	26,79

<b>Setembro</b>	0,00	0,00	0,00	22,49
<b>Outubro</b>	0,00	0,00	0,00	15,18
<b>Novembro</b>	0,00	0,00	0,00	15,64
<b>Dezembro</b>	0,00	0,00	0,00	15,77
<b>Total (€)</b>	<b>1,06</b>	<b>0,16</b>	<b>0,00</b>	<b>188,61</b>

Na tabela 21 constam os encargos de faturação com a energia reativa, para o ano de 2015:

Tabela 21: Faturação de energia reativa – 2015.

Mês	2015			Custo energia reativa fornecida (€)
	Custo energia reativa consumida (€)			
	Escalão 1	Escalão 2	Escalão 3	
<b>Janeiro</b>	0,01	0,00	0,00	17,70
<b>Fevereiro</b>	0,00	0,00	0,00	0,76
<b>Março</b>	0,00	0,00	0,00	10,62
<b>Abril</b>	3,39	1,86	7,15	5,82
<b>Maió</b>	0,05	0,00	0,00	13,39
<b>Junho</b>	0,00	0,00	0,00	14,50
<b>Julho</b>	0,00	0,00	0,00	7,53
<b>Agosto</b>	0,04	0,00	0,00	30,18
<b>Setembro</b>	0,00	0,00	0,00	12,23
<b>Outubro</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Novembro</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Dezembro</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total (€)</b>	<b>3,49</b>	<b>1,86</b>	<b>7,15</b>	<b>112,74</b>

Verifica-se que o encargo com a energia reativa é residual, tendo em conta o valor global da faturação. Isto mostra que a instalação está devidamente compensada em termos de fator de potência.

- **Potência contratada:**

A Rectimold tem atualmente uma potência contratada de 120,57kW. No entanto, como a empresa dispõe de um PT próprio com capacidade instalada de 250kVA significa que caso a potência instantânea seja ultrapassada, a potência contratada por parte do comercializador é automaticamente atualizada, tendo essa tarifa uma repercussão de 12 meses consecutivos. As tabelas 22 e 23 representam a faturação relativa à potência contratada, para os anos 2014 e 2015, respetivamente:

Tabela 22: Faturação relativa à potência contratada – 2014.

Mês	Potência contratada 2014			Total (€)
	Potência contratada (kW)	Custo (€/kW/dia)	Dias faturados	
<b>Janeiro</b>	119,57	0,040850	31	151,42
<b>Fevereiro</b>	119,57	0,034784	28	116,46
<b>Março</b>	119,57	0,034784	31	128,93
<b>Abril</b>	119,57	0,034784	30	124,77
<b>Maió</b>	119,57	0,034784	31	128,93
<b>Junho</b>	119,57	0,034784	30	124,77
<b>Julho</b>	119,57	0,034784	31	128,93
<b>Agosto</b>	125,57	0,034784	31	135,40
<b>Setembro</b>	125,57	0,034784	30	131,03
<b>Outubro</b>	125,57	0,034784	31	135,40
<b>Novembro</b>	125,57	0,034784	30	131,03

<b>Dezembro</b>	125,57	0,034784	31	135,40
			<b>Total (€)</b>	<b>1572,49</b>

Tabela 23: Faturação relativa à potência contratada – 2015.

<b>Potência contratada 2015</b>				
<b>Mês</b>	<b>Potência contratada (kW)</b>	<b>Custo (€/kW/dia)</b>	<b>Dias faturados</b>	<b>Total (€)</b>
<b>Janeiro</b>	125,57	0,033009	31	128,49
<b>Fevereiro</b>	125,57	0,031233	28	109,81
<b>Março</b>	125,57	0,031233	31	121,58
<b>Abril</b>	125,57	0,031233	30	117,66
<b>Maió</b>	125,57	0,031233	31	121,58
<b>Junho</b>	125,57	0,031233	30	117,66
<b>Julho</b>	125,57	0,031233	31	121,58
<b>Agosto</b>	120,57	0,031233	31	116,74
<b>Setembro</b>	120,57	0,031233	30	112,97
<b>Outubro</b>	120,57	0,031233	31	116,74
<b>Novembro</b>	120,57	0,031233	30	112,97
<b>Dezembro</b>	120,57	0,031233	31	116,74
			<b>Total (€)</b>	<b>1414,52</b>

- **Potência em horas de ponta:**

A potência em horas de ponta é o quociente entre a energia ativa consumida em horas de ponta e a quantidade de horas de ponta correspondentes ao período faturado. As tabelas 24 e 25 representam o encargo financeiro relativo à potência em horas de ponta, para os anos 2014 e 2015, respetivamente:

Tabela 24: Faturação relativa a potência em horas de ponta – 2014.

<b>Potência horas de ponta 2014</b>				
<b>Mês</b>	<b>Quantidade (kW)</b>	<b>Custo (€/kW/dia)</b>	<b>Dias faturados</b>	<b>Total (€)</b>
<b>Janeiro</b>	49,59	0,2911235	31	447,54
<b>Fevereiro</b>	68,45	0,29451	28	564,46
<b>Março</b>	65,83	0,29451	31	601,02
<b>Abril</b>	70,30	0,29451	30	621,12
<b>Maió</b>	75,54	0,294509	31	689,66
<b>Junho</b>	77,75	0,29451	30	686,94
<b>Julho</b>	90,45	0,294509	31	825,79
<b>Agosto</b>	67,30	0,29451	31	614,44
<b>Setembro</b>	84,38	0,29451	30	745,52
<b>Outubro</b>	83,73	0,294509	31	764,44
<b>Novembro</b>	73,38	0,29451	30	648,33
<b>Dezembro</b>	70,08	0,294509	31	639,81
			<b>Total (€)</b>	<b>7849,08</b>

Tabela 25: Faturação relativa a potência em horas de ponta – 2015.

Potência horas de ponta 2015				
Mês	Quantidade (kW)	Custo (€/kW/dia)	Dias faturados	Total (€)
Janeiro	58,59	0,233721	31	424,51
Fevereiro	75,97	0,233721	28	497,16
Março	68,16	0,233721	31	493,84
Abril	73,94	0,233721	30	518,44
Mai	78,48	0,233721	31	568,62
Junho	87,35	0,233721	30	612,47
Julho	86,08	0,233721	31	623,68
Agosto	62,35	0,233721	31	451,75
Setembro	82,45	0,233721	30	578,11
Outubro	77,58	0,233721	31	562,09
Novembro	72,63	0,233721	30	509,25
Dezembro	66,50	0,233721	31	481,81
<b>Total (€)</b>				<b>6321,73</b>

Após a análise do histórico de faturação e produção, é possível calcular alguns indicadores de desempenho energético, nomeadamente o consumo específico de energia e a intensidade carbónica.

O consumo específico de energia é um indicador de desempenho energético, que permite relacionar o consumo de energia com a quantidade e/ou volume de produção de uma empresa. Para o cálculo deste indicador, inicialmente pensou-se em considerar como unidade específica o número de moldes produzidos. No entanto, chegou-se à conclusão de que esta não seria a melhor definição, uma vez que a produção deste tipo de moldes não obedece a um padrão em termos de produção. Por esse motivo, determinou-se como unidade específica o número de horas de produção, sendo assim o consumo específico é obtido em tep por horas de produção.

O Despacho n.º 17313/2008 procede à publicação dos fatores de conversão para TEP de teores em energia de combustíveis selecionados para utilização final, bem como dos respetivos fatores para cálculo da Intensidade Carbónica pela emissão de gases com efeito de estufa, referidos a quilograma de CO<sub>2</sub> equivalente (kg<sub>CO2e</sub>). Este regulamento define assim que 1kWh<sub>energia elétrica</sub> equivale a 215 x 10<sup>-6</sup>tep. Na tabela 26 são apresentados os valores referentes ao consumo específico de energia, para o período em análise:

Tabela 26: Consumo específico de energia.

	Mês	Produção (horas)	Consumo (tep)	Consumo específico (tep/hora de produção)
2014	Janeiro	4224	6,08	0,0014
	Fevereiro	4098	8,36	0,0020
	Março	3694	7,68	0,0021
	Abril	3986	8,10	0,0020
	Mai	4046	7,78	0,0019
	Junho	4233	8,42	0,0021
	Julho	3737	10,11	0,0027
	Agosto	3650	7,95	0,0022
	Setembro	3992	8,89	0,0022
	Outubro	4201	9,06	0,0022
	Novembro	4310	9,07	0,0021
	Dezembro	4288	8,47	0,0020

	<b>Total</b>	<b>48459</b>	<b>100,28</b>	
<b>2015</b>	Janeiro	4056	8,16	0,0020
	Fevereiro	4280	10,12	0,0024
	Março	3677	8,08	0,0022
	Abril	4239	9,06	0,0021
	Maio	3736	9,72	0,0026
	Junho	3967	9,17	0,0023
	Julho	3965	9,69	0,0024
	Agosto	3610	7,39	0,0020
	Setembro	4244	9,34	0,0022
	Outubro	3930	9,45	0,0024
	Novembro	3745	9,14	0,0024
	Dezembro	3829	8,10	0,0021
	<b>Total</b>	<b>35265</b>	<b>107,42</b>	

Com estes dados é possível calcular a intensidade carbónica total da instalação. Este indicador permite relacionar a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida com a quantidade de energia consumida. Neste caso a intensidade carbónica provém da energia elétrica consumida na instalação. Na tabela 27 é representado o cálculo para este indicador:

Tabela 27: Intensidade carbónica

	<b>Energia consumida (kWh)</b>	<b>Fator de emissão (kg CO<sub>2</sub>e/kWh)</b>	<b>Total de emissões (kg CO<sub>2</sub>e)</b>
<b>2014</b>	466397	0,47	219206,59
<b>2015</b>	499633	0,47	234827,51

<b>Intensidade Carbónica (kg CO<sub>2</sub>e/tep)</b>	2.186,05
---	----------

## 4.5. Dados Obtidos por Monitorização

---

Simultaneamente à análise da faturação energética, foram instalados equipamentos de medição e verificação de energia. Estes dados permitem fornecer informações relativas ao uso de energia na instalação, por forma a verificar como, onde e de que forma a energia é consumida. Foram efetuadas medições e gravação de registos relativos aos consumos e cargas da instalação. As medições foram realizadas em dois períodos distintos, tendo sido monitorizados equipamentos diferentes, cujo consumo se estimou ser mais elevado. A tabela 28 e 29 representam os equipamentos monitorizados em outubro de 2015 e fevereiro de 2016, respetivamente:

- Outubro 2015:

Tabela 28: Lista equipamentos monitorizados – outubro 2015.

<b>Equipamentos analisados</b>
Ar Condicionado – Zona de Fabricação
Máquina de Erosão por Penetração

- Fevereiro 2016:

Tabela 29: Lista equipamentos monitorizados – fevereiro 2016.

<b>Equipamentos analisados</b>
Retificação
Iluminação – Zona de Fabricação
Fresadoras
Erosão
Maquinação
Compressor

Uma vez que o consumo energético ao longo do ano é relativamente constante, considerou-se que o consumo destes equipamentos também segue o mesmo padrão.

Os consumos monitorizados em outubro de 2015 foram recolhidos entre o dia 24 de setembro e 11 de outubro de 2015, inclusive, o que representa um período de 18 dias.

A figura 40 representa o diagrama de cargas relativo aos equipamentos de Ar Condicionado da zona de fabricação:

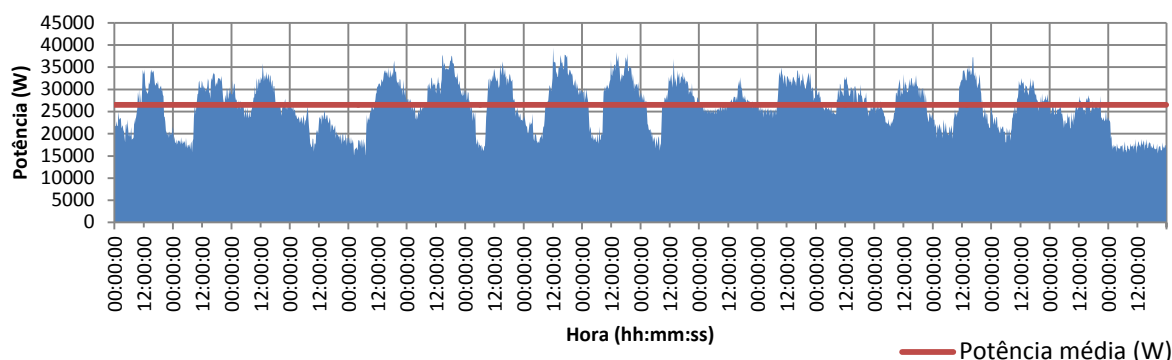


Figura 40: Diagrama de carga equipamentos Ar Condicionado – zona de fabricação.

Apesar da época do ano em que se realizaram estas medições não existir necessidade de arrefecimento, ao analisar a figura 38 verifica-se que os equipamentos de climatização se encontram em funcionamento. A potência média destes equipamentos durante o período em estudo foi de aproximadamente 26,5kW.

A figura 41 representa o diagrama de carga referente a uma máquina extrusora:

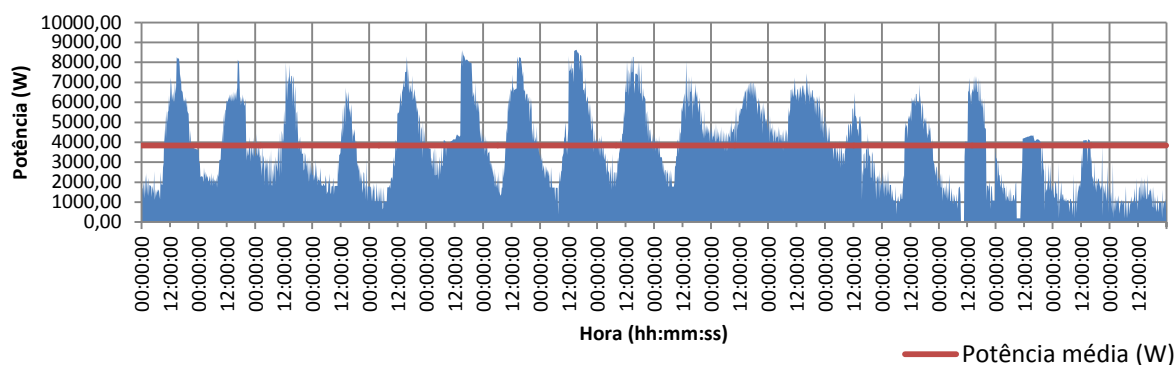


Figura 41: Diagrama de carga da máquina extrusora.

Verifica-se um perfil que segue um padrão relativamente bem definido. A potência média foi de cerca de 3,8kW. A informação relativa aos consumos deste equipamento pode ser considerado na eventualidade da aquisição de uma nova máquina para as mesmas funções. Isto é, caso haja necessidade de substituir o equipamento deve-se ter em conta a eficiência energética do mesmo.

Para desagregar os consumos monitorizados em relação ao consumo geral, solicitou-se à EDP Distribuição o diagrama de carga geral para o período em análise. Isto significa que não foi necessário a instalação de um equipamento de monitorização no quadro geral da

empresa para a recolha do consumo geral da mesma. A figura 42 mostra o diagrama de carga geral da instalação, durante o período em estudo:

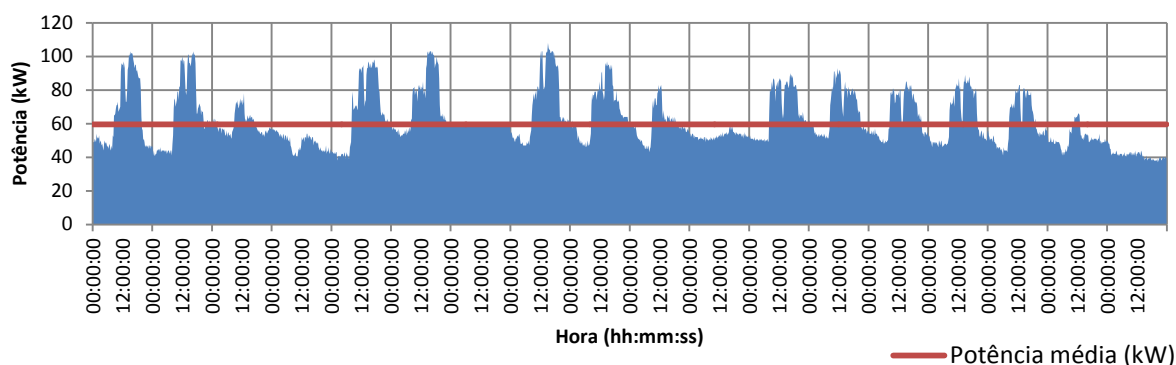


Figura 42: Diagrama de cargas consumo geral – 24/09/2015 a 11/10/2015.

Por forma a perceber qual o período horário onde ocorreu maior consumo de energia elétrica por parte dos equipamentos monitorizados, realizou-se um estudo com a combinação dos mesmos. Isto é, foi considerado o somatório de energia consumida por ambos os equipamentos. A figura 43 representa o diagrama de carga resultante da combinação dos equipamentos monitorizados.

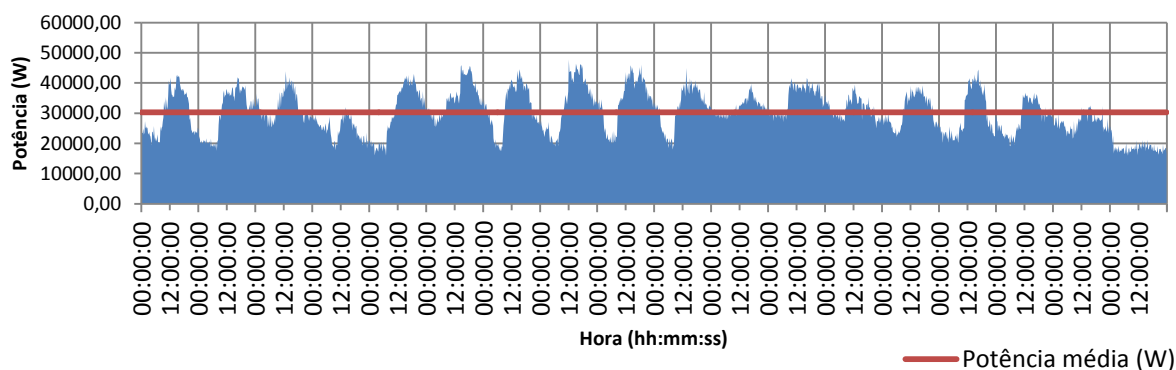


Figura 43: Diagrama de carga dos equipamentos monitorizados – outubro 2015.

A figura 44 representa a desagregação de consumos por períodos horários, resultante da combinação dos equipamentos monitorizados.

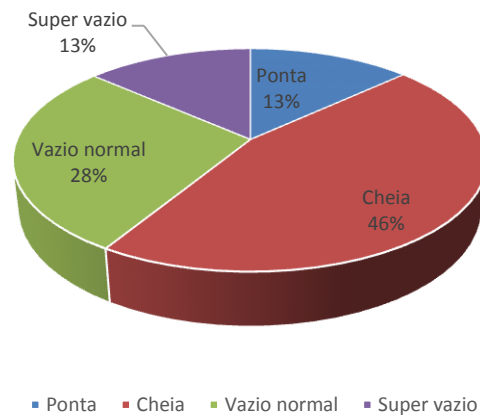


Figura 44: Desagregação de consumo por período horário em equipamentos monitorizados de 24/09/2015 a 11/10/2015.

A figura 45 representa a desagregação de consumos dos equipamentos, em relação ao consumo geral:

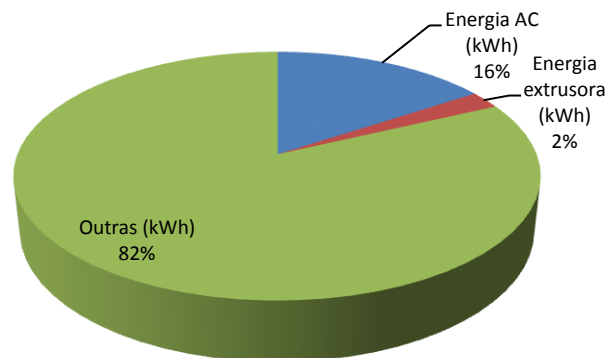


Figura 45: Desagregação de consumos – 24/09/2015 a 11/10/2015.

Ao analisar a figura 45, verifica-se que a energia consumida pelos aparelhos de Ar-Condicionado da zona de fabricação representa um consumo considerável, relativamente ao consumo geral.

Os consumos relativos aos equipamentos monitorizados em fevereiro de 2016 foram recolhidos entre o período de 30 de janeiro e 28 de fevereiro de 2016, inclusive, o que representa um período de 30 dias.

A figura 46 representa o diagrama de cargas relativo aos equipamentos de retificação:

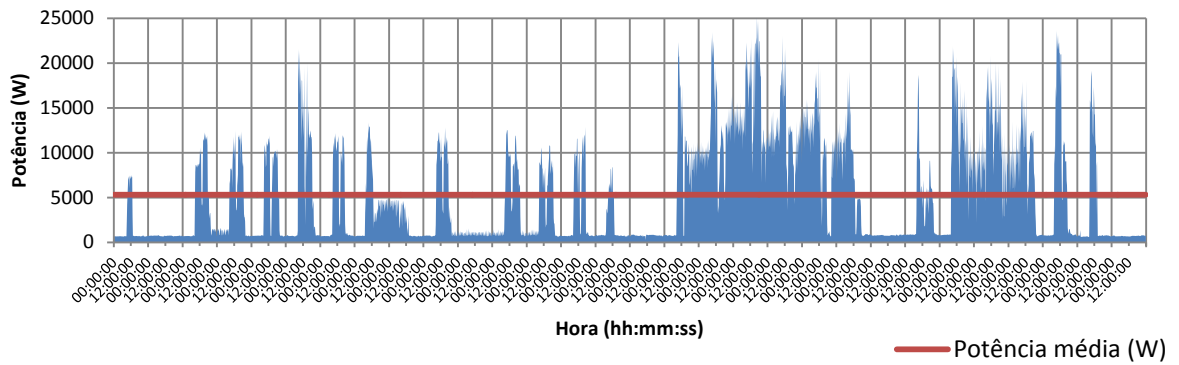


Figura 46: Diagrama de carga das retificadoras.

A figura 47 representa o diagrama de cargas relativo à iluminação da zona de fabricação:

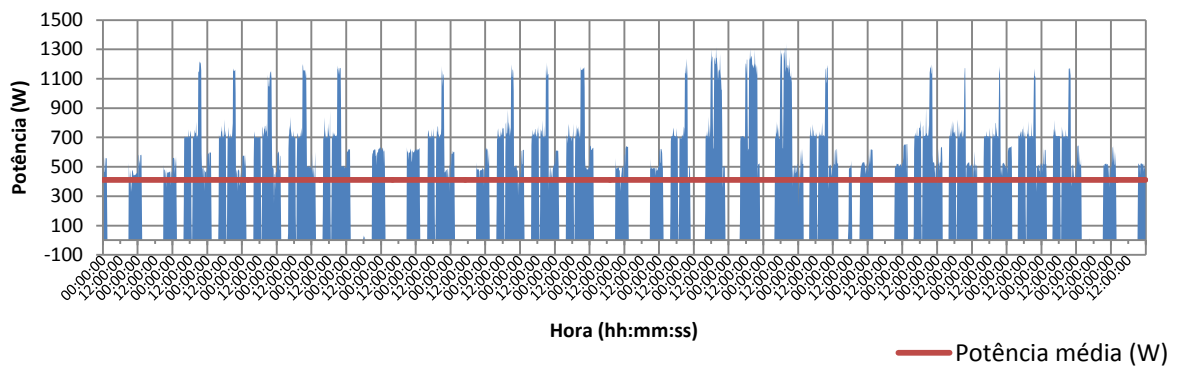


Figura 47: Diagrama de carga iluminação da zona de fabricação.

A figura 48 representa o diagrama de cargas relativo às máquinas fresadoras:

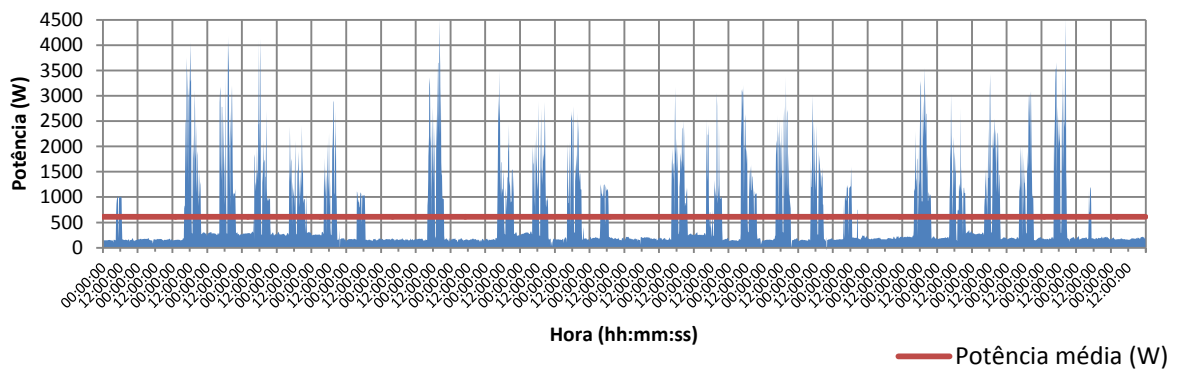


Figura 48: Diagrama de carga das máquinas fresadoras.

A figura 49 representa o diagrama de cargas relativo a uma máquina de erosão:

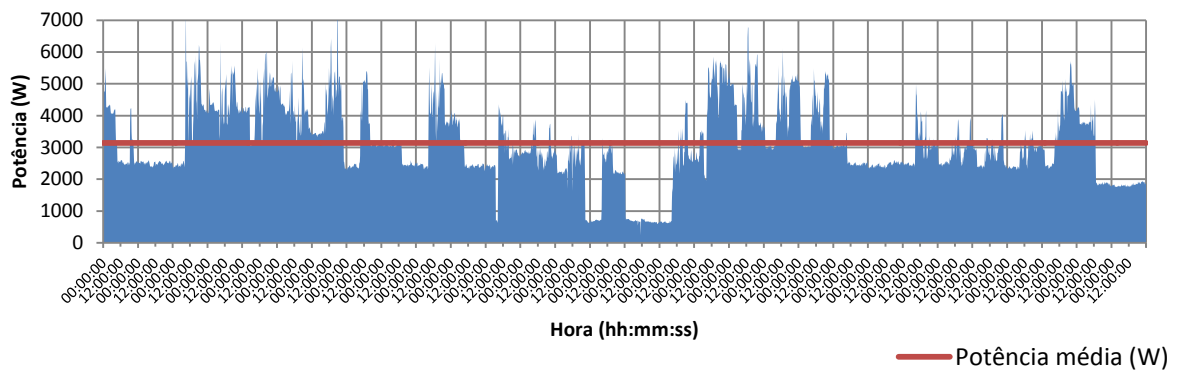


Figura 49: Diagrama de carga erosão.

A figura 50 representa o diagrama de cargas relativo aos equipamentos de maquinação:

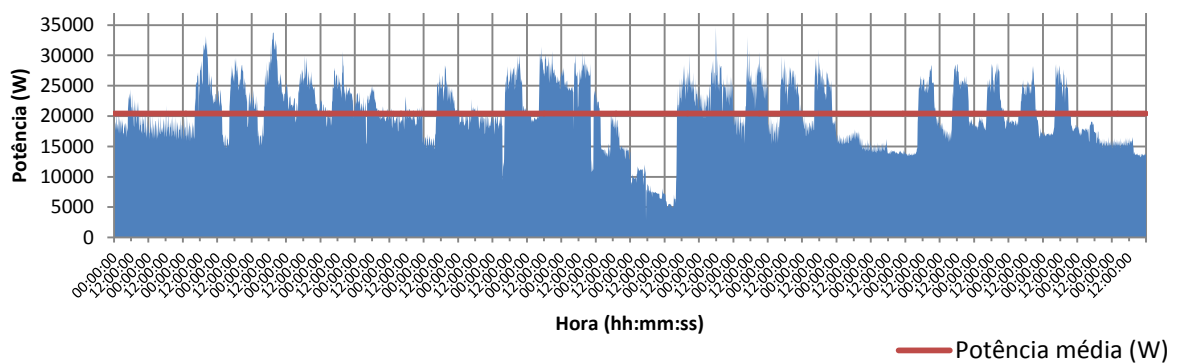


Figura 50: Diagrama de carga da maquinação.

A figura 51 representa o diagrama de cargas relativo ao compressor:

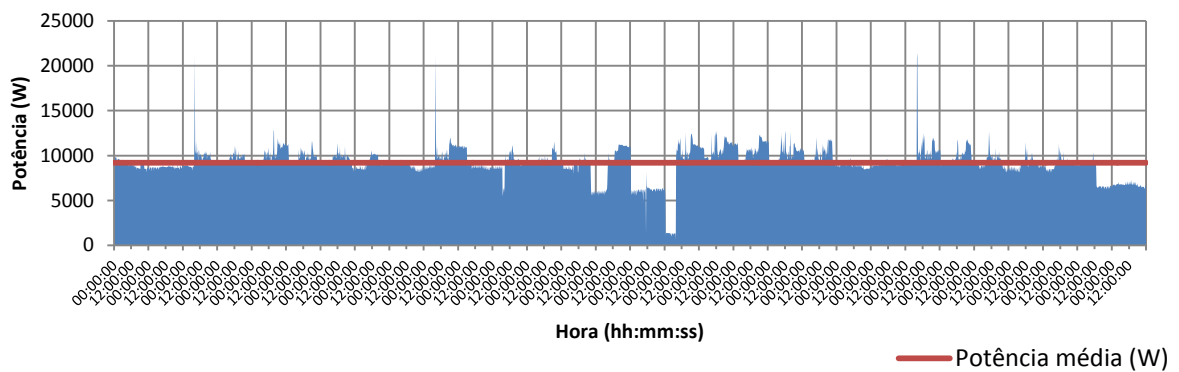


Figura 51: Diagrama de carga do compressor.

Para desagregar os consumos monitorizados em relação ao consumo geral, solicitou-se à EDP Distribuição o diagrama de carga geral para o período em análise. Isto significa que não foi necessário a instalação de um equipamento de monitorização no quadro geral da empresa para a recolha do consumo geral da mesma. A figura 52 mostra o diagrama de carga geral da instalação, durante o período em estudo:

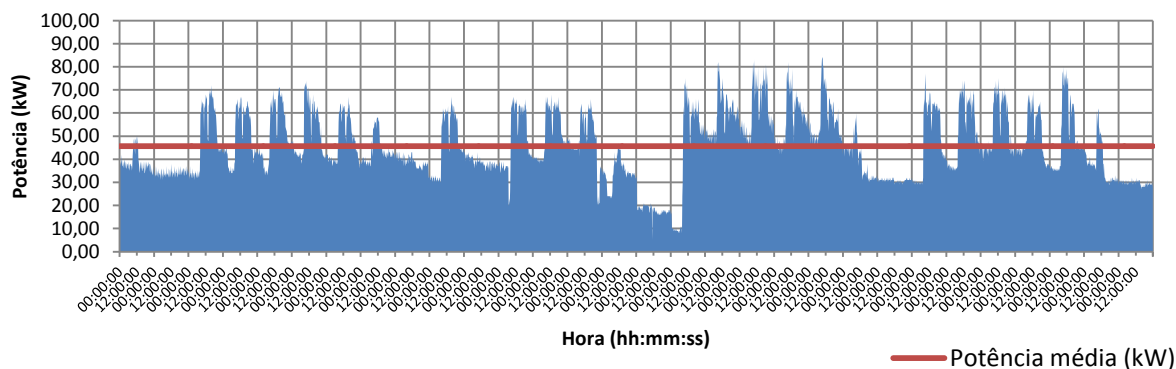


Figura 52: Diagrama de cargas consumo geral – 30/01/2016 a 28/02/2016.

Por forma a perceber qual o período horário onde ocorreu maior consumo de energia elétrica por parte dos equipamentos monitorizados, realizou-se um estudo com a combinação dos mesmos. Isto é, foi considerado o somatório de energia consumida por ambos os equipamentos. A figura 53 representa o diagrama de carga resultante da combinação dos equipamentos monitorizados.

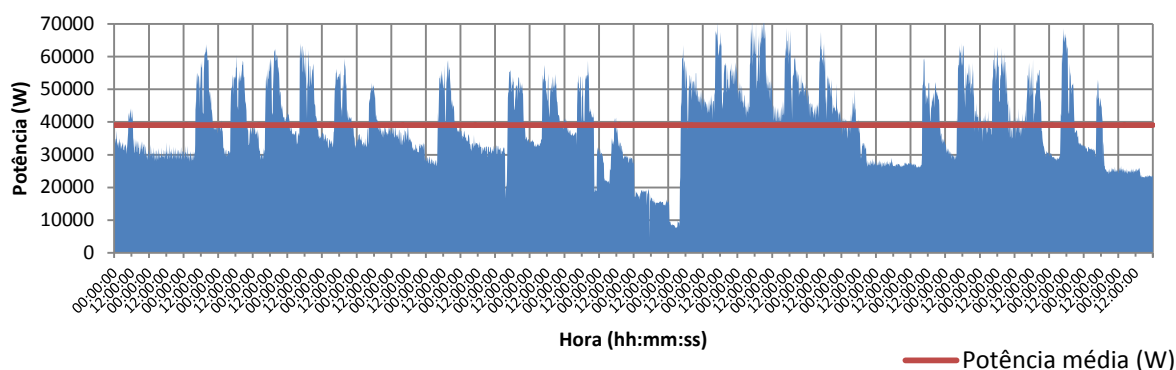


Figura 53: Diagrama de carga dos equipamentos monitorizados – fevereiro 2016.

A figura 54 representa a desagregação de consumos por períodos horários, resultante da combinação dos equipamentos monitorizados:

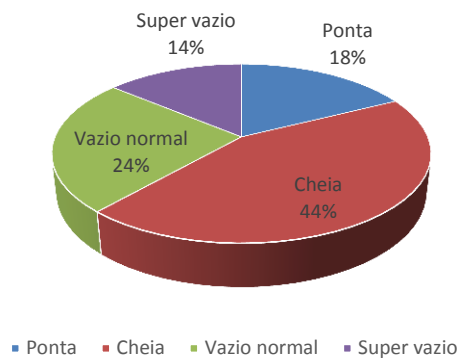


Figura 54: Desagregação de consumo por período horário.

A figura 55 representa a desagregação de consumos dos equipamentos, em relação ao consumo geral:

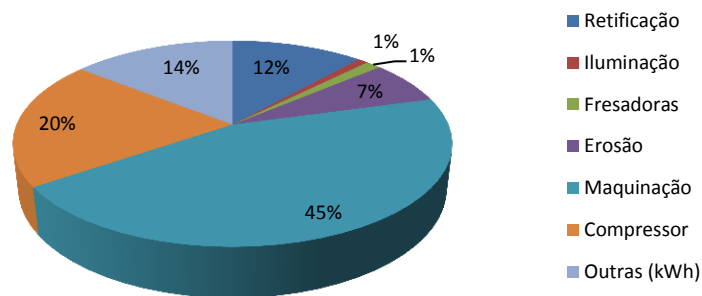


Figura 55: Desagregação de consumos.

Com estes dados foi possível monitorizar de forma mais detalhada os consumos de energia da empresa, tendo-se obtido informação desagregada de 86% do consumo total. Dentro das áreas monitorizadas, a maquinação é o processo que representa o consumo de energia mais considerável.

O compressor também é um equipamento que representa um consumo de energia significativo. Isto deve-se ao facto de durante o processo produtivo ser constantemente necessário fornecer ar comprimido a algumas máquinas.

Os sistemas de ar comprimido são dos principais consumidores de energia a nível industrial. O correto dimensionamento e manutenção deste tipo de equipamentos são de extrema importância, para que os custos com a sua exploração sejam o mais reduzidos possível [27].

Durante a realização do presente projeto, foram substituídas as lâmpadas existentes por lâmpadas LED. Por forma a perceber se houve algum melhoramento relativamente à

qualidade de iluminação, foram efetuadas medições no local. A figura 56 representa a planta das instalações e o local onde foram recolhidos os índices de iluminância:



Figura 56: Representação dos pontos de medição dos valores de iluminância.

A recolha de dados foi efetuada com o critério de que o local de medição fosse um posto efetivo de trabalho ou que fosse uma área em que algum colaborador necessitasse de estar algumas horas do dia para o desempenho das suas funções. A primeira medição foi efetuada antes da substituição das lâmpadas. A tabela 30 representa a título

exemplificativo, a comparação dos valores de iluminância anteriores e atuais para a sala de desenho:

Tabela 30: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – sala de desenho.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Sala de desenho	1	179	189	6%	750
	2	198	223	13%	
	3	220	242	10%	
	4	192	264	38%	
	5	160	205	28%	

As medições foram realizadas no período noturno, isto é, numa situação em que a luz presente era única e exclusivamente proveniente da iluminação artificial existente.

No anexo II são apresentadas as tabelas comparativas relativas aos restantes pontos.

No capítulo seguinte serão apresentadas e discutidas as propostas efetuadas de acordo com o modelo energético apresentado.

## 5. Modelo Energético Proposto

---

De seguida, apresentam-se várias ações em áreas distintas da empresa que irão conduzir a níveis de eficiência energética superiores relativamente ao existente. Paralelamente, a adoção do modelo proposto terá como consequência uma diminuição do impacto ambiental da atividade.

### 5.1. Áreas do Modelo Energético

---

Com o compromisso de dar soluções para uma empresa mais eficiente energeticamente e ambientalmente sustentável, foram abordados alguns parâmetros de acordo com a dimensão e tipo de atividade da mesma. A figura 57 resume as áreas que representam maior potencial de poupança energética e/ou económica:



Figura 57: Parâmetros de poupança energética e/ou económica.

### 5.2. Iluminação

---

A iluminação é uma característica muito importante na eficiência energética da Rectimold, uma vez que a empresa recorre a iluminação artificial mesmo durante o dia.

Por forma a perceber a poupança associada à substituição da iluminação, foram realizados alguns cálculos. As tabelas 31 e 32 representam a descrição relativa ao tipo de iluminação anterior e atual e a comparação entre consumos, respetivamente:

Tabela 31: Características iluminação anterior.

Local	Quantidade Luminárias	Lâmpadas/ Luminária	Potência lâmpada (kW)	Tipo lâmpada	Horas funcionamento/ ano	Energia consumida/ano (kWh)
Sala de Desenho	7	4	0,018	Fluorescente tubular	2500	1260
Escritório	4	4			2500	720
Sala de Exposição	3	4			500	108
Escritório Comercial	2	4			2500	360
Escritório Qualidade	2	4			2500	360
Sala de Reuniões	2	4			500	72
Controlo Dimensional	6	4			2500	1080
Gabinete	1	2			0,054	2500
Fabricação	8	1	0,25	Halogéneo	2500	5000
	5	2	0,054	Fluorescente tubular	2500	1350
Erosão	14	2			2500	3780
Planeamento	1	4	0,018	Fluorescente tubular	2500	180
CNC	6	2	0,054		2500	1620
Programação CNC	2	2			2500	540
Ferramentaria /medição	2	2			2500	540
Polimento	2	2			2500	540

Tabela 32: Características iluminação atual.

Local	Quantidade Luminárias	Lâmpadas/ Luminária	Potência lâmpada (kW)	Tipo lâmpada	Horas funcionamento/ ano	Energia consumida/ano (kWh)
Sala de Desenho	7	4	0,009	Tubo LED	2500	630
Escritório	4	4			2500	360
Sala de Exposição	3	4			500	54
Escritório Comercial	2	4			2500	180
Escritório Qualidade	2	4			2500	180
Sala de Reuniões	2	4			500	36
Controlo Dimensional	6	4			2500	540
Gabinete	1	2			0,022	2500
Fabricação	8	1	0,2	LED	2500	4000
	5	2	0,022	Tubo LED	2500	550
Erosão	14	2			2500	1540
Planeamento	1	4			2500	220
CNC	6	2			2500	660
Programação CNC	2	2			2500	220
Ferramentaria /medição	2	2			2500	220
Polimento	2	2			2500	220

Na tabela 33 é apresentada a poupança obtida com a completa substituição para iluminação economizadora:

Tabela 33: Comparação entre consumo e respetiva poupança.

Local	Custo médio energia (€/kWh)	Inicial	Atual	Poupança (€/ano)
		Custo (€/ano)	Custo (€/ano)	
Sala de Desenho	0,1048	232,40	66,02	166,38
Escritório	0,1048	75,46	37,73	37,73
Sala de Exposição	0,1048	11,32	5,66	5,66
Escritório Comercial	0,1048	37,73	18,86	18,86
Escritório Qualidade	0,1048	37,73	18,86	18,86
Sala de Reuniões	0,1048	7,55	3,77	3,77
Controlo Dimensional	0,1048	113,18	56,59	56,59
Gabinete	0,1048	28,30	11,53	16,77
Fabricação	0,1048	524,00	419,20	104,80
	0,1048	141,48	57,64	83,84
Erosão	0,1048	396,14	161,39	234,75
Planeamento	0,1048	18,86	9,43	9,43
CNC	0,1048	169,78	69,17	100,61
Programação CNC	0,1048	56,59	23,06	33,54
Ferramentaria/medição	0,1048	56,59	23,06	33,54
Polimento	0,1048	56,59	23,06	33,54
<b>Total</b>		<b>1963,70</b>	<b>1005,03</b>	<b>958,67</b>

A poupança obtida é determinada pela fórmula (3):

$$Poupança = 1 - \frac{E_i}{E_a} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

- $E_i$  – Energia consumida situação inicial/ano;
- $E_a$  – Energia consumida situação atual/ano.

Analisando os resultados obtidos, para além da qualidade de iluminação obtida, verifica-se uma poupança anual de aproximadamente 49% comparativamente à situação inicial.

A determinação da poupança relativamente ao consumo geral é obtida pela fórmula (4):

$$Poupança = \frac{E_i - E_a}{E_t} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

- $E_i$  – Energia consumida situação inicial/ano;
- $E_a$  – Energia consumida situação atual/ano;
- $E_t$  – Energia total consumida/ano.

Com a implementação desta medida, verifica-se uma poupança de aproximadamente 2% no consumo global da empresa.

Uma vez que o edifício apresenta uma área de vão envidraçado considerável, significa que o aproveitamento da luz natural também tem de ser considerado. Por esse motivo, a instalação de sensores de luminosidade nas luminárias permitiria a redução do fluxo

luminoso nas mesmas. Isto é, quando houvesse condições de luz natural suficiente, a potência das luminárias diminuiria – resultando assim numa poupança significativa no consumo energético por parte destes dispositivos.

### 5.3. Sistema de Produção Solar Fotovoltaico

---

A Rectimold S.A. tem um horário de funcionamento típico entre as 8:00h e as 18:00h, de segunda a sexta. No entanto grande maioria dos equipamentos permanecem em funcionamento depois deste horário.

A tabela 34 apresenta as principais características dos módulos fotovoltaicos utilizados para a simulação:

Tabela 34: Características módulos fotovoltaicos considerados no projeto.

<b>Marca</b>	LG
<b>Modelo</b>	LG305N1C-B3 MonoX NeON
<b>Potência (kWp)</b>	305
<b>Eficiência (%)</b>	18,63
<b>Tipo de célula</b>	Monocristalino
<b>Dimensões (mm)</b>	1640x1000x35
<b>Massa (kg)</b>	16,8

No anexo III constam de forma detalhada os dados técnicos dos mesmos.

Uma vez que a área disponível para a instalação é relativamente reduzida, optou-se por fazer uma simulação para a máxima potência possível, isto é, para a maior quantidade de módulos fotovoltaicos instalados.

A modelação tridimensional do edifício em *Google Sketchup*, permite visualizar qual a disposição e orientação que permite o maior rendimento do sistema. Uma vez que a empresa não dispõe de mais nenhuma área disponível para a colocação dos módulos fotovoltaicos, estes terão de ser instalados na cobertura. No entanto, a arquitetura do edifício limita a quantidade de módulos a instalar de forma eficiente. Dessa forma, a potência máxima a instalar fica limitada. A figura 58 representa a configuração que maximiza a produção de energia elétrica com recurso a esta tecnologia:



Figura 58: Representação da disposição dos módulos fotovoltaicos de acordo com a arquitetura do edifício.

Com esta disposição é possível instalar 55 módulos fotovoltaicos, perfazendo assim uma potência de aproximadamente 17kWp.

A simulação da energia produzida foi obtida através do *software* de simulação fotovoltaico *PVsyst*. Os resultados principais são apresentados na tabela 49:

Tabela 35: Principais resultados obtidos para a simulação de produção de energia.

	Radiação horizontal	T. média	Radiação incidente	Radiação efetiva	Energia efetiva produzida	Energia cargas	Energia fornecida pelo sistema	Energia injetada RESP	Energia consumida RESP
	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>Janeiro</b>	69	10,15	118,5	115,8	2023	44913	1982	0	42931
<b>Fevereiro</b>	81,1	11,09	117,3	114,5	1978	40869	1938	0	38931
<b>Março</b>	125,7	13,42	154,7	150,6	2573	42158	2521	0	39637
<b>Abril</b>	158,7	14,1	168,2	163,1	2780	39427	2724	0	36703
<b>Mai</b>	196,4	16,67	188,6	182,7	3065	43122	3003	0	40119
<b>Junho</b>	212,9	19,56	192,4	186	3074	41635	3009	0	38626
<b>Julho</b>	234,4	20,65	217,9	210,9	3437	48645	3366	0	45279
<b>Agosto</b>	205,8	21,13	212,3	206,1	3343	31696	3075	199,8	28621
<b>Setembro</b>	157,1	19,62	187	182,3	2978	43081	2918	0	40163
<b>Outubro</b>	108,4	17,23	149,4	145,7	2450	44197	2382	18,5	41815
<b>Novembro</b>	75,2	12,48	123,7	120,9	2072	39948	2031	0	37917
<b>Dezembro</b>	60,1	10,72	111,8	109,1	1914	33102	1876	0	31226
<b>Total</b>	1684,9	15,6	1941,7	1887,6	31686	492795	30826	218,3	461969

Para a situação de autoconsumo, a poupança associada a esta medida está na energia que é produzida na central fotovoltaica e que é paralelamente injetada na instalação. Ou seja, a poupança efetiva reside na energia que se deixa de adquirir à RESP. A fórmula (5) representa o cálculo para a poupança energética:

$$Poupança = \frac{E_p}{E_t} \times 100 \quad (5)$$

Em que:

- $E_p$  – Energia produzida/ano;

- $E_t$  – Energia total consumida/ano.

Verifica-se que o sistema solar apresentado contribui em cerca de 7% para as necessidades de energia anual da empresa. Na figura 59 é apresentada a produção fotovoltaica espectável em função da hora do dia:

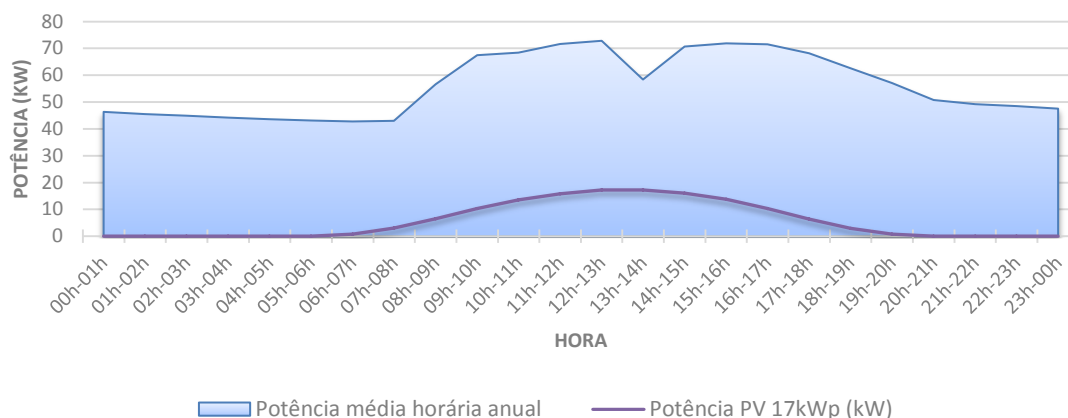


Figura 59: Sobreposição de produção de energia, com recurso a central fotovoltaica, com diagrama de cargas.

Analisando a figura 59, é possível cruzar a informação relativa ao diagrama de carga com a produção fotovoltaica. Neste caso, é garantido que existe sempre consumo para toda a energia produzida.

Na figura 60 é apresentada a energia total consumida nas instalações, desagregando a origem do consumo, isto é, consumo da RESP e consumo proveniente da produção fotovoltaica.

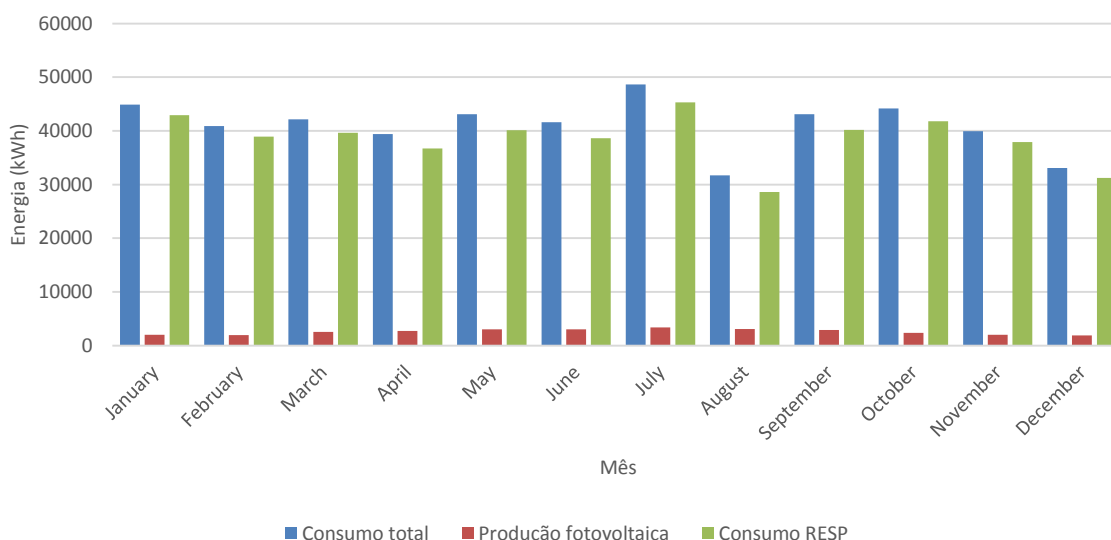


Figura 60: Comparação entre consumo total e contribuição fotovoltaica.

Para se determinar qual seria a poupança espectável com a introdução deste sistema UPAC, é necessário proceder a uma análise técnico-económica. A tabela 36 representa de forma resumida o sistema e as necessidades energéticas da instalação:

Tabela 36: Resumo de consumos, necessidades e energia produzida.

Sistema PV		Energia	
Nº módulos fotovoltaicos	55	Necessidade energia (kWh/ano)	492793,00
Potência/módulo (kW)	0,305	Energia produzida (kWh/ano)	30825,00
Potência PV (kW)	16,78	Energia fornecida RESP (kWh/ano)	461968,00
Energia produzida (kWh/ano)	31687,00	Energia injetada RESP (kWh/ano)	218,30

Na tabela 37 é apresentada a tarifa média de energia elétrica e os custos associados aos equipamentos:

Tabela 37: Informação tarifária e custo com equipamentos.

Tarifa		Custo equipamento	
Preço médio energia (€/kWh)	0,1051	Módulo (€/módulo)	302,00
Preço médio energia injetada (€/kWh)	0,05	Custo módulos (€)	16610
Aumento anual tarifário	4,00%	Inversor (€)	2276
		Total (€)	19101
		Perda eficiência módulo/ano	0,70%

Considerou--se para o custo de instalação um fator de 50% do valor dos equipamentos associados ao sistema:

Tabela 38: Custo total e poupança.

Custo instalação (€)	9550,5	Custo energia sem PV (€/ano)	51792,54
		Produção sistema fotovoltaico (€/ano)	3239,71
Investimento inicial (€)	28651,5	Diferença (€/ano)	48552,84
		Poupança (€/ano)	3250,62

Uma vez que o aumento tarifário expectável ronda os 4% por ano, significa que a poupança anual irá ser incrementada ao longo do tempo de vida útil do sistema. A tabela 39 traduz a poupança expectável e o *cashflow* para cada ano:

Tabela 39: Valores de poupança expectável.

Ano	Poupança (€)	Cashflow
0	3250,62	-25400,88
1	3354,64	-22046,24
2	3461,99	-18584,24
3	3572,77	-15011,47
4	3687,10	-11324,37
5	3805,09	-7519,28
6	3926,85	-3592,42
7	4052,51	460,09
8	4182,19	4642,28
9	4316,02	8958,31
10	4454,14	13412,44
11	4596,67	18009,11
12	4743,76	22752,88
13	4895,56	27648,44
14	5052,22	32700,66
15	5213,89	37914,55
16	5380,74	43295,29
17	5552,92	48848,21
18	5730,61	54578,82
19	5913,99	60492,81
20	6103,24	66596,05
21	6298,54	72894,60
22	6500,10	79394,69
23	6708,10	86102,80
24	6922,76	93025,56
25	7144,29	100169,84

A figura 61 representa a evolução relativa ao cash-flow:

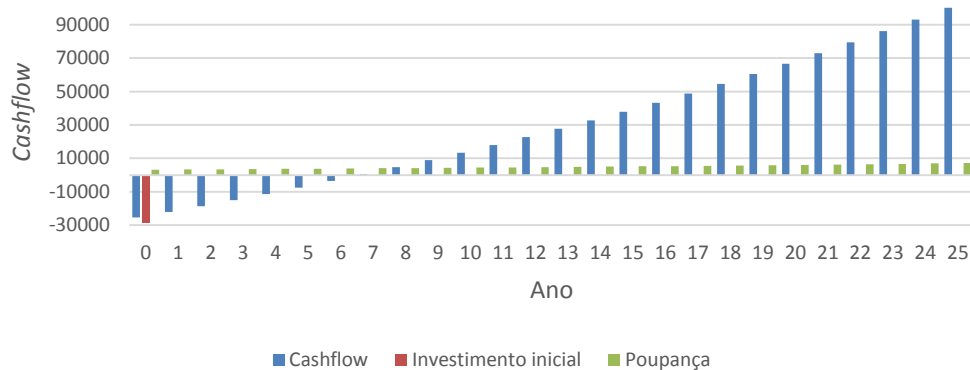


Figura 61: Evolução da poupança.

Os valores apresentados têm em consideração a perda de rendimento do módulo fotovoltaico, que, segundo o fabricante, é de 0,70% por ano. O retorno do investimento ocorre passado aproximadamente 80 meses.

Caso não existissem limitações em relação à área disponível para a colocação dos módulos fotovoltaicos, a colocação de uma central com potência superior tornaria este investimento mais interessante. Para o caso em estudo, uma central fotovoltaica com potência de 60kWp seria mais ajustada tendo em conta o perfil de consumo da mesma. Na figura 62 é apresentada a curva de potência para esta simulação:

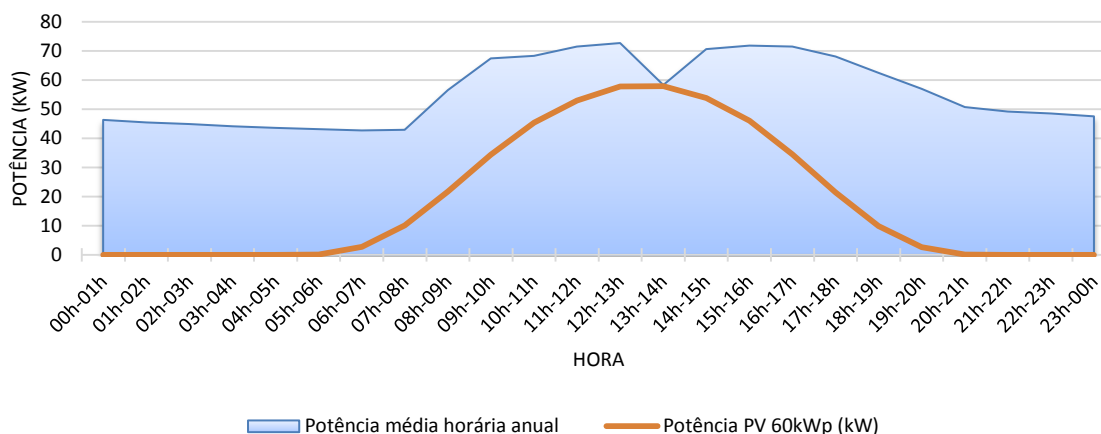


Figura 62: Representação gráfica da curva de potência para UPAC de 60kWp.

Com este cenário, a central fotovoltaica teria capacidade de fornecer aproximadamente 20% da energia necessária para a empresa.

## 5.4. Climatização

A climatização é um fator de elevada importância para este projeto. O sistema de climatização existente está obsoleto. Para responder às necessidades de climatização, a sugestão será a instalação de duas unidades de climatização do tipo “Roof top” da marca *Lennox*. O dimensionamento do sistema, assim como a seleção dos equipamentos, é da autoria de uma empresa de climatização.

Uma unidade será responsável pela climatização das zonas 1, 2, 4 e 5 e a outra será responsável pela climatização da zona 3 e 6. No entanto, será previsto um sistema *bypass* que permitirá a utilização de um só equipamento em caso de avaria e/ou manutenção em detrimento do outro. A figura 63 representa as zonas a climatizar:

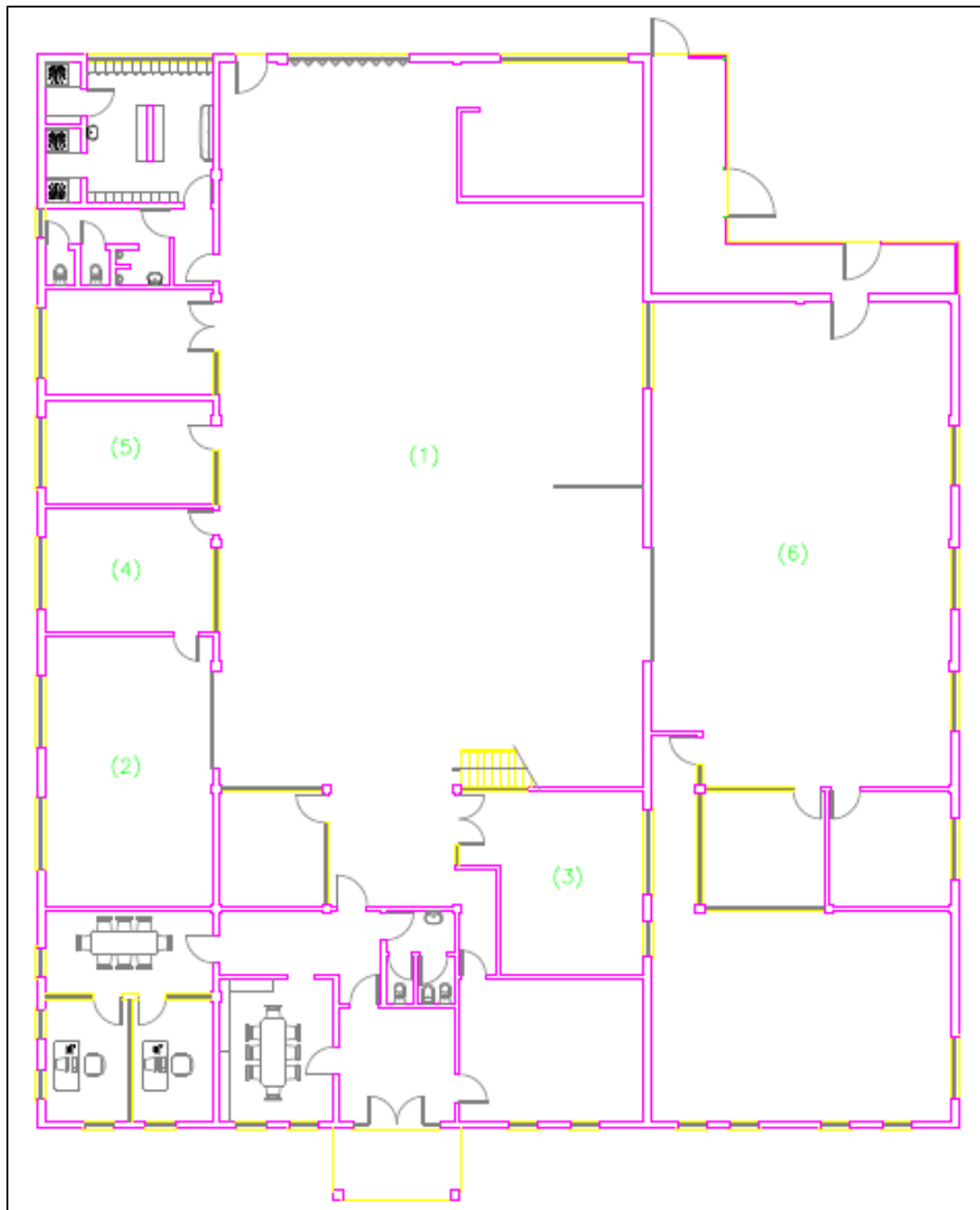


Figura 63: Planta das instalações com representação das zonas a climatizar.

Por forma a avaliar a viabilidade do investimento, recorreu-se a um estudo económico. Esta avaliação é determinada com base em dados estatísticos. No entanto, existem variáveis que necessitam de ser estimadas. A tabela 40 apresenta a informação sobre os aparelhos de climatização existentes:

Tabela 40: Características dos equipamentos climatização.

Zona	Tipo de equipamento	Quantidade equipamentos	Potência nominal/equipamento (kW)	Potência total (kW)
Fabricação (1)	Ar condicionado	5	6,00	30,00
CNC (2)	Ar condicionado	2	1,28	2,56
	Ar condicionado	1	2,55	2,55
Controlo dimensional (3)	Ar condicionado	1	2,55	2,55
Programação CNC (4)	Ar condicionado	1	1,28	1,28
Ferramentaria/medição (5)	Ar condicionado	1	1,28	1,28
Erosão (6)	Ar condicionado	2	6,00	12,00

Anteriormente, através da informação fornecida pelo *software PVsyst*, foi possível conhecer a temperatura média mensal para a região em estudo. Através desses dados, estimou-se o número de horas de funcionamento dos equipamentos de climatização. A tabela 41 resume essa informação:

Tabela 41: Horas de funcionamento dos equipamentos de climatização.

Mês	T <sub>média</sub> (°C)	Horas						Energia (kWh)
		Fabricação	CNC	Controlo dimensional	Programação CNC	Ferramentaria/medição	Erosão	
Janeiro	10,15	124,00	62,00	15,50	62,00	62,00	93,00	5351,07
Fevereiro	11,09	112,00	56,00	14,00	56,00	56,00	84,00	4833,22
Março	13,42	155,00	93,00	31,00	62,00	62,00	124,00	6851,00
Abril	14,10	124,00	93,00	31,00	93,00	93,00	155,00	6372,36
Mai	16,67	124,00	124,00	62,00	93,00	124,00	217,00	7393,50
Junho	19,56	120,00	150,00	60,00	120,00	120,00	210,00	8082,32
Julho	20,65	124,00	155,00	93,00	124,00	155,00	248,00	6609,82
Agosto	21,13	124,00	124,00	62,00	93,00	93,00	155,00	6609,82
Setembro	19,62	120,00	120,00	60,00	90,00	120,00	210,00	7155,00
Outubro	17,23	124,00	93,00	31,00	62,00	93,00	155,00	1168,45
Novembro	12,48	120,00	60,00	15,00	60,00	60,00	120,00	910,89
Dezembro	10,72	124,00	62,00	15,50	62,00	62,00	93,00	876,34

A temperatura exterior influencia a temperatura no interior das instalações. No entanto, durante todo o ano existe necessidade de retirar calor. Este facto está associado ao processo produtivo dos moldes, cuja fabricação envolve fases onde ocorre uma enorme libertação de calor.

Para determinar a poupança energética associada à utilização da tecnologia *free cooling*, verificou-se a quantidade de horas em que a temperatura ambiente exterior é igual ou inferior a 15°C, [31]. Dessa forma, apenas o ventilador do novo sistema de climatização proposto será responsável pelo consumo energético. A tabela 42 resume a informação referente às horas previstas de funcionamento do compressor do sistema de climatização proposto:

Tabela 42: Previsão de horas de funcionamento do sistema de climatização proposto.

Mês	Horas T ≤15°C	Lennox ZHA120S4B			Lennox KHA240S4B		
		Horas funcionamento	Horas free cooling	Horas compressor	Horas funcionamento	Horas free cooling	Horas compressor
Janeiro	744	54,25	54,25	0,00	77,50	77,50	0,00
Fevereiro	672	49,00	49,00	0,00	70,00	70,00	0,00
Março	589	77,50	61,35	16,15	93,00	73,63	19,38
Abril	540	93,00	69,75	23,25	100,75	75,56	25,19
Mai	527	139,50	98,81	40,69	116,25	82,34	33,91
Junho	180	135,00	33,75	101,25	127,50	31,88	95,63
Julho	155	170,50	35,52	134,98	139,50	29,06	110,44
Agosto	124	108,50	18,08	90,42	108,50	18,08	90,42
Setembro	180	135,00	33,75	101,25	112,50	28,13	84,38
Outubro	589	93,00	73,63	19,38	93,00	73,63	19,38
Novembro	720	67,50	67,50	0,00	75,00	75,00	0,00
Dezembro	744	54,25	54,25	0,00	77,50	77,50	0,00

Através da ficha técnica do fabricante (Anexo IV), foi obtida a informação referente à potência do compressor e do ventilador dos equipamentos de climatização propostos. Com essa informação, procedeu-se ao cálculo de energia consumida. A tabela 43 traduz a informação referente a este parâmetro:

Tabela 43: Energia consumida sistema de climatização proposto.

Mês	Lennox ZHA120S4B			Lennox KHA240S4B			Energia total equipamentos (kWh)
	Energia free cooling (kWh)	Energia compressor (kWh)	Total (kWh)	Energia free cooling (kWh)	Energia compressor (kWh)	Total (kWh)	
Janeiro	119,35	0,00	119,35	286,75	0,00	286,75	406,10
Fevereiro	107,80	0,00	107,80	259,00	0,00	259,00	366,80
Março	134,98	187,29	322,27	272,41	410,75	683,16	1005,43
Abril	153,45	269,70	423,15	279,58	533,98	813,56	1236,71
Mai	217,39	471,98	689,36	304,67	718,81	1023,48	1712,85
Junho	74,25	1174,50	1248,75	117,94	2027,25	2145,19	3393,94
Julho	78,15	1565,76	1643,90	107,53	2341,28	2448,81	4092,71
Agosto	39,78	1048,83	1088,62	66,91	1916,83	1983,74	3072,36
Setembro	74,25	1174,50	1248,75	104,06	1788,75	1892,81	3141,56
Outubro	161,98	224,75	386,73	272,41	410,75	683,16	1069,89
Novembro	148,50	0,00	148,50	277,50	0,00	277,50	426,00
Dezembro	119,35	0,00	119,35	286,75	0,00	286,75	406,10

Analisando o consumo energético, verifica-se uma poupança significativa relativamente ao atual sistema de climatização. A tabela 44 representa a poupança expectável para cada mês do ano:

Tabela 44: Poupança mensal expectável para o sistema de climatização sugerido.

Mês	Poupança (%)
Janeiro	92,41
Fevereiro	92,41
Março	85,32
Abril	80,59
Maio	76,83
Junho	53,80
Julho	49,36
Agosto	53,52
Setembro	56,09
Outubro	83,11
Novembro	92,31
Dezembro	92,41

A tabela 45 representa o *payback* simples para o investimento.

Tabela 45: *Payback* simples para o investimento do sistema de climatização sugerido.

Poupança/ano (€)	Investimento (€)	Payback (anos)	Payback (meses)
5978,80	69382,38	11,60	139

A poupança em termos energéticos é determinada pela fórmula (6):

$$Poupança = 1 - \frac{E_a}{E_p} \times 100 \quad (6)$$

Em que:

- $E_a$  – Energia consumida situação atual/ano;
- $E_p$  – Energia consumida situação proposta/ano.

Analisando os resultados obtidos, verifica-se uma poupança anual de aproximadamente 74% em relação aos equipamentos existentes.

A determinação da poupança relativamente ao consumo geral é obtida pela fórmula (7):

$$Poupança = \frac{E_a - E_p}{E_t} \times 100 \quad (7)$$

Em que:

- $E_a$  – Energia consumida situação atual/ano;
- $E_p$  – Energia consumida situação proposta/ano;
- $E_t$  – Energia total consumida/ano.

Com a implementação desta medida, verifica-se uma poupança de aproximadamente 11,5% no consumo global.

O *payback* relativamente elevado para a solução apresentada pode ser uma desvantagem. No entanto é importante salientar o facto de que para os cálculos foi considerado o

consumo nominal dos equipamentos e uma vez que estes dispõem de variadores eletrónicos de velocidade para o seu controlo significa que na realidade o consumo será inferior ao estimado. Isto é, este fator poderá traduzir-se num *payback* mais baixo para o investimento apresentado.

Uma alternativa para este sistema seria a instalação de um ou vários ventiladores individuais em série com sensores de temperatura e humidade no interior e exterior do espaço a climatizar. Através desta solução seria possível ventilar e arrefecer o espaço utilizando o princípio de *free cooling* sem recorrer a um investimento tão elevado.

## 5.5. Implementação de Sistema de Gestão de Energia

---

Um Sistema de Gestão de Energia (SGE) é uma ferramenta de eficiência energética aplicável na indústria, serviços ou qualquer tipo de organização, independentemente da sua dimensão. A norma ISO 50001 serve de referencial para a implementação de um SGE, capaz de atingir melhorias no desempenho energético. Isto é, a norma ISO 50001 tem como objetivo definir os requisitos para um SGE que permita às organizações estabelecer os sistemas e processos necessários, com o objetivo final de melhorar o seu desempenho energético, incluindo a utilização, consumo e eficiência energética. A implementação de um SGE permite a redução de custos associados à fatura energética [32].

A norma ISO 50001 é baseada em elementos comuns com outras normas, tais como a ISO 9001 e a ISO 14001. Desta forma é possível proceder-se à integração e consolidação dos vários sistemas de gestão com o SGE, o que facilita a implementação deste e potencia ganhos de eficiência na organização, com ganhos em termos de recursos humanos, tempo e recursos financeiros envolvidos. À semelhança destas, a norma ISO 50001 assenta sobre uma política de melhoria contínua através da metodologia PDCA – *Plan, Do, Check, Act*. [33].

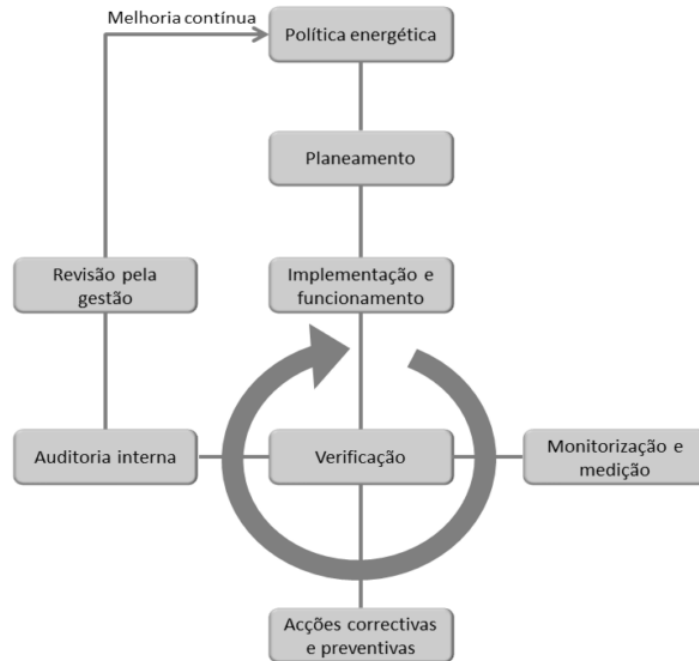


Figura 64: Esquema metodologia PDCA de acordo com a norma ISO 50001 [33].

Os passos individuais baseados na metodologia de melhoria contínua PDCA aplicados a um SGE podem ser descritos da seguinte forma [34]:

1. *Plan* (planear): definir metas de economia de energia, determinando a estratégia e identificando medidas e responsabilidades, fornecendo os recursos necessários para a preparação do plano de ação;
2. *Do* (executar): estabelecer estruturas de gestão para a implementação e manutenção de medidas de melhoria, com o objetivo de aumentar o desempenho energético – alteração de procedimentos, aquisição de equipamentos mais eficientes, por exemplo;
3. *Check* (verificar): monitorizar e medir os processos e produtos, as características chave das operações que determinam o desempenho energético face à política energética implementada e aos objetivos e metas;
4. *Act* (atuar): empreender ações que visem melhorar continuamente o desempenho do SGE face aos resultados atingidos

O nível de detalhe e de complexidade para a implementação de um SGE depende do tipo de organização. No entanto, esta é uma estratégia que pode ser muito útil na procura e na melhoria contínua de processos, tornando assim as empresas e organizações mais energeticamente eficientes.

## 5.6. Tarifa Variável

Em Portugal, desde julho de 2007 que todos os consumidores podem optar pela compra de energia elétrica no mercado liberalizado. Esta liberalização do setor energético deveria ter conduzido a uma redução da tarifa de venda de eletricidade. Esperava-se assim que a concorrência entre comercializadoras de energia originasse ofertas interessantes para atrair novos clientes. No entanto, ao longo dos últimos anos não tem sido esse o cenário verificado.

A tarifa variável de energia elétrica surge assim como um novo conceito de venda de energia, onde os clientes podem comprar energia ao preço de venda no mercado grossista e negociar diretamente o preço da comercialização. Isto significa que através da tarifa variável, os clientes estarão a pagar o preço real de energia elétrica no mercado grossista, 24 horas por dia. Só desta forma os consumidores conseguem reduzir as tarifas. A figura 65 representa a evolução do preço de energia elétrica para o ano 2015:

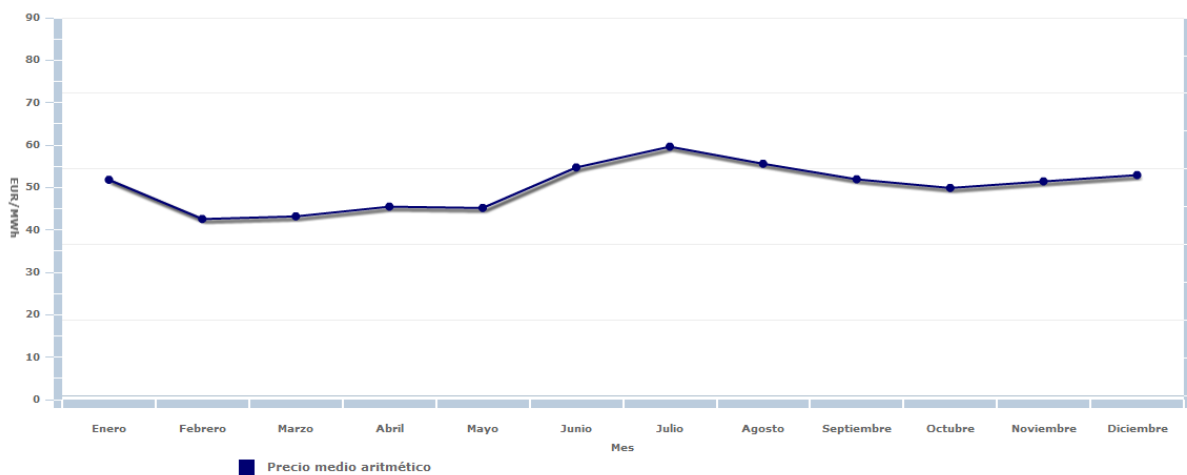


Figura 65 – Evolução preço médio energia elétrica em Portugal – ano 2015 [35]:

As tarifas variáveis apenas contabilizam o custo diário de energia elétrica no mercado grossista, mais uma pequena margem para o comercializador. Por isso chama-se preço real da energia de consumo. No preço variável, o cliente paga pela energia consumida o preço indexado à cotação do mercado diário de energia elétrica estabelecido hora a hora no mercado diário – OMIE.

Por forma a perceber o potencial de poupança proporcionado pela tarifa variável, realizou-se a simulação para o ano 2014, tendo em consideração os consumos registados e as tarifas praticadas pelo comercializador durante o período em análise. As figuras seguintes representam a evolução da tarifa variável para o ano 2014, correspondente a cada período horário:

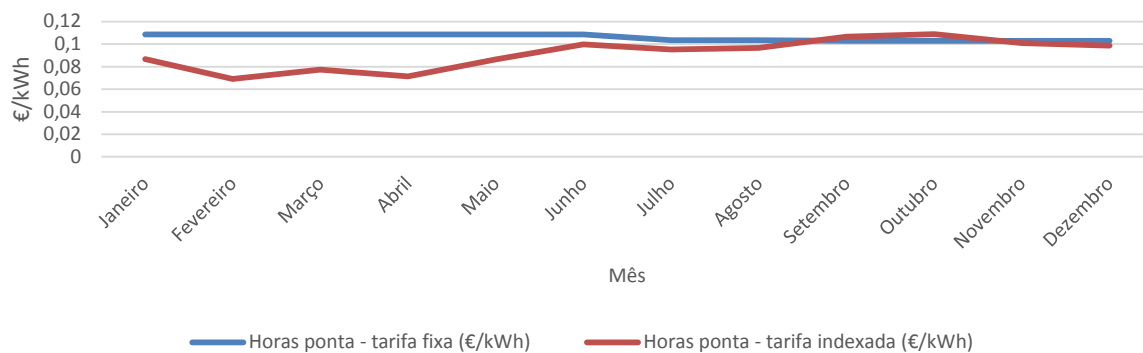


Figura 66: Evolução tarifa variável: horas ponta – 2014.

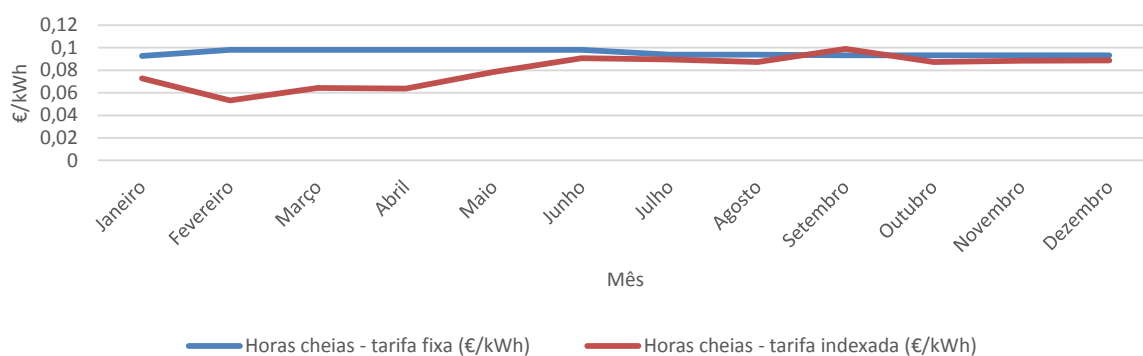


Figura 67: Evolução tarifa variável: horas cheias – 2014.

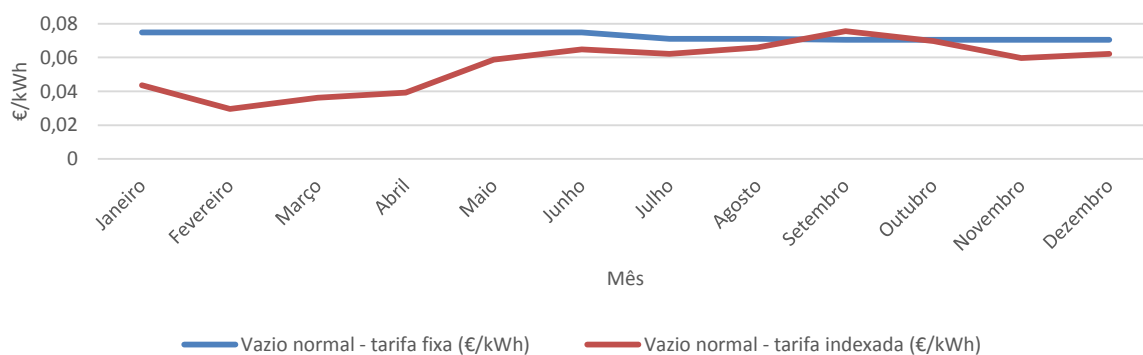


Figura 68: Evolução tarifa variável: horas vazio normal – 2014.

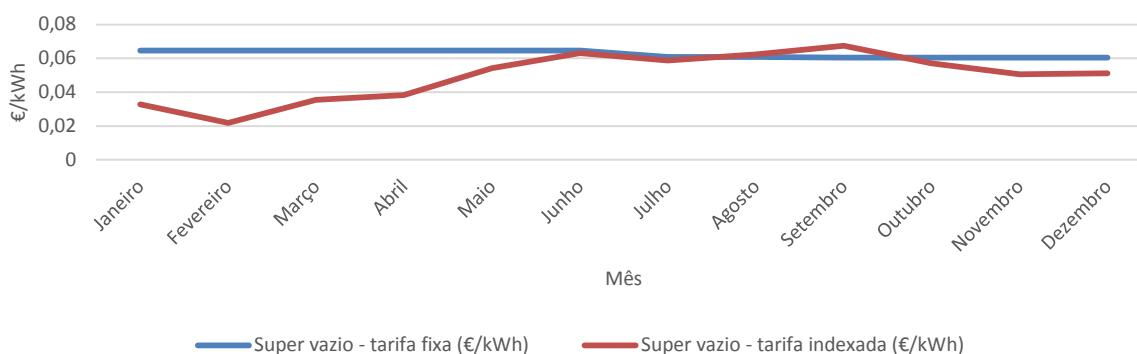


Figura 69: Evolução tarifa variável: horas super vazio – 2014.

Analisando os gráficos, verifica-se um aumento da tarifa variável nos meses de verão para todos os períodos horários. No entanto, é necessário calcular qual das situações é mais vantajosa. Os resultados obtidos através da simulação são apresentados na tabela 46:

Tabela 46: Comparação entre tarifa fixa e tarifa variável de venda de energia – 2014.

	Horas ponta	Horas cheias	Horas vazio normal	Horas super vazio	Total
<b>Custo tarifa fixa (€)</b>	7366,40	22168,23	7644,54	3666,69	40845,85
<b>Custo tarifa variável (€)</b>	6317,15	18967,13	5946,05	2937,18	34167,51
				<b>Poupança</b>	<b>16,35%</b>

Comparativamente à tarifa fixa, a tarifa variável teria proporcionado uma poupança de aproximadamente 16% no ano de 2014. No anexo V são apresentadas as tarifas indexadas ao longo do ano, para os diferentes períodos horários.

À semelhança da simulação realizada para o ano de 2014, por forma a perceber o potencial de poupança proporcionado pela tarifa variável realizou-se a simulação para o ano 2015, tendo em consideração os consumos registados e as tarifas praticadas pelo comercializador durante o período em análise. As figuras seguintes representam a evolução da tarifa variável para o ano 2015, correspondente a cada período horário:

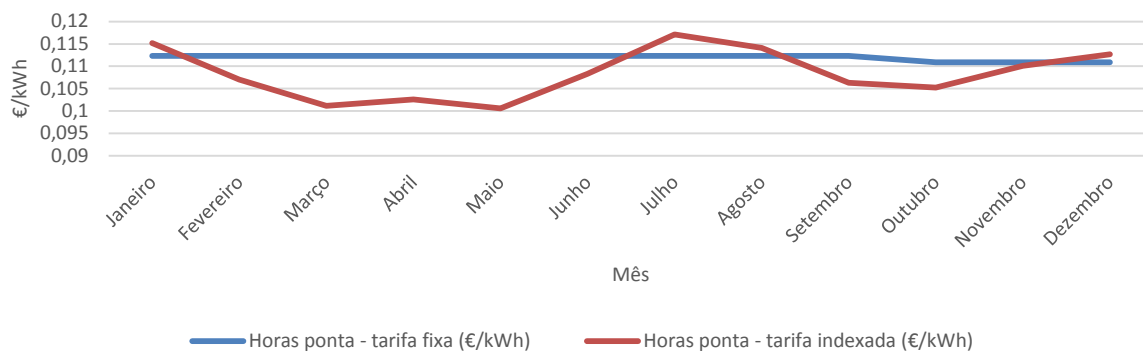


Figura 70: Evolução tarifa variável: horas ponta – 2015.

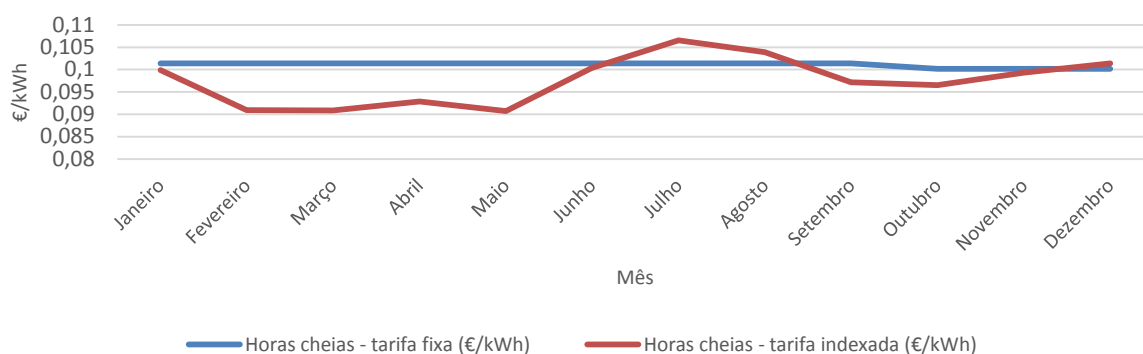


Figura 71: Evolução tarifa variável: horas cheias – 2015.

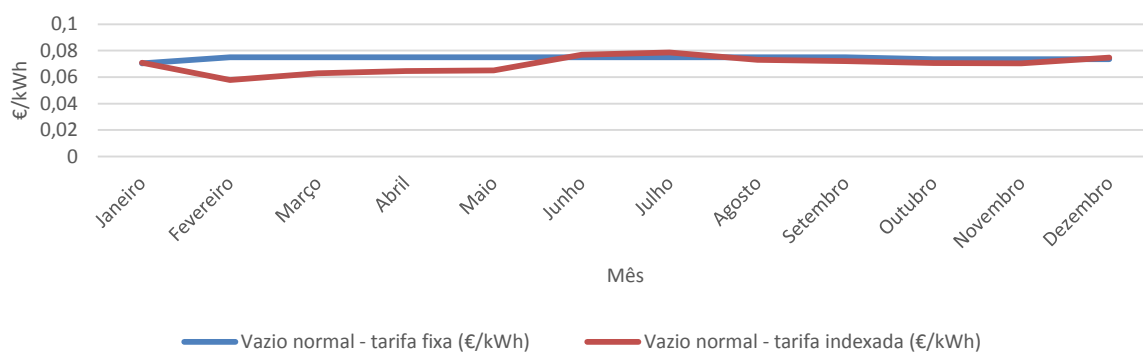


Figura 72: Evolução tarifa variável: horas vazio normal – 2015.

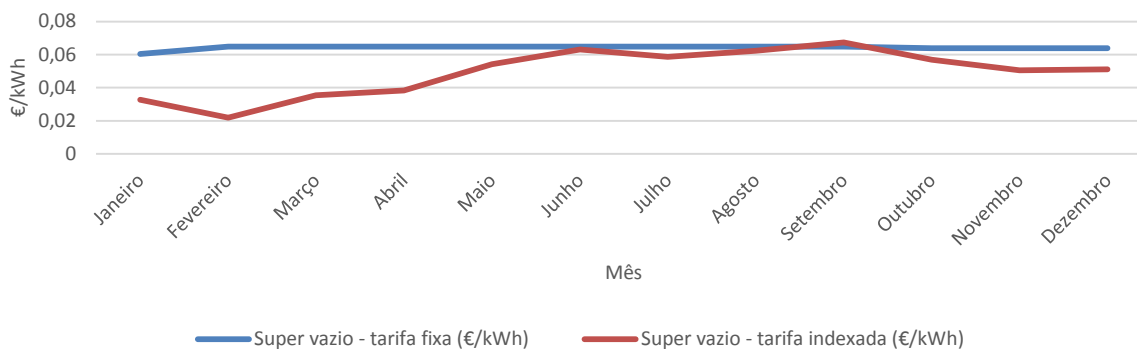


Figura 73: Evolução tarifa variável: horas super vazio – 2015.

Analisando os gráficos, verifica-se um aumento da tarifa variável nos meses de verão, para todos os períodos horários. No entanto, é necessário calcular qual das situações é mais vantajosa. Os resultados obtidos através da simulação são apresentados na tabela 61.

Tabela 47: Comparação tarifa fixa e tarifa indexada de venda de energia – 2015.

	Horas ponta	Horas cheias	Horas vazio normal	Horas super vazio	Total
<b>Custo tarifa fixa (€)</b>	8078,29	24927,67	8641,77	4143,53	45791,26
<b>Custo tarifa variável (€)</b>	7819,37	24027,76	8099,08	4064,44	44010,64
				<b>Poupança</b>	<b>3,89%</b>

Comparativamente à tarifa fixa, a tarifa variável teria proporcionado uma poupança de aproximadamente 4% no ano de 2015. No anexo V são apresentadas as tarifas variáveis ao longo do ano, para os diferentes períodos horários.

Ao longo dos anos, a tarifa variável tem-se perfilado como a forma mais simples de otimização da fatura elétrica. O cliente tem como vantagem assegurar o preço para determinados volumes de energia nas alturas em que este está a preços mais reduzidos.

No capítulo seguinte serão apresentadas as conclusões, seguido de um grupo de anexos e um glossário com as definições de alguns termos referidos ao longo do presente relatório.

## 6. Conclusões

---

O interesse na questão de consumo de energia tem crescido em todos os setores da indústria. Isto deve-se não só aos impactos imediatos nos custos de produção, mas também devido ao seu considerável impacto na sustentabilidade ambiental.

Os desafios a nível europeu também são rigorosos e constantes, para que sejam constantemente introduzidas medidas para a redução de consumos energéticos, avançando assim para um mercado integrado e sustentável.

Através da análise da faturação de energia elétrica, verificou-se que a Rectimold tem um consumo de energia elétrica equivalente a aproximadamente 103tep, concluindo-se então que a empresa não está abrangida pelo âmbito do SGCIE. No entanto, a realização de uma auditoria energética de forma espontânea, regular e periódica, permitirá obter informação detalhada sobre os consumos energéticos da empresa, para além da vantagem da isenção do ISP durante um período de 8 anos. Isto irá proporcionar uma otimização de recursos, uma vez que qualquer desperdício de energia é imediatamente detetado. Resumindo, a auditoria energética é o primeiro passo em direção a uma estratégia abrangente de gestão energética.

Uma vez que a Rectimold já possui certificação a nível de ambiente e de qualidade – normas ISO 14001 e ISO 9001, respetivamente – a introdução de um SGE através da norma ISO 50001 seria mais facilitada. Isto deve-se ao facto desta norma ter elementos em comum com as normas já anteriormente implementadas. Resumindo, este pode ser um forte argumento para a integração e consolidação dos vários sistemas de gestão.

A liberalização do mercado de venda de energia veio permitir que as empresas comercializadoras disputem entre si a conquista de novos clientes. A nível de contratualização de energia também existem alguns aspetos a explorar. Neste nível de tensão a negociação de contrato de energia torna-se “obrigatório”, caso contrário este renovar-se-á automaticamente e o cliente fica sujeito às tarifas aplicadas pelo comercializador.

A tarifa variável é um conceito de venda de energia relativamente recente, onde o cliente paga a tarifa indexada ao preço de venda no mercado grossista de venda de energia. Isto é, através da tarifa variável os clientes estarão a pagar o preço real de energia.

Comparativamente às tarifas fixas analisadas, a tarifa variável apresenta uma poupança significativa – 16% para o ano 2014 e 4% para o ano 2015. Apesar de este conceito ser o que apresenta maior poupança, a grande desvantagem reside no facto dos clientes estarem sujeitos à variação do preço de venda de energia. Por este motivo, é essencial explorar o que o mercado tem para oferecer e optar pela tarifa mais vantajosa economicamente.

A instalação de uma central fotovoltaica para produção de energia para autoconsumo também seria um investimento interessante. O facto deste sistema de produção poder

suprimir as necessidades energéticas da instalação durante o dia, onde a tarifa é mais penalizadora, torna-se um forte argumento para a sua instalação.

No entanto, através da modelação tridimensional do edifício, concluiu-se que a área útil para a instalação dos módulos fotovoltaicos de forma eficiente não é suficiente para responder às necessidades energéticas, permitindo apenas a instalação de uma central de 17kWp. Com a disposição e com a quantidade de módulos fotovoltaicos sugerida, a produção de energia seria responsável por cerca de 7% das necessidades anuais. No entanto, caso não existisse limitação relativamente à área disponível para a colocação dos módulos fotovoltaicos, a instalação de uma central com 60kWp seria mais ajustada tendo em conta o diagrama de carga da empresa. Deste modo, a produção de energia seria aproximadamente 20% do consumo total.

A climatização tornou-se no aspeto mais desafiante deste trabalho. De facto, os equipamentos utilizados são pouco eficientes, logo esta é uma área que necessita de ser otimizada. A necessidade de manter a temperatura controlada é fundamental para o processo produtivo de moldes de alta precisão. O conceito de *free cooling* é uma excelente opção tendo em conta os objetivos finais. A destacar está a elevada eficiência deste sistema face a um sistema tradicional de ar condicionado *split*. A instalação de duas unidades do tipo *roof top* com sistema *free cooling* revelou-se uma opção vantajosa, uma vez que existe necessidade de retirar calor durante todo o ano da zona de produção, mesmo nos meses de inverno. Este permite climatizar o espaço sem que seja necessário o equipamento realizar o ciclo de compressão. Isto é, sempre que as condições de temperatura e humidade exteriores forem favoráveis, apenas existe consumo elétrico por parte dos ventiladores de insuflação/extração.

A instalação de um sistema de climatização deste tipo irá proporcionar poupanças a nível de consumo energético de cerca de 74% face ao atual sistema. De todas as medidas de eficiência expostas, esta é a que apresenta um investimento inicial mais elevado, prevendo-se um retorno do investimento passados cerca de 11 anos.

Durante a realização do projeto, a administração da empresa tomou a iniciativa de substituir toda a iluminação por lâmpadas mais eficientes, nomeadamente lâmpadas LED. Houve ainda oportunidade de realizar medições de iluminância nos variados locais de trabalho antes da sua substituição. Isto permitiu obter os valores médios anteriores e comparar com a atual iluminação.

Notou-se uma melhoria na qualidade de iluminação, tendo sido confirmada com as medições efetuadas. O local onde se verificou um melhor desempenho foi na zona de fabricação, tendo-se obtido uma melhoria de cerca de 87% em relação à iluminação inicial. Nos outros locais, em média, a melhoria ronda os 20%. Apesar da otimização na iluminação, os valores medidos não são os recomendados pela norma *EN 12464-1*.

A poupança associada à introdução de lâmpadas eficientes é bastante evidente, apresentando uma redução de cerca de 50% do consumo energético inicial. A introdução

de outras tecnologias, tais como sensores de movimento e/ou sensores de luminância, também seriam opções a ter em consideração.

Por fim, todas as sugestões apresentadas poderão levar a uma diminuição na fatura energética – através de medidas de redução e racionalização de consumo e medidas de redução de custos. A poupança expectável em relação à implementação de todas as medidas de eficiência energética sugeridas é de cerca de 35%. A sensibilização de todos os colaboradores para este tema poderá ainda ter algum impacto no consumo de energia da empresa.

Para além da gestão do consumo de energia, o investimento tecnológico tem um papel bastante importante no desenvolvimento e na competitividade das empresas. Existem muitas medidas de eficiência energética que podem ser aplicadas. Atingir uma maior eficiência energética em conjugação com a gestão das necessidades é o caminho para que se atinjam menores consumos de energia e, conseqüentemente, uma poupança significativa na fatura da electricidade. As empresas devem assim retirar a ideia negativa que possa estar associada a um investimento deste tipo e pensar a longo prazo, focando-se no retorno que a implementação de medidas de eficiência energética lhes trará.

A partir da realização deste estudo, a revelação do seu potencial de poupança energética poderá ser replicada em empresas deste setor industrial.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Bibliografia

---

- [1] A. Santos, *Eficiência Energética: Teoria & Prática*. 2007.
- [2] CEFAMOL, «A Indústria Portuguesa de Moldes», pp. 2–8, 2015.
- [3] DGEG, «Energia em Portugal - Principais Números», 2016.
- [4] Direção Geral de Energia e Geologia, «Plano de Acção para as Energias Renováveis ao abrigo da Diretiva 2009/28/CE», vol. 7, n. 1. pp. 32–38, 2013.
- [5] *Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009*. 2009.
- [6] F. Cardoso, «ENE 2020: Recuperar a economia via renováveis», *Eficiência Energ.*, 2012.
- [7] C. Vieira, N. Ferraz, e J. Alves, «Casos de utilização de energias renováveis», pp. 45–49, 2010.
- [8] R. Heller, Y. Deng, e P. van Breevoort, «Renewable energy: a 2030 scenario for the EU», *Ecofys*, n. 1, pp. 1–5, 2013.
- [9] NREL, «National Renewable Energy Laboratory (NREL)», 2015. Disponível em: <http://www.nrel.gov/>. [Acedido: 12-Nov-2015].
- [10] «A Panasonic desenvolveu o painel solar fotovoltaico mais eficiente de sempre», 2015. Disponível em: <http://www.portal-energia.com/a-panasonic-desenvolveu-o-painel-solar-mais-eficiente-de-sempre-com-uma-conversao-de-22-5-da-luz-solar/>. [Acedido: 14-Dez-2015].
- [11] «Future Solar Panels Will Generate Energy From Raindrops», 2016. Disponível em: <http://sciencenewsjournal.com/future-solar-panels-will-generate-energy-raindrops/>. [Acedido: 12-Abr-2016].
- [12] *Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de outubro*. 2014, pp. 5298–5311.
- [13] «Energia Fotovoltaica - manual sobre tecnologias, projecto e instalação - IST», 2014, n. 1.
- [14] *Portaria n.º 14/2015 de 23 de janeiro*. 2015, pp. 524–531.
- [15] A. Taylor, J. Bailey, e J. Gross, «Illumination Fundamentals», pp. 1–48, 2013.
- [16] J. Vieira, «Fundamentos da Colorimetria», pp. 19–58, 2011.
- [17] J. Mota, «Candeeiros Solares - Revisão Tecnológica e Estudo de Caso», 2012.
- [18] *Light and lighting - Lighting of work places*. Brussels, 2002.
- [19] *Lighting of Indoor Work Places*, vol. 2002. 2002, pp. 1–19.
- [20] «Siteco Compact High Bay LED», 2015.
- [21] L. Tilman, «Lighting technologies», *Guideb. Energy Effic. Electr. Light. Build.*, pp. 91–136, 2010.
- [22] Green Seal, «Compact fluorescent lighting», n. December, pp. 1–2, 2012.
- [23] Y. Fei, «Thermal expansion», *Rock Phys. Phase Relations*, pp. 29–44, 1995.

- [24] J. Miguel, «Análise e Parametrização de Estratégias Free-Cooling num Edifício», 2012.
- [25] «Thermodynamics of the Refrigeration Cycle», *Gunt Hambg.*, 2013.
- [26] «Free Cooling Technology», *ICS Temp. Control*, 2014.
- [27] C. Gaspar, «Eficiencia Energetica na Industria», *ADENE*, p. 89, 2004.
- [28] M. Cossio, L. Giesen, e G. Araya, «Guia para a Otimização da Água e da eficiência Energética», vol. XXXIII, n. 2, pp. 81–87, 2012.
- [29] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, «Ciclo Horário», pp. 1–8, 2009.
- [30] ABB, *Power factor correction and harmonic filtering in electrical plants Power factor correction and harmonic filtering in electrical plants*, n. July. 2008.
- [31] «Weather Forecast & Reports - Long Range & Local | Wunderground | Weather Underground», 2016. Disponível em: <https://www.wunderground.com/>. [Acedido: 15-Mai-2016].
- [32] W. Kahlenborn, S. Kabisch, J. Klein, I. Richter, e S. Schürmann, «Energy Management - Systems in Practice: 50001 A guide for Companies and Organisations», p. 115, 2012.
- [33] P. Branco, «ISO 50001: A norma de referência mundial para a Eficiência Energética», 2015.
- [34] «Sistema de Gestão Energética - Guia Prático», 2014.
- [35] «ResultadosMercado», 2016. Disponível em: <http://www.omie.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>. [Acedido: 10-Abr-2016].

# Anexos

## Anexo I: Evolução da Tecnologia Fotovoltaica.

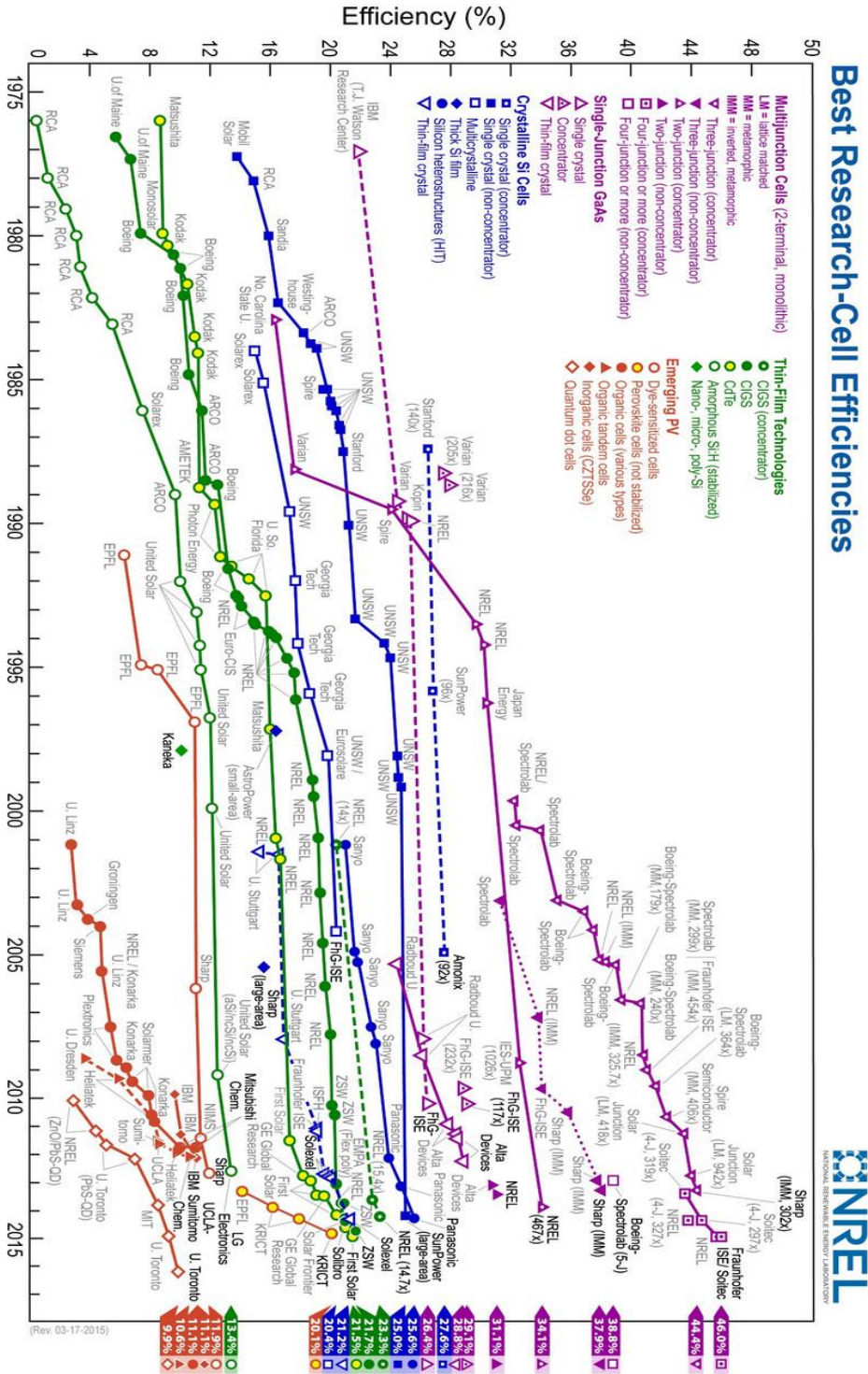


Figura 74: Evolução da tecnologia solar fotovoltaica, [9].

## Anexo II: Valores de Iluminância Medidos.

Tabela 48: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – planeamento.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Planeamento	6	101	134	33%	500
	7	143	179	25%	

Tabela 49: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – escritório.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Escritório	8	244	260	7%	500
	9	184	214	16%	
	10	240	310	29%	

Tabela 50: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – sala de exposição.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Sala de exposição	11	347	385	11%	500

Tabela 51: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – comercial.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Comercial	12	221	342	55%	500

Tabela 52: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – qualidade.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Qualidade	13	305	337	10%	500

Tabela 53: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – sala de reuniões.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Sala de reuniões	14	246	305	24%	500

Tabela 54: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – controlo dimensional.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Controlo Dimensional	15	388	454	17%	500
	16	427	463	8%	
	17	280	285	2%	
	18	249	289	16%	

Tabela 55: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – gabinete.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Gabinete	19	252	306	21%	500
	20	155	209	35%	

Tabela 56: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – CNC.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
CNC	21	243	257	6%	500
	22	278	283	2%	

Tabela 57: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – programação CNC.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Programação CNC	23	258	321	24%	300
	24	134	185	38%	
	25	123	195	59%	

Tabela 58: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – ferramentaria/medição.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Ferramentaria/Medição	26	155	207	34%	300

Tabela 59: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – polimento.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Polimento	27	184	248	35%	300
	28	176	197	12%	

Tabela 60: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – fabricação.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Fabricação	29	147	458	212%	500
	30	233	515	121%	
	31	207	500	142%	
	32	236	569	141%	
	33	369	608	65%	
	34	434	617	42%	
	35	295	640	117%	
	36	302	604	100%	
	37	287	642	124%	
	38	307	567	85%	
	39	402	539	34%	
	40	481	495	3%	
	41	386	660	71%	
	42	347	639	84%	
	43	424	628	48%	
	44	303	560	85%	
	45	270	385	43%	
	46	255	409	60%	
	47	206	367	78%	
	48	203	389	92%	
	49	283	513	81%	
50	295	524	78%		
51	272	549	102%		

Tabela 61: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – armazém.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Armazém	52	180	244	36%	300

Tabela 62: Comparação valores iluminância anteriores e atuais – erosão.

Área	Ponto	Inicial	Atual	Diferença	Iluminância média recomendada (lux)
		Iluminância média (lux)	Iluminância média (lux)		
Erosão	53	224	267	19%	500
	54	203	293	44%	
	55	270	331	23%	
	56	332	373	12%	
	57	358	405	13%	
	58	276	341	24%	
	59	294	313	6%	
	60	374	388	4%	
	61	280	316	13%	
	62	356	383	8%	
	63	342	388	13%	
	64	235	262	11%	
	65	168	233	39%	
	66	273	351	29%	
	67	214	277	29%	
	68	243	278	14%	

## Anexo III: Características dos Módulos Solares.

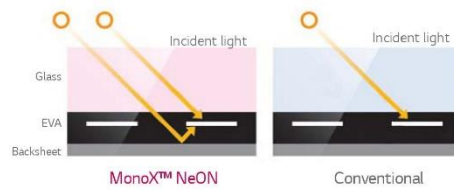


### LG MonoX™ NeON – MAXIMUM OUTPUT FOR YOUR ROOF

It's not every day that you buy a solar installation for your home. So it's good if you can rely on independent tests when searching for the right module. This provides security – after all, you are making a decision for the coming decades. The powerful LG MonoX™ NeON solar modules maximize output for your electricity consumption and are also suitable for small roof sizes.

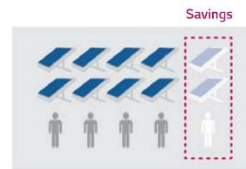
#### HIGHER OUTPUT, HIGHER YIELD

Semiconductor industry know-how is used to achieve a more even cell surface and thus increase efficiency up to over 21%. The module can evenly apply incident light from both the front and back of the cell, making LG MonoX™ NeON cells more efficient than conventional solar cells and producing a higher yield.



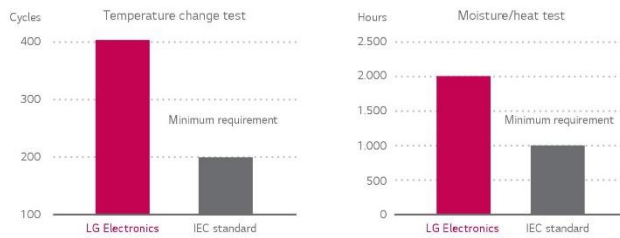
#### REDUCED SYSTEM COSTS

The use of optimized and powerful LG MonoX™ NeON solar modules lowers the system costs for the customer: the same output can be achieved with fewer modules, meaning fewer fittings and lower installation costs. This reduced use of materials ensures the careful and economic management of important resources.



#### EXCELLENT QUALITY, INDEPENDENTLY TESTED

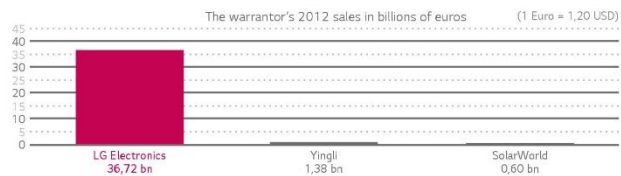
You can rely on LG. We test our products with double the intensity specified in the IEC standard. This quality is valued by installers across Europe, which is why they have awarded our LG solar modules the Top Brand PV stamp of quality for highest recommendation rates. In 2013, LG won the Plus X Award, one of the top innovation awards for technology, sport and lifestyle. Moreover, in 2013 the MonoX™ NeON high-performance module also won the Intersolar AWARD, one of the top solar awards.



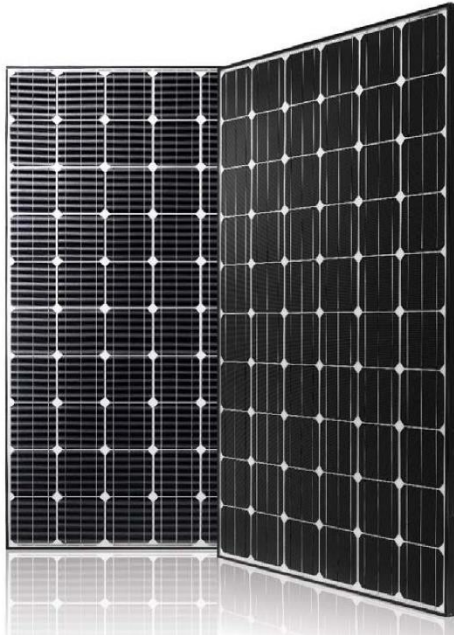
#### LOCAL WARRANTOR, GLOBAL SECURITY

LG Solar is part of LG Electronics – and is thus part of a global company with sound finances and over 50 years of tradition and experience.

Good to know: LG Electronics is the warrantor for your solar modules.



## A STRONG PARTNER FULL OF ENERGY



LG Electronics, Inc. (Korean stock exchange: 06657.KS) is a global leader and technological innovator supplying electronics, information and communications products. At present, LG Electronics employs more than 87,000 staff at 113 factories worldwide. The company achieved total sales of 36.72 billion euros in the 2012 financial year.

LG is one of the world's largest manufacturers of mobile phones, flat-screen televisions, air conditioning units, washing machines and cooling appliances. As a forward-looking company, LG is committed to renewable energy technology and is expanding this area. LG produces its entire range of high-quality solar products at its parent plant in Korea.



### QUALITY THAT HAS EVERYONE BEAMING

#### Top installer brand



In 2014, LG solar modules were awarded the TOP BRAND PV stamp of quality for Germany, the United Kingdom and the Benelux countries. The stamp of quality is awarded by EuPD Research – a leading market research company – for one of the highest installer recommendation rates.

#### 25-year linear warranty



LG Electronics gives a 25-year linear warranty on the MonoX™ NeON solar modules. This guarantees 6.7% more performance than the usual phased warranties.

#### ~+3% positive output tolerance



LG Electronics only delivers modules with a 100% positive output tolerance. LG solar modules achieve at least the specified output – often even more. This three-per-cent higher output tolerance is free.

#### Sales of 36.7 bn euros in 2012



Since it was founded in 1958 (as Goldstar), LG Electronics has become one of the leading suppliers in the area of home electronics and solar power. As warrantor, LG Electronics guarantees the quality of its products through the financial strength of a company with global operations.

#### Easy installation



Handling LG modules is impressively easy – from transport through to installation. With each module weighing just 16.8 kg, they are easy to install, but can nevertheless withstand mechanical loads of up to 5.400 Pa.

#### 100% EL quality test



Each LG solar module is put through extensive electroluminescence tests by LG Electronics. This allows us to identify cracks that are invisible to the human eye. If not identified, these could lead to reduced electricity yields.

# MonoX™ NeON

LG305N1C-B3 / LG300N1C-B3 / LG295N1C-B3 / LG290N1C-B3

## Mechanical Properties

CELLS	6 x 10
CELL VENDOR	LG
CELL TYPE	Monocrystalline
CELL DIMENSIONS	156.5 x 156.5 mm <sup>2</sup>
# OF BUSBAR	3
FRONT COVER	High transmission tempered glass
DIMENSIONS (L x W x H)	1.640 x 1.000 x 35 (mm)
STATIC LOAD	5.400 Pa (snow) 2.400 Pa (wind)
WEIGHT	16.8 ± 0.5 kg
CONNECTOR TYPE	MC4, IP67
JUNCTION BOX	IP67 with 3 bypass diodes
LENGTH OF CABLES	2 x 1.000 mm
FRAME	Anodized aluminum

## Certifications and Warranty

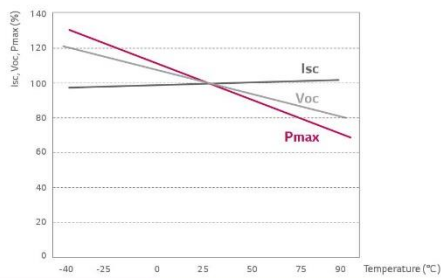
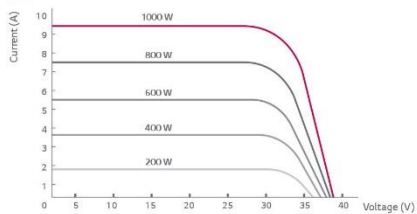
CERTIFICATIONS	IEC 61215, IEC 61730-1/-2, IEC 62716
	ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001
	UL 1703
PRODUCT WARRANTY	10 years
OUTPUT WARRANTY OF PMAX (MEASUREMENT TOLERANCE ± 3%)	25 years linear warranty <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 1st year 98%, 2-25 year -0.7%/annual degradation, 91,2% for 25 years

## Temperature Coefficients

NOCT	45.0 ± 2 °C
PMPP	-0.41 %/K
VOC	-0.29 %/K
ISC	0.04 %/K

## Characteristic Curves



## Electrical Properties (STC<sup>2</sup>)

	305 W	300 W	295 W	290 W
MPP VOLTAGE VMPP (V)	32.1	32.0	31.8	31.8
MPP CURRENT IMPP (A)	9.52	9.40	9.28	9.15
OPEN CIRCUIT VOLTAGE VOC (V)	40.0	39.8	39.7	39.6
SHORT CIRCUIT CURRENT ISC (A)	10.1	9.98	9.85	9.70
MODULE EFFICIENCY (%)	18.6	18.3	18.0	17.7
OPERATING TEMPERATURE (°C)	-40 ~ +90			
MAXIMUM SYSTEM VOLTAGE (V)	1.000			
MAXIMUM SERIES FUSE RATING (A)	20			
POWER TOLERANCE (%)	0 ~ +3			

<sup>2</sup> STC (Standard Test Conditions): Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, module temperature 25 °C, AM 1.5

Application Class: A (according to IEC 61730), Safety Class: I

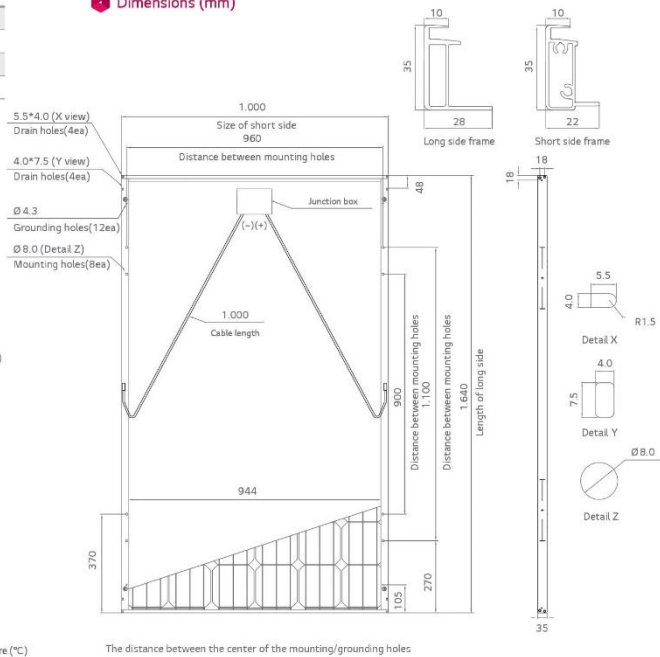
The nameplate power output is measured and determined by LG Electronics at its sole and absolute discretion.

## Electrical Properties (NOCT<sup>3</sup>)

	305 W	300 W	295 W	290 W
MAXIMUM POWER PMAX (W)	223	220	215	212
MPP VOLTAGE VMPP (V)	29.4	29.3	29.1	29.0
MPP CURRENT IMPP (A)	7.59	7.50	7.40	7.30
OPEN CIRCUIT VOLTAGE VOC (V)	37.0	36.9	36.8	36.7
SHORT CIRCUIT CURRENT ISC (A)	8.14	8.05	7.94	7.82
EFFICIENCY REDUCTION (FROM 1.000 W/M <sup>2</sup> TO 200 W/M <sup>2</sup> )	< 3.5 %			

<sup>3</sup> NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s

## Dimensions (mm)



The distance between the center of the mounting/grounding holes



**LG**  
Life's Good

LG Electronics Deutschland GmbH  
EU Solar Business Group  
Berliner Straße 93  
40880 Ratingen, Germany  
E-Mail: solar@lge.de  
www.lg-solar.com/uk

All details in this data sheet comply with DIN EN 50380.  
Subject to errors and alterations.  
Date: 05/2014  
Document: DS-N1C-B3-EN-201405

Copyright © 2014 LG Electronics. All rights reserved.



## Anexo IV: Características do Equipamento de Climatização.



**PRODUCT SPECIFICATIONS**

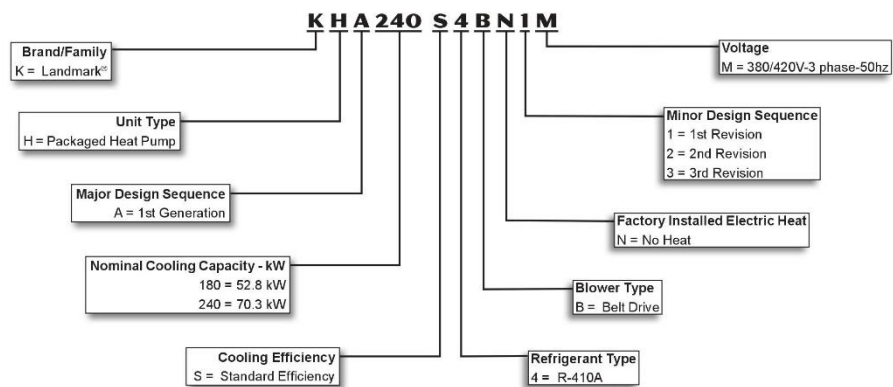
**PACKAGED HEAT PUMP**  
**KH**  
 Landmark® Rooftop Units  
 50 HZ

Bulletin No. 490149  
 October 2015  
 Supersedes July 2015



**52.8 and 70.3 kW (15 and 20 Tons)**  
**Net Cooling Capacity - 44.2 to 55.4 kW (151 000 to 189 000 Btuh)**  
**Net Heating Capacity - 46.6 to 57.1 kW (159 000 to 196 000 Btuh)**  
**Optional Electric Heat - 11.5 to 68.9 kW**

### MODEL NUMBER IDENTIFICATION



<b>SPECIFICATIONS</b>					
<b>General Data</b>		<b>Nominal kW (Tons)</b>	<b>52.8 (15)</b>	<b>70.3 (20)</b>	
		<b>Model Number</b>	<b>KHA180S4B</b>	<b>KHA240S4B</b>	
		<b>Efficiency Type</b>	<b>Standard</b>	<b>Standard</b>	
		<b>Blower Type</b>	Constant Air Volume (CAV)	Constant Air Volume (CAV)	
<b>Cooling Performance</b>	Gross Cooling Capacity - kW (Btuh)		45.7 (156 000)	58.0 (198 000)	
	<sup>1</sup> Net Cooling Capacity - kW (Btuh)		44.2 (151 000)	55.4 (189 000)	
	AHRI Rated Air Flow - L/s (cfm)		2830 (6000)	3540 (7500)	
	Total Unit Power - kW		14.0	17.5	
	<sup>1</sup> EER (Btuh/Watt)		10.8	10.8	
	<sup>1</sup> IEER (Btuh/Watt)		11.8	11.0	
	Refrigerant Type		R-410A	R-410A	
	Refrigerant Charge	Circuit 1	9.53 kg (21 lbs. 0 oz.)	11.79 kg (26 lbs. 0 oz.)	
	Circuit 2	9.53 kg (21 lbs. 0 oz.)	11.79 kg (26 lbs. 0 oz.)		
<b>Heating Performance</b>	<sup>1</sup> Total High Heat Capacity - kW (Btuh)		46.6 (159 000)	57.1 (196 000)	
	Total Unit Power - kW		13.7	17.0	
	<sup>1</sup> Coefficient of Performance		3.4	3.4	
	<sup>1</sup> Total Low Heat Capacity - kW (Btuh)		27.0 (92 000)	33.1 (113 000)	
	Total Unit Power (kW)		12.8	15.8	
	<sup>1</sup> Coefficient of Performance		2.1	2.1	
<b>Electric Heat Available - See page 9</b>			11.5, 23, 34.5, 45.9 kW	11.5, 23, 34.5, 45.9, 68.9 kW	
<b>Compressor Type (number)</b>			Scroll (2)	Scroll (2)	
<b>Outdoor Coils</b>	Net face area (total) - m <sup>2</sup> (sq. ft.)		5.3 (57.0)	5.3 (57.0)	
	Tube diameter - mm (in.)		9.5 (3/8)	9.5 (3/8)	
	Number of rows		1.66	2	
	Fins per m (Fins per inch)		787 (20)	787 (20)	
<b>Outdoor Coil Fans</b>	Motor - (No.) W (HP)		(4) 250 (1/3)	(4) 250 (1/3)	
	Motor rev/min		896	896	
	Total Motor watts		1146	1146	
	Diameter - (No.) mm (in.)		(4) 610 (24)	(4) 610 (24)	
	Number of blades		3	3	
	Total Air volume - L/s (cfm)		6075 (12 875)	6075 (12 875)	
<b>Indoor Coils</b>	Net face area (total) - m <sup>2</sup> (sq. ft.)		1.99 (21.4)	1.99 (21.4)	
	Tube diameter - mm (in.)		9.5 (3/8)	9.5 (3/8)	
	Number of rows		3	4	
	Fins per m (Fins per inch)		551 (14)	551 (14)	
	Drain connection - No. and size		(1) 1 in. FPT	(1) 1 in. FPT	
	Expansion device type		Balance port TXV, removable head		
<b><sup>2</sup> Indoor Blower and Drive Selection</b>	Nominal Motor kW (HP)		2.2 kW (3 hp)	3.7 kW (5 hp)	
	Maximum usable motor kW (HP)		(3.45 hp)	(5.75 hp)	
	Kit # (rev/min range)		#3 - 571 - 721 #4 - 708 - 871	#3 - 571 - 721 #4 - 708 - 871 #5 - 788 - 988	
	Nominal Motor kW (HP)		3.7 kW (5 hp)	5.6 kW (7.5 hp)	
	Maximum usable motor kW (HP)		(5.75 hp)	(8.63 hp)	
	Kit # (rev/min range)		#3 - 571 - 721 #4 - 708 - 871 #5 - 788 - 988	#6 - 708 - 871 #7 - 788 - 988 #8 - 871 - 1071	
	Nominal Motor kW (HP)		5.6 kW (7.5 hp)	7.5 kW (10 hp)	
	Maximum usable motor kW (HP)		(8.63 hp)	(11.5 hp)	
	Kit # (rev/min range)		#6 - 708 - 871 #7 - 788 - 988 #8 - 871 - 1071	#7 - 788 - 988 #10 - 871 - 1071 #11 - 945 - 1138	
	Blower wheel nominal diameter x width - mm (in.)		(2) 381 x 381 (15 x 15)		
	<b>Filters</b>	Type of filter		Fiberglass, disposable	
		Number and size - mm (in.)		(6) 610 x 610 x 51 (24 x 24 x 2)	
<b>Electrical characteristics</b>			380/420V - 50 hertz - 3 phase		

NOTE - Net capacity includes evaporator blower motor heat deduction. Gross capacity does not include evaporator blower motor heat deduction.

<sup>1</sup> Rating test conditions are those included in Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute (AHRI) Standard 340/360 while operating at rated voltage and air volumes:

**Cooling Ratings** - 35°C (95°F) outdoor air temperature and 27°C (80°F) db/19°C (67°F) wb entering indoor coil air.

**High Temperature Heating Ratings** - 8°C (47°F) db/6°C (43°F) wb outdoor air temperature and 21°C (70°F) entering indoor coil air.

**Low Temperature Heating Ratings** - 8°C (17°F) db/-9°C (15°F) wb outdoor air temperature and 21°C (70°F) entering indoor coil air.

<sup>2</sup> Using total air volume and system static pressure requirements determine from blower performance tables rev/min and motor output required. Maximum usable output of motors furnished are shown. If motors of comparable output are used, be sure to keep within the service factor limitations outlined on the motor nameplate. Standard motor and drive kit furnished with unit.



**PACKAGED HEAT PUMP**

**ZH**  
Raider® Rooftop Units  
50 HZ

**PRODUCT SPECIFICATIONS**

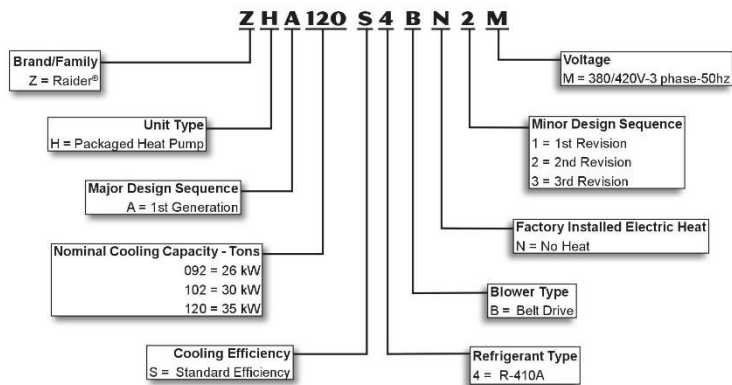
Bulletin No. 490163  
July 2015  
Supersedes March 2015

**RAIDER®**  
Value Without Compromise®



**26 to 35 kW**  
**Net Cooling Capacity – 22.6 to 30.6 kW (77 100 to 104 600 Btuh)**  
**Net Heating Capacity – 23.6 to 29.0 kW (80 400 to 98 900 Btuh)**  
**Optional Electric Heat - 5.7 to 45.9 kW**

**MODEL NUMBER IDENTIFICATION**



**SPECIFICATIONS**

General Data		Nominal kW (Tons)	26 (7.5)	30 (8.5)	35 (10)
Model Number			ZHA092S4B	ZHA102S4B	ZHA120S4B
Efficiency Type			Standard	Standard	Standard
Blower Type			Constant Air Volume (CAV)	Constant Air Volume (CAV)	Constant Air Volume (CAV)
<b>Cooling Performance</b>	Gross Cooling Capacity - kW (Btuh)		22.9 (78 200)	26.7 (91 100)	31.3 (106 900)
	<sup>1</sup> Net Cooling Capacity - kW (Btuh)		22.6 (77 100)	26.5 (90 300)	30.6 (104 600)
	AHRI Rated Air Flow - L/s (cfm)		1321 (2800)	1487 (3150)	1699 (3600)
	Total Unit Power - kW		6.7	8.0	9.4
	<sup>1</sup> EER (Btuh/Watt)		11.5	11.3	11.1
	<sup>2</sup> IEER (Btuh/Watt)		12.3	12.3	11.8
	Refrigerant Type		R-410A	R-410A	R-410A
Refrigerant Charge Furnished	Circuit 1		5.3 kg (11 lbs. 12 oz.)	5.0 kg (11 lbs. 10 oz.)	7.3 kg (16 lbs. 0 oz.)
	Circuit 2		4.8 kg (10 lbs. 8 oz.)	4.5 kg (9 lbs. 14 oz.)	6.7 kg (14 lbs. 12 oz.)
<b>Heating Performance</b>	<sup>1</sup> Total High Heat Capacity - kW (Btuh)		23.6 (80 400)	25.1 (85 700)	29.0 (98 900)
	Total Unit Power - kW		6.4	6.8	7.8
	<sup>1</sup> Coefficient of Performance		3.7	3.7	3.7
	<sup>1</sup> Total Low Heat Capacity - kW (Btuh)		13.0 (44 200)	13.7 (46 900)	17.1 (58 300)
	Total Unit Power (kW)		5.9	6.0	6.6
	<sup>1</sup> Coefficient of Performance		2.2	2.3	2.5
<b>Electric Heat Available - See page 19</b>			5.7, 11.5, 17.2, 23, 34.5 kW		11.5, 17.2, 23, 34.5, 45.9 kW
<b>Compressor Type (number)</b>			Scroll (2)	Scroll (2)	Scroll (2)
<b>Outdoor Coils</b>	Net face area (total) - m <sup>2</sup> (sq. ft.)		2.4 (26.2)	2.4 (26.2)	2.4 (26.2)
	Tube diameter - mm (in.)		9.5 (3/8)	9.5 (3/8)	9.5 (3/8)
	Number of rows		2	2	3
	Fins per m (inch)		787 (20)	787 (20)	787 (20)
<b>Outdoor Coil Fans</b>	Motor - (No.) W (hp)		(2) 249 (1/3)	(2) 249 (1/3)	(2) 373 (1/2)
	Motor rev/min		896	896	896
	Total Motor watts		497	497	734
	Diameter - (No.) mm (in.)		(2) 610 (24)	(2) 610 (24)	(2) 610 (24)
	Number of blades		3	3	3
<b>Indoor Coils</b>	Total Air volume - L/s (cfm)		3460 (7333)	3460 (7333)	3540 (7500)
	Net face area (total) - m <sup>2</sup> (sq. ft.)		1.19 (12.8)	1.19 (12.8)	1.25 (13.5)
	Tube diameter - mm (in.)		9.5 (3/8)	9.5 (3/8)	9.5 (3/8)
	Number of rows		3	4	4
	Fins per m (inch)		551 (14)	551 (14)	551 (14)
Drain connection - Number and size			(1) 1 in. NPT coupling		
Expansion device type			Balance port TXV, removable head		
<sup>3</sup> <b>Indoor Blower and Drive Selection</b>	Nominal motor output		1.5 kW, 2.2 kW, 3.7 kW (2 hp, 3 hp, 5 hp)		
	Maximum usable motor output		1.7 kW, 2.6 kW, 4.3 kW (2.3 hp, 3.45 hp, 5.75 hp)		
	Motor - Drive kit number		1.5 kW (2 hp) Kit 1 490 - 740 rev/min Kit 2 665 - 920 rev/min Kit 3 660 - 995 rev/min 2.2 kW (3 hp) Kit 7 610 - 810 rev/min Kit 8 780 - 1000 rev/min Kit 9 845 - 1085 rev/min 3.7 kW (5 hp) Kit 10 750 - 945 rev/min Kit 11 865 - 1095 rev/min Kit 12 940 - 1190 rev/min		
	Blower wheel nominal diameter x width - mm (in.)		(1) 381 x 381 (15 X 15)		
	Type of filter		Disposable		
<b>Filters</b>	Number and size - mm (in.)		(4) 508 x 610 x 51 (20 x 24 x 2)		
<b>Electrical characteristics</b>			380/420V - 50 hertz - 3 phase with neutral		

NOTE - Net capacity includes evaporator blower motor heat deduction. Gross capacity does not include evaporator blower motor heat deduction.

<sup>1</sup> Tested at conditions included in the ULE certification program, which is based on AHRI Standard 340/360 while operating at rated voltage and air volumes:

Cooling Ratings - 35°C (95°F) outdoor air temperature and 27°C (80°F) db/19°C (67°F) wb entering indoor coil air.

High Temperature Heating Ratings - 8°C (47°F) db/6°C (43°F) wb outdoor air temperature and 21°C (70°F) entering indoor coil air.

Low Temperature Heating Ratings - -8°C (17°F) db/-9°C (15°F) wb outdoor air temperature and 21°C (70°F) entering indoor coil air.

<sup>2</sup> Integrated Energy Efficiency Ratio tested at conditions included in AHRI Standard 340/360 while operating at rated voltage and air volumes.

<sup>3</sup> Using total air volume and system static pressure requirements determine from blower performance tables rev/min and motor output required. Maximum usable output of motors furnished are shown. If motors of comparable output are used, be sure to keep within the service factor limitations outlined on the motor nameplate.

## Anexo V: Tarifa Variável de Referência – Valores Médios.

Tabela 63: Valores médios tarifa indexada OMIE – 2014 [35].

Mês	Tarifa Indexada 2014 (OMIE)			
	Horas ponta (€/kWh)	Horas cheias (€/kWh)	Vazio normal (€/kWh)	Super vazio (€/kWh)
Janeiro	0,08662	0,07286	0,04365	0,03276
Fevereiro	0,06910	0,05309	0,02967	0,02178
Março	0,07738	0,06436	0,03614	0,03547
Abril	0,07149	0,06363	0,03925	0,03825
Mai	0,08643	0,07850	0,05880	0,05415
Junho	0,09987	0,09071	0,06478	0,06315
Julho	0,09517	0,08952	0,06216	0,05866
Agosto	0,09666	0,08735	0,06595	0,06234
Setembro	0,10652	0,09882	0,07556	0,06741
Outubro	0,10875	0,08726	0,06979	0,05696
Novembro	0,10079	0,08853	0,05972	0,05055
Dezembro	0,09867	0,08882	0,06207	0,05112

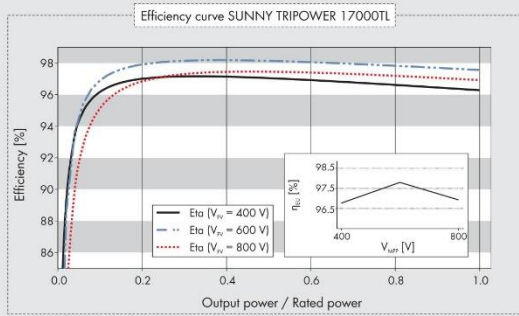
Tabela 64: Valores médios tarifa indexada OMIE – 2015 [35].

Mês	Tarifa Indexada 2015 (OMIE)			
	Horas ponta (€/kWh)	Horas cheias (€/kWh)	Vazio normal (€/kWh)	Super vazio (€/kWh)
Janeiro	0,11517	0,09989	0,07093	0,06161
Fevereiro	0,10704	0,09096	0,05783	0,05112
Março	0,10111	0,09085	0,06281	0,05577
Abril	0,10259	0,09288	0,06465	0,06056
Mai	0,10056	0,09070	0,06507	0,06208
Junho	0,10831	0,10041	0,07694	0,07027
Julho	0,11715	0,10657	0,07855	0,07007
Agosto	0,11413	0,10391	0,07296	0,07047
Setembro	0,10629	0,09713	0,07219	0,06830
Outubro	0,10524	0,09652	0,07061	0,06318
Novembro	0,11013	0,09931	0,07031	0,06308
Dezembro	0,11270	0,10136	0,07478	0,06297








## Anexo VI: Características do Inversor.

### SUNNY TRIPOWER 8000TL / 10000TL / 12000TL / 15000TL / 17000TL

Technical Data	Sunny Tripower 8000TL
<b>Input (DC)</b>	
Max. DC power (@ cos φ=1)	8200 W
Max. input voltage	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	320 V – 800 V / 600 V
Min. input voltage / initial input voltage	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	22 A / 11 A
Max. input current per string input A* / input B*	33 A / 12.5 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:4; B:1
<b>Output (AC)</b>	
Rated power (@ 230 V, 50 Hz)	8000 W
Max. apparent AC power	8000 VA
Nominal AC voltage	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Nominal AC voltage range	160 V – 280 V
AC power frequency / range	50 Hz, 60 Hz / –6 Hz ... +5 Hz
Rated grid frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V
Max. output current	16 A
Power factor at rated power	1
Adjustable displacement factor	0.8 overexcited... 0.8 underexcited
Phase conductors / connection phases	3 / 3
<b>Efficiency</b>	
Max. efficiency / European efficiency	98.1 % / 97.5 %
<b>Protection</b>	
Input-side disconnection device	●
Ground-fault monitoring / grid monitoring	● / ●
DC surge arrester Type II, can be integrated	○
DC reverse-polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / –
All-pole sensitive residual current monitoring unit	●
Protection class (according to IEC 62103) / overvoltage category (according to IEC 60664-1)	I / III
<b>General Data</b>	
Dimensions (W / H / D)	665 / 690 / 265 mm (26.2 / 27.2 / 10.4 in)
Weight	59 kg / 130.07 lb
Operating temperature range	–25 °C...+60 °C / –13 °F...+140 °F
Noise emission (typical)	51 dB(A)
Self-consumption at night	1 W
Topology / cooling concept	Transformerless / OptiCool
Degree of protection (according to IEC 60529)	IP65
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100 %
<b>Features</b>	
DC terminal	SUNCLIX
AC terminal	Spring-type terminal
Display	Graphic
Interface: RS485 / Bluetooth / Webconnect / Speedwire <sup>3</sup>	○ / ● / ○ / ○
Multi-function relay / Power Control Module	○ / ○
Warranty: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 years	● / ○ / ○ / ○ / ○
Certificates and approvals (more available on request)	CE, VDE0126-1-1, RD 661/2007, G59/2, PPC, AS4777, SI4777, EN 50438 <sup>1</sup> , C10/11, PPDS, IEC 61727, UTEC 15-712-1, VDEAR-N 4105, RD 1699, CEI 0-21
<p>● Standard features   ○ Optional features   – Not available   Data at nominal conditions</p>	
Type designation	STP 8000TL-10



**Accessories**

-  RS485 interface DM-485CB-10
-  DC surge arrester (Type II), input A DCSPD KIT1-10
-  DC surge arrester (Type II), inputs A and B DCSPD KIT2-10
-  Power Control Module PWCMOD-10
-  Multi-function relay MFR01-10
-  Webconnect interface with WEBCONDM-10 Speedwire function
-  Interface to Speedwire fieldbus SPWDM-10

<sup>1</sup> Does not apply to all national deviations of EN 50438  
<sup>2</sup> To be observed in case of a short circuit in the electronic string fuse  
<sup>3</sup> Planned (certificates, approvals, accessories)

Provisional data, as of July 2012

Sunny Tripower 10000TL	Sunny Tripower 12000TL	Sunny Tripower 15000TL	Sunny Tripower 17000TL
10200 W	12250 W	15340 W	17410 W
1000 V	1000 V	1000 V	1000 V
320 V - 800 V / 600 V	380 V - 800 V / 600 V	360 V - 800 V / 600 V	400 V - 800 V / 600 V
150 V / 188 V	150 V / 188 V	150 V / 188 V	150 V / 188 V
22 A / 11 A	22 A / 11 A	33 A / 11 A	33 A / 11 A
33 A / 12.5 A	33 A / 12.5 A	40 A / 12.5 A	40 A / 12.5 A
2 / A:4; B:1	2 / A:4; B:1	2 / A:5; B:1	2 / A:5; B:1
10000 W	12000 W	15000 W	17000 W
10000 VA	12000 VA	15000 VA	17000 VA
3 / N / PE; 220 / 380 V	3 / N / PE; 220 / 380 V	3 / N / PE; 220 / 380 V	3 / N / PE; 220 / 380 V
3 / N / PE; 230 / 400 V	3 / N / PE; 230 / 400 V	3 / N / PE; 230 / 400 V	3 / N / PE; 230 / 400 V
3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 240 / 415 V
160 V - 280 V	160 V - 280 V	160 V - 280 V	160 V - 280 V
50 Hz, 60 Hz / -6 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz ... +5 Hz
50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
16 A	19.2 A	24 A	24.6 A
1	1	1	1
0.8 overexcited... 0.8 underexcited	0.8 overexcited... 0.8 underexcited	0.8 overexcited... 0.8 underexcited	0.8 overexcited... 0.8 underexcited
3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 3
98.1 % / 97.7 %	98.1 % / 97.7 %	98.2 % / 97.8 %	98.2 % / 97.8 %
● ● / ● ○ ● / ● / - ● I / III	● ● / ● ○ ● / ● / - ● I / III	● ● / ● ○ ● / ● / - ● I / III	● ● / ● ○ ● / ● / - ● I / III
665 / 690 / 265 mm (26.2 / 27.2 / 10.4 in)	665 / 690 / 265 mm (26.2 / 27.2 / 10.4 in)	665 / 690 / 265 mm (26.2 / 27.2 / 10.4 in)	665 / 690 / 265 mm (26.2 / 27.2 / 10.4 in)
59 kg / 130.07 lb	59 kg / 130.07 lb	59 kg / 130.07 lb	59 kg / 130.07 lb
-25 °C...+60 °C / -13 °F...+140 °F	-25 °C...+60 °C / -13 °F...+140 °F	-25 °C...+60 °C / -13 °F...+140 °F	-25 °C...+60 °C / -13 °F...+140 °F
51 dB(A)	51 dB(A)	51 dB(A)	51 dB(A)
1 W	1 W	1 W	1 W
Transformerless / OptiCool	Transformerless / OptiCool	Transformerless / OptiCool	Transformerless / OptiCool
IP65	IP65	IP65	IP65
4K4H	4K4H	4K4H	4K4H
100 %	100 %	100 %	100 %
SUNCLIX	SUNCLIX	SUNCLIX	SUNCLIX
Spring-type terminal	Spring-type terminal	Spring-type terminal	Spring-type terminal
Graphic	Graphic	Graphic	Graphic
○ / ● / ○ / ○	○ / ● / ○ / ○	○ / ● / ○ / ○	○ / ● / ○ / ○
○ / ○	○ / ○	○ / ○	○ / ○
● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○
CE, VDE0126-1-1, RD 661/2007, G59/2, PPC, AS4777, SI4777, EN 50438 <sup>1</sup> , C10/11, PPDS, IEC 61727, UTE C15-712-1, VDE-AR-N 4105, BDEW 2008, RD 1699, CEI 0-21			
STP 10000TL-10	STP 12000TL-10	STP 15000TL-10	STP 17000TL-10

## Anexo VII: Simulação 17kWp com o *Software PVsyst*.

PVSYST V6.39	David Pereira	Page 1/3																																							
<b>Grid-Connected System: Simulation parameters</b>																																									
<b>Project :</b> <b>Grid-Connected Project at Pedreiras</b>																																									
<b>Geographical Site</b>	<b>Pedreiras</b>	Country <b>Portugal</b>																																							
<b>Situation</b>	Latitude 39.6°N	Longitude 8.9°W																																							
Time defined as	Legal Time Time zone UT	Altitude 150 m																																							
	Albedo 0.20																																								
<b>Meteo data:</b>	<b>Pedreiras</b>	Synthetic - Meteonorm 7.1 (1991-2010), Sat=100%																																							
<b>Simulation variant :</b> <b>17kW_2</b>																																									
	Simulation date	03/11/15 22h05																																							
<b>Simulation parameters</b>																																									
<b>Collector Plane Orientation</b>	Tilt 37°	Azimuth 0°																																							
<b>Models used</b>	Transposition Perez	Diffuse Erbs, Meteonorm																																							
<b>Horizon</b>	Free Horizon																																								
<b>Near Shadings</b>	No Shadings																																								
<b>PV Array Characteristics</b>																																									
<b>PV module</b>	Si-mono	Model <b>LG 305 N1C-B3</b>																																							
<small>Original PVsyst database</small>		Manufacturer LG Electronics																																							
Number of PV modules	In series 20 modules	In parallel 3 strings																																							
Total number of PV modules	Nb. modules 60	Unit Nom. Power 305 Wp																																							
Array global power	Nominal (STC) <b>18.30 kWp</b>	At operating cond. 16.45 kWp (50°C)																																							
Array operating characteristics (50°C)	U mpp 574 V	I mpp 29 A																																							
Total area	Module area <b>98.4 m<sup>2</sup></b>	Cell area 87.4 m <sup>2</sup>																																							
<b>Inverter</b>																																									
	Model <b>Sunny Tripower 17000TL-10</b>																																								
	Manufacturer SMA																																								
Characteristics	Operating Voltage 150-800 V	Unit Nom. Power 17.0 kWac																																							
Inverter pack	Nb. of inverters 1 * MPPT 0.80	Total Power 17.0 kWac																																							
<b>PV Array loss factors</b>																																									
Thermal Loss factor	Uc (const) 20.0 W/m <sup>2</sup> K	Uv (wind) 0.0 W/m <sup>2</sup> K / m/s																																							
Wiring Ohmic Loss	Global array res. 335 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC																																							
Module Quality Loss		Loss Fraction -0.8 %																																							
Module Mismatch Losses		Loss Fraction 1.0 % at MPP																																							
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)	bo Param. 0.05																																							
<b>User's needs :</b> Ext. defined as file Cargas_PVsyst.csv																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Jan.</th><th>Feb.</th><th>Mar.</th><th>Apr.</th><th>May</th><th>June</th><th>July</th><th>Aug.</th><th>Sep.</th><th>Oct.</th><th>Nov.</th><th>Dec.</th><th>Year</th><th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>37448</td><td>35143</td><td>38640</td><td>35040</td><td>40375</td><td>43132</td><td>50622</td><td>30090</td><td>42032</td><td>44014</td><td>38750</td><td>37933</td><td>473220</td><td>kWh</td> </tr> </tbody> </table>														Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year		37448	35143	38640	35040	40375	43132	50622	30090	42032	44014	38750	37933	473220	kWh
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year																													
37448	35143	38640	35040	40375	43132	50622	30090	42032	44014	38750	37933	473220	kWh																												

PVsyst Evaluation mode

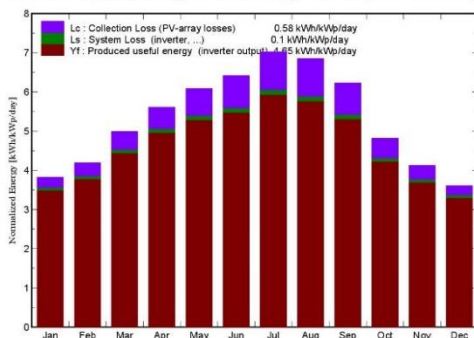
### Grid-Connected System: Main results

**Project :** Grid-Connected Project at Pedreiras  
**Simulation variant :** 17kW\_2

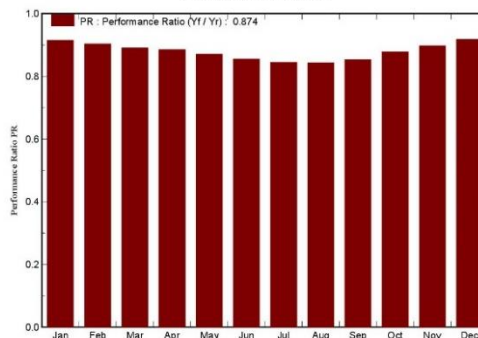
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>
PV Field Orientation	tilt	37°
PV modules	Model	LG 305 N1C-B3
PV Array	Nb. of modules	60
Inverter	Model	Sunny Tripower 17000TL-10
User's needs	Ext. defined as file	Cargas_PVsyst.csv
	azimuth	0°
	Pnom	305 Wp
	Pnom total	<b>18.30 kWp</b>
		17.00 kW ac
	global	473 MWh/year

<b>Main simulation results</b>			
System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>31044 kWh/year</b>	Specific prod. 1696 kWh/kWp/year
	<b>Performance Ratio PR</b>	<b>87.4 %</b>	Solar Fraction SF 6.6 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 18.30 kWp



Performance Ratio PR



17kW\_2

#### Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	T Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	E Load kWh	E User kWh	E_Grid kWh
January	69.0	10.15	118.5	115.8	2023	37448	1982	0.00
February	81.1	11.09	117.3	114.5	1978	35143	1938	0.00
March	125.7	13.42	154.7	150.6	2573	38640	2521	0.00
April	158.7	14.10	168.2	163.1	2780	35040	2724	0.00
May	196.4	16.67	188.6	182.7	3065	40375	3003	0.00
June	212.9	19.56	192.4	186.0	3074	43132	3009	0.00
July	234.4	20.65	217.9	210.9	3437	50622	3366	0.00
August	205.8	21.13	212.3	206.1	3343	30090	3247	27.47
September	157.1	19.62	187.0	182.3	2978	42032	2918	0.00
October	108.4	17.23	149.4	145.7	2450	44014	2401	0.00
November	75.2	12.48	123.7	120.9	2072	38750	2031	0.00
December	60.1	10.72	111.8	109.1	1914	37933	1876	0.00
Year	1684.9	15.60	1941.7	1887.6	31686	473220	31016	27.47

Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	E Load	Energy need of the user (Load)
	GlobInc	Global incident in coll. plane	E User	Energy supplied to the user
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E_Grid	Energy injected into grid

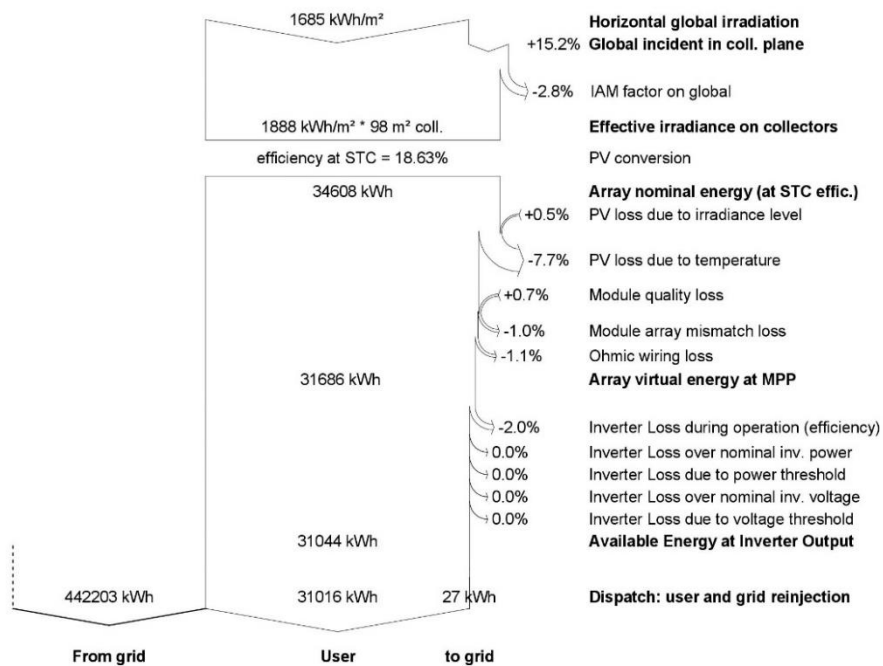
### Grid-Connected System: Loss diagram

**Project :** Grid-Connected Project at Pedreiras

**Simulation variant :** 17kW\_2

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
PV Field Orientation	tilt	37°	azimuth	0°
PV modules	Model	LG 305 N1C-B3	Pnom	305 Wp
PV Array	Nb. of modules	60	Pnom total	<b>18.30 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Tripower 17000TL-10		17.00 kW ac
User's needs	Ext. defined as file	Cargas_PVsyst.csv	global	473 MWh/year

#### Loss diagram over the whole year



## Anexo VIII: Simulação 60kWp com o *Software PVsyst*.

PVSYST V6.39												17/11/15	Page 1/3		
<b>Grid-Connected System: Simulation parameters</b>															
<b>Project :</b> Grid-Connected Project at Pedreiras															
<b>Geographical Site</b>		<b>Pedreiras</b>				<b>Country</b>		<b>Portugal</b>							
<b>Situation</b>		Latitude		39.6°N		Longitude		8.9°W							
Time defined as		Legal Time		Time zone UT		Altitude		150 m							
		Albedo		0.20											
<b>Meteo data:</b>		<b>Pedreiras</b>		Synthetic - Meteornorm 7.1 (1991-2010), Sat=100%											
<b>Simulation variant :</b> 60kWp															
												Simulation date		16/11/15 22h26	
<b>Simulation parameters</b>															
<b>Collector Plane Orientation</b>				Tilt		37°		Azimuth		0°					
<b>Models used</b>				Transposition		Perez		Diffuse		Erbs, Meteornorm					
<b>Horizon</b>				Free Horizon											
<b>Near Shadings</b>				No Shadings											
<b>PV Array Characteristics</b>															
<b>PV module</b>		Si-mono		Model		LG 305 N1C-B3									
Original PVsyst database		Manufacturer		LG Electronics											
Number of PV modules		In series		22 modules		In parallel		9 strings							
Total number of PV modules		Nb. modules		198		Unit Nom. Power		305 Wp							
Array global power		Nominal (STC)		60.4 kWp		At operating cond.		54.3 kWp (50°C)							
Array operating characteristics (50°C)		U mpp		632 V		I mpp		86 A							
Total area		Module area		325 m²		Cell area		288 m²							
<b>Inverter</b>															
		Model		Sunny Tripower 60-US-10 (400 VAC)											
		Manufacturer		SMA											
Characteristics		Operating Voltage		570-800 V		Unit Nom. Power		60 kWac							
Inverter pack		Nb. of inverters		1 units		Total Power		60 kWac							
<b>PV Array loss factors</b>															
Thermal Loss factor		Uc (const)		20.0 W/m²K		Uv (wind)		0.0 W/m²K / m/s							
Wiring Ohmic Loss		Global array res.		123 mOhm		Loss Fraction		1.5 % at STC							
Module Quality Loss						Loss Fraction		-0.8 %							
Module Mismatch Losses						Loss Fraction		1.0 % at MPP							
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =		1 - bo (1/cos i - 1)		bo Param.		0.05							
<b>User's needs :</b> Ext. defined as file Cargas_PVsyst_2015.csv															
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year			
44913	40869	42158	39427	43122	41635	48645	31696	43081	44197	39948	33102	492795	kWh		

PVsyst Evaluation mode

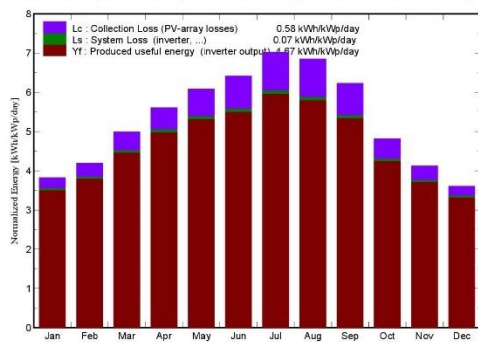
### Grid-Connected System: Main results

**Project :** Grid-Connected Project at Pedreiras  
**Simulation variant :** 60kWp

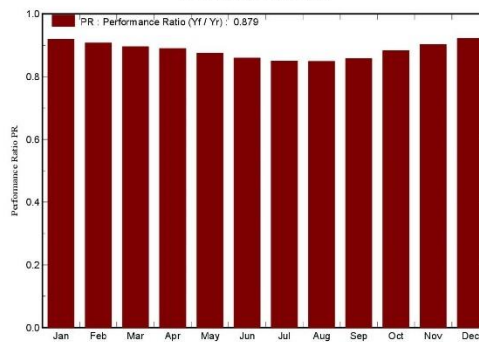
<b>Main system parameters</b>		<b>System type</b>	<b>Grid-Connected</b>
PV Field Orientation	tilt	37°	azimuth 0°
PV modules	Model	LG 305 N1C-B3	Pnom 305 Wp
PV Array	Nb. of modules	198	Pnom total <b>60.4 kWp</b>
Inverter	Sunny Tripower 60-US-10 (400 VAC)	Pnom	60.0 kW ac
User's needs	Ext. defined as file	Cargas_PVsyst_2015.csv	global 493 MWh/year

<b>Main simulation results</b>	
<b>System Production</b>	<b>Produced Energy</b> 103021 kWh/year    Specific prod. 1706 kWh/kWp/year <b>Performance Ratio PR</b> 87.9 %                    Solar Fraction SF 20.3 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 60.4 kWp



Performance Ratio PR



60kWp

#### Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E Load	E User	E_Grid
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh
January	69.0	10.15	118.5	115.8	6675	44913	6575	0
February	81.1	11.09	117.3	114.5	6527	40869	6414	15
March	125.7	13.42	154.7	150.6	8490	42158	8340	23
April	158.7	14.10	168.2	163.1	9175	39427	8890	148
May	196.4	16.67	188.6	182.7	10115	43122	9929	37
June	212.9	19.56	192.4	186.0	10143	41635	9879	106
July	234.4	20.65	217.9	210.9	11341	48645	11160	16
August	205.8	21.13	212.3	206.1	11033	31696	8835	2042
September	157.1	19.62	187.0	182.3	9828	43081	9680	9
October	108.4	17.23	149.4	145.7	8084	44197	7852	113
November	75.2	12.48	123.7	120.9	6837	39948	6720	17
December	60.1	10.72	111.8	109.1	6317	33102	5774	447
Year	1684.9	15.60	1941.7	1887.6	104565	492795	100050	2972

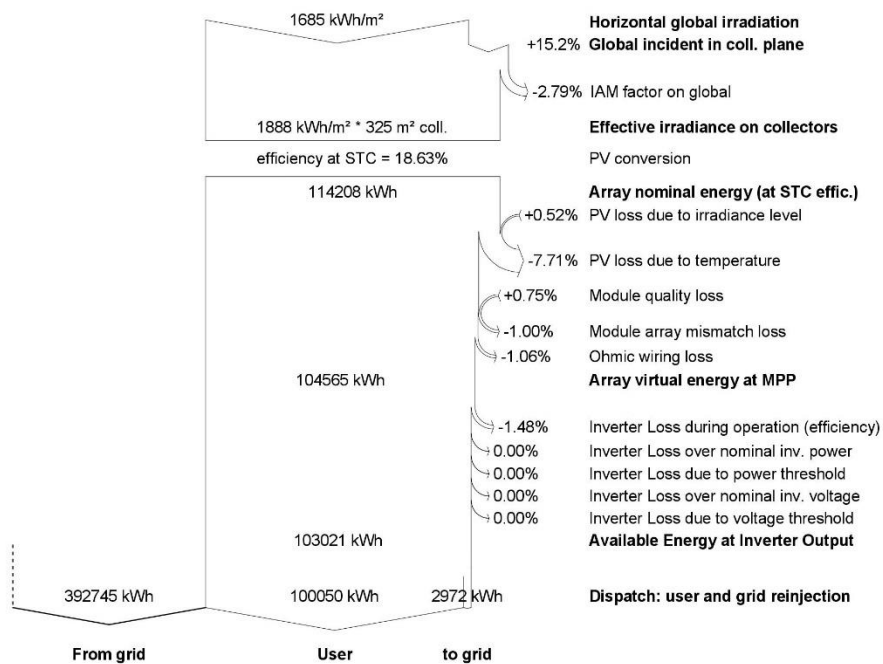
Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	E Load	Energy need of the user (Load)
	GlobInc	Global incident in coll. plane	E User	Energy supplied to the user
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E_Grid	Energy injected into grid

### Grid-Connected System: Loss diagram

**Project :** Grid-Connected Project at Pedreiras  
**Simulation variant :** 60kWp

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>
PV Field Orientation	tilt	37° azimuth 0°
PV modules	Model	LG 305 N1C-B3 Pnom 305 Wp
PV Array	Nb. of modules	198 Pnom total <b>60.4 kWp</b>
Inverter	Sunny Tripower 60-US-10 (400 VAC)	Pnom 60.0 kW ac
User's needs	Ext. defined as file	Cargas_PVsyst_2015.csv global 493 MWh/year

#### Loss diagram over the whole year



## Glossário

---

- **Alta Tensão:** Tensão cujo valor entre fases é superior a 60kV.
- **Ampere:** intensidade de corrente elétrica.
- **Baixa Tensão:** Tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1 kV.
- **BTE - Baixa Tensão Especial:** Fornecimentos ou entregas em BT para potências contratadas superiores a 41,4 kVA.
- **BTN - Baixa Tensão Normal:** Fornecimentos ou entregas em Baixa Tensão para potências contratadas iguais ou inferiores a 41,4 kVA.
- **Candela (cd):** Unidade de intensidade luminosa.
- **Célula Fotovoltaica:** Dispositivo que utiliza o efeito fotovoltaico para converter diretamente a radiação solar em energia elétrica.
- **Comercialização de eletricidade:** Total de energia elétrica vendida e faturada por nível de tensão (AT, MT, BT, BTE, BTN) aos clientes finais.
- **Corrente Alternada:** Corrente cuja polaridade e intensidade variam periodicamente no tempo.
- **Corrente Contínua:** Corrente cuja polaridade e intensidade são constantes.
- **Desagregação dos Consumos:** Repartição dos consumos por utilização, por sector, por entidade geográfica, por forma de energia, etc., com um nível de pormenor mais ou menos fino conforme o grau de desagregação do balanço.
- **Fator de Potência:** Em corrente alternada, o fator de potência é igual à relação entre a potência ativa (expressa em W) e a potência aparente (expressa em VA). Exprime-se por um número decimal (sem unidade). Permite calcular a potência reativa (em VAr) a partir da potência ativa (em W)
- **Fontes Renováveis de Energia:** Energia disponível, a partir de processos de conversão energética permanentes e naturais, economicamente exploráveis nas condições atuais ou num futuro previsível.
- **Intensidade Carbónica:** Quantidade de CO<sub>2</sub> emitido por unidade de energia consumida.
- **Lúmen (Lm):** Unidade de fluxo luminoso. O lúmen é o fluxo luminoso emitido num ângulo sólido de 1 esterradiano por uma fonte pontual uniforme situada no vértice do ângulo sólido com uma intensidade luminosa de 1 candela.

- **Lux (lx):** Unidade de radiação luminosa. O lux é a radiação de uma superfície que recebe de uma forma uniformemente repartida um fluxo luminoso de 1 lúmen por metro quadrado:  $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ .
- **Módulo Solar:** Montagem de células solares interligadas que constituem o elemento de base manipulável e transportável de um sistema fotovoltaico. A densidade de ocupação define a relação entre a superfície total de todas as células e a superfície do módulo sobre o qual elas se encontram dispostas.
- **MT- Média Tensão:** Tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1 kV e igual ou inferior a 60 kV.
- **Norma ISO 14 001:** Norma Internacional, da *International Organization for Standardization*, que estabelece requisitos para a certificação de um Sistema de Gestão Ambiental.
- **Política Energética:** Parte da política económica que trata do abastecimento, da transformação, da distribuição e dos usos da energia. A política energética deve ter em consideração, entre outras, as possibilidades e recursos nacionais e globais, a conservação (sobretudo das fontes primárias não renováveis) e a proteção do ambiente.
- **Potência:** A potência pode ser expressa em watts, cavalos-vapor métricos, cavalos-vapor imperiais, quilocalorias por hora e unidades térmicas britânicas por hora.
- **Potência Ativa:** Potência média num circuito de corrente alternada. Em regime sinusoidal, é igual ao produto da tensão pela corrente ativa em valores eficazes.
- **Potência Aparente:** Produto (em valores eficazes) da corrente pela força eletromotriz ou pela tensão, independentemente da relação de fase entre a tensão e a corrente.
- **Potência Reativa:** Produto da tensão ou da força eletromotriz pela corrente reativa em valores eficazes.
- **Radiação Difusa:** Parte da radiação solar incidente proveniente de todas as direcções (à exceção do disco solar) após difusão na atmosfera (moléculas, aerossóis, nuvens) e eventuais reflexões na superfície terrestre (solo, mar, árvores, edifícios, etc. )
- **Radiação Direta:** Parte da radiação solar incidente proveniente do disco solar sem mudança de direcção.
- **Radiação Global:** Soma das radiações solares, direta e difusa, recebidas numa superfície.