



Melhoria da eficiência energética em portagens de autoestradas - Estudo de soluções e implementação de um caso prático

PEDRO FILIPE ARAÚJO TEIXEIRA

setembro de 2018

MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PORTAGENS DE AUTOESTRADAS – ESTUDO DE SOLUÇÕES E IMPLEMENTAÇÃO DE UM CASO PRÁTICO.

Pedro Filipe Araújo Teixeira



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial

2018

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Pedro Filipe Araújo Teixeira, Nº 100034, 1000234@isep.ipp.pt

Orientação científica: Professor Doutor Filipe Azevedo, fta@isep.ipp.pt

Empresa: Ascendi O&M

Supervisão: Eng.ª Mafalda Cardoso da Costa, mcosta@Ascendi.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial

2018

“Sê curioso. Por mais difícil que a vida pareça, há sempre algo que podes fazer para ter sucesso.”

Stephen Hawking

Agradecimentos

A conclusão desta dissertação cumpre uma etapa importante na minha vida que só foi possível com a ajuda de pessoas que me deram suporte, viabilizaram e deram sustentabilidade ao meu objetivo.

Ao meu orientador, Professor Doutor Filipe Azevedo, pela disponibilidade desde o primeiro momento, pelas sugestões criativas e pela confiança nas minhas ideias.

Aos meus colegas de curso Eduardo Pinto, Jorge Cardoso, Bruno Couto e Gustavo Fonseca, pelo companheirismo e amizade.

À empresa Ascendi, na pessoa da Diretora dos Recursos Humanos, Doutora Adelaide Martins, por me ter desafiado a realizar esta etapa na empresa, à minha coorientadora Engenheira Mafalda Cardoso da Costa, por ter tornado possível a realização deste trabalho e aos meus colegas de trabalho pela energia positiva transmitida todos os dias.

Sem esquecer as pessoas que compõem a minha vida, a minha esposa Ana, o meu filho Miguel e minha filha Gabriela pelo carinho, compreensão e apoio, por terem sido a “proteína” que eu “consumi” ao longo de todo este percurso.

Resumo do trabalho

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores do ISEP e tem como foco de estudo a avaliação energética de portagens em autoestradas, a identificação de oportunidades de melhoria economicamente viáveis e a implementação de um caso prático em portagens da empresa Ascendi.

Com o crescente aumento do consumo energético a nível mundial e a elevada exploração dos recursos fósseis existentes, é cada vez mais premente a necessidade de procurar soluções criativas de eficiência e até a possibilidade de produção de energia para autoconsumo.

O consumo de energia elétrica nas portagens da Ascendi representa um custo anual na ordem de 300 mil €, parte relevante da estrutura de custos de operação, facto que justifica o interesse na identificação de oportunidades de otimização. Numa primeira etapa do estudo foi elaborada a caracterização das infraestruturas consumidoras de energia nas portagens, a análise das faturas de eletricidade, a desagregação das mesmas pelos grupos de consumo, nomeadamente, sistema de cobrança de portagens, iluminação e climatização. Esta fase permitiu identificar as necessidades energéticas e eventuais desperdícios no consumo em cada grupo de consumo; resumidamente, 20% do consumo total é atribuído ao sistema de cobrança; 20% à climatização e 60% à iluminação.

Concluída a primeira etapa, foi realizado um estudo ao estado atual da arte sobre diferentes soluções para permitir posteriormente apresentar propostas de eficiência energética. A pesquisa incidiu na tecnologia de iluminação LED, por ser comparativamente mais eficiente, ter uma vida útil superior, reduzindo assim os custos com manutenção, evidenciando-se como uma alternativa economicamente viável para a iluminação pública existente na zona da portagem e respetivos nós de ligação. O estudo recaiu também na tecnologia de iluminação com tubos solares, por se apresentar como totalmente “limpa”, uma vez que a sua fonte é a irradiação solar. Todavia, não se

considerou aplicável, visto que a sua instalação nas infraestruturas existentes implicaria complexa construção civil. Por último, a pesquisa recaiu nas unidades de produção para autoconsumo (UPAC) com recurso a painéis fotovoltaicos. Esta tecnologia apresenta-se em Portugal como a terceira fonte de captação de energia renovável, sendo a que mais cresce nos últimos anos. Por um lado, o fotovoltaico tem evoluído significativamente com soluções de células monocristalinas mais eficientes, por outro lado, as últimas alterações à legislação em Portugal viabilizam a utilização destes sistemas numa produção para autoconsumo e venda do excedente à rede elétrica nacional.

Por fim, foram identificadas medidas de melhoria de eficiência energética, umas implementadas no decorrer desta dissertação, outras a implementar futuramente. A identificação de melhorias estende-se a todos os grupos de consumo acima referidos, sendo as mais relevantes, a otimização obtida a nível dos equipamentos de cobrança, a identificação de ações de manutenção que melhorem a eficiência nos sistemas de climatização, a substituição da iluminação pública de vapor de sódio por LED e ainda o projeto de uma UPAC. Para suporte à análise das medidas ainda a implementar, foram realizados testes locais, em condições de operação real, quer ao nível da iluminação pública, quer na avaliação das condições para implementação da UPAC.

O projeto de dimensionamento da UPAC foi realizado com suporte a *softwares* profissionais de simulação, respeitando uma metodologia em linha com o estado da arte estudado. Essa metodologia compreende as etapas seguintes: determinação do local de instalação da central fotovoltaica, análise do mesmo e definição das características do local e do projeto; seleção dos módulos fotovoltaicos; seleção do inversor; configuração da disposição do sistema e definição da potência de ligação à rede.

Para completar a análise da viabilidade das soluções propostas foi efetuado um estudo económico onde se apresenta os períodos necessários retorno dos respetivos investimentos, as taxas de internas de retorno e os valores atuais líquidos para a substituição da iluminação pública e a UPAC.

Palavras-Chave

Eficiência Energética, Iluminação LED, Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos, Investimento, Responsabilidade Ambiental e Ascendi

Abstract

This project was developed for the Master's thesis module in ISEP's Electrotechnical and Computer Engineering course and aims at studying the energetic evaluation of motorway tolls, the identification of economically viable opportunities for improvement and the implementation of a practical case in one of Ascendi's motorway tolls.

The increased growth of global energy consumption and the extreme exploitation of fossil resources arise the need for creative efficiency solutions and even the possibility to produce self-consumption energy.

Ascendi's tolls energy consumption represents an annual budgetary cost of 300 thousand euros, a significant share of the overall operational costs, which justifies the interest in identifying optimization opportunities. In the first stage of this study, energy consuming infrastructures in tolls were described and electricity bills were analysed and sorted by consumption groups, namely toll systems, lighting and acclimatization. This analysis made it possible to determine energy requirements and potential consumption waste in each of the groups, the shares of total consumption being 20% for toll systems, 20% for acclimatization and 60% for lighting.

Having completed the first stage, it became necessary to study the current situation in order to further present energy efficiency proposals. The research focused on LED lighting technology as it is cheaper by comparison and it has a longer useful life, therefore reducing the costs of maintenance, establishing itself as an economically viable alternative for the public lighting of the toll area and connections roads. Focus was also on solar tubes lighting technology, a form of completely clean energy as it uses solar irradiation as its source. However, this alternative was not viable, because of the complex civil engineering works required for its installation in the existing structures. Finally, focus was on self-consumption energy production using photovoltaic panels. In Portugal, this is the third source of renewable energy and the one with the largest growing rates in recent

years. The photovoltaic system has significantly evolved, presenting now more efficient with the monocrystalline cells. Furthermore, recent amendments to the Portuguese legislation have enabled the use of these systems for the production of self-consumption energy and the selling of the electric energy surplus to the national electrical network.

Finally, improvement measures were identified, some of which have already been implemented as others are still to implement. The identification of improvements extends to all consumption groups mentioned above, being the most relevant the optimization of tolling equipment, the identification of maintenance procedures that improve the efficiency of acclimatization systems, the replacement of sodium vapour lamps used in public lighting with LED and a self-consumption energy production project. In order to ensure the implementation of the proposed measures, local tests were conducted, in the context of real working conditions as far as public lighting and evaluation of the conditions required to implement self-consumption energy production projects are concerned.

The scaling of the self-consumption energy production project was conducted based on professional simulation software, according to a methodology in line with the current state of the art of the subject studied. The above-mentioned methodology consists of the following stages: determination of the location for the photovoltaic plant installation, its analysis and description; selection of the photovoltaic modules; selection of the inverter; configuration of the system's layout and definition of the total capacity for the network connection.

To conclude the analysis of the viability of the solutions proposed, an economical study was conducted, in which the payback time for a return on investments, the internal rate of return and the net present values for the replacement of public lighting and self-consumption energy are presented.

Keywords

Energy Efficiency, LED lighting, Photovoltaic System Project, Investment, Environmental Responsibility and Ascend.

Índice

<i>Agradecimentos</i>	<i>i</i>
<i>Resumo do trabalho</i>	<i>iii</i>
<i>Abstract</i>	<i>vii</i>
1. Introdução	1
1.1. <i>Contextualização</i>	1
1.2. <i>Objetivos</i>	3
1.3. <i>Organização do relatório</i>	3
2. Estado da arte	6
2.1. <i>Tecnologia de iluminação LED</i>	6
2.1.1. <i>A História</i>	6
2.1.2. <i>A Tecnologia</i>	9
2.1.3. <i>Diversidade na tecnologia LED</i>	11
2.1.3.1. <i>Dual in Packaged LED</i>	11
2.1.3.2. <i>Surface Mount Device LED</i>	12
2.1.3.3. <i>Chip On Board LED</i>	12
2.1.3.4. <i>Organic Light-Emitting Diode LED</i>	13
2.1.3.5. <i>Phosphorescent OLED</i>	14
2.1.4. <i>Comparativos com outros tipos de iluminação</i>	14
2.1.5. <i>Grandezas luminotécnicas</i>	16
2.1.6. <i>Lâmpadas para iluminação da via pública</i>	18
2.2. <i>Iluminação com tubos solares</i>	21
2.2.1. <i>A Tecnologia</i>	21
2.2.2. <i>Constituição e características do tubo solar</i>	22
2.2.3. <i>Aplicabilidade</i>	25
2.3. <i>Painéis fotovoltaicos</i>	26
2.3.1. <i>Fotovoltaico em Portugal</i>	26
2.3.2. <i>Células fotovoltaicas</i>	29

2.3.3.	Módulos fotovoltaicos	32
2.3.4.	Inversores para sistemas FV	34
2.3.5.	Autoconsumo	36
2.3.6.	Micro e mini produção	37
2.3.7.	Baterias para armazenamento de energia FV	37
2.4.	<i>Auditoria energética e normas reguladoras</i>	38
2.4.1.	Conceito de auditoria energética	39
2.4.2.	Norma reguladora europeia para iluminação pública – EN 13201	40
2.4.2.1.	Classes de iluminação – EN 13201-1.....	40
2.4.2.2.	Parâmetros fotométricos recomendados - EN 13201-2	42
2.4.2.3.	Cálculo dos parâmetros fotométricos - EN 13201-3.....	46
2.4.2.4.	Métodos de medida de desempenho fotométrico - EN 13201-4.....	46
2.4.3.	Enquadramento legal para sistemas de autoconsumo de energia	47
2.4.3.1.	Remuneração e Compensação	50
3.	A Ascendi e enquadramento às portagens	53
3.1.	<i>Infraestruturas de consumo energético instalados nas portagens</i>	55
3.2.	<i>Sistema de cobrança de portagens</i>	57
3.3.	<i>Sistema AVAC</i>	58
3.4.	<i>Sistema de iluminação</i>	60
4.	Estudo de caso	61
4.1.	<i>Análise dos consumos energéticos das PT da Ascendi</i>	61
4.1.1.	Desagregação dos consumos de energia elétrica	63
4.1.2.	Análise do consumo de energia elétrica da PT de EN206NO	65
4.1.3.	Diagramas de carga	67
4.2.	<i>Avaliação de medidas de eficiência energética já implementadas</i>	69
4.2.1.	Medidas implementadas no sistema de cobrança	70
4.2.2.	Medidas implementadas no sistema de AVAC.....	74
4.2.3.	Medidas implementadas no sistema de iluminação	74
4.3.	<i>Identificação e eventual implementação de oportunidades de melhoria</i>	81
4.3.1.	Soluções para melhoria no sistema de cobrança	81
4.3.2.	Soluções para melhoria na iluminação	84
4.3.2.1.	Luminárias do garrafão de portagem	85

4.3.2.2.	Marcadores de led no pavimento das vias de portagem.....	88
4.3.2.3.	Iluminação do edifício e túnel de portagem	94
4.3.3.	Soluções para melhoria no AVAC	95
4.3.4.	Projeto de unidade de produção para autoconsumo.....	97
4.3.4.1.	Avaliação do local.....	97
4.3.4.2.	Informação geográfica e meteorológica	100
4.3.4.3.	Trajectoria solar	102
4.3.4.4.	Espaçamento ente fileiras.....	103
4.3.4.5.	Especificação dos equipamentos principais.....	107
4.3.4.6.	Dimensionamento.....	108
4.3.4.7.	Propostas e análise de investimento	113
4.3.4.8.	Simulação e análise de resultados	116
4.3.5.	Síntese das oportunidades de racionalização de consumo	118
5.	Conclusões e perspetivas futuras.....	120
5.1.	<i>Conclusões.....</i>	<i>120</i>
5.2.	<i>Perspetivas futuras.....</i>	<i>121</i>
	Referências Bibliográficas	125
	Websites.....	130
	<i>Anexo A. Consumos de energia elétrica nas 24 praças de portagem em 2017</i>	<i>132</i>
	<i>Anexo B. Especificações técnicas e calibrações do aparelho de medida</i>	<i>134</i>
	<i>Anexo C. Especificações técnicas do relógio astronómico Orbis 178012</i>	<i>136</i>
	<i>Anexo D. Poupança estimada nas PT com os reguladores de fluxo luminoso</i>	<i>138</i>
	<i>Anexo E. Cadastro da iluminação das PT de EN205NO e de Belas</i>	<i>140</i>
	<i>Anexo F. Ficha Técnica do marcador de LED SR-45</i>	<i>142</i>
	<i>Anexo G. Ficha Técnica do cabo elétrico para os marcadores de LED</i>	<i>146</i>
	<i>Anexo H. Dados da irradiação e temperatura - PVGIS-5 - temporal irradiation database</i>	<i>148</i>
	<i>Anexo I. Dados comparativos de simulação da produção com inclinação de 36º e 10º do PVGIS</i>	<i>150</i>
	<i>Anexo J. Ficha técnica do módulo Fotovoltaico SolarWord Mono PERC.....</i>	<i>152</i>
	<i>Anexo K. Ficha técnica do inversor Huawei SUN2000-15KTL.....</i>	<i>154</i>

Anexo L. Estudo luminotécnico - Iluminação Pública156

Índice de Figuras

Figura 1	Evolução histórica e da eficiência luminosa	8
Figura 2	Tons de branco e escala de temperatura da cor da luz	10
Figura 3	Espectro visível de luz emitida por LED	11
Figura 4	Diferentes tipos de encapsulamento DIP	12
Figura 5	Exemplo de SMD LED	12
Figura 6	Exemplo COB LED em módulo SMD	13
Figura 7	<i>Display</i> de OLED	14
Figura 8	Fluxo luminoso emitido numa superfície	17
Figura 9	Lâmpada de vapor de sódio	19
Figura 10	Luminária com lâmpadas LED	20
Figura 11	Esquema de funcionamento de um tubo solar	23
Figura 12	Relação entre iluminação e índice de eficiência energética	24
Figura 13	Adaptador para tubo refletor com ângulos de 90°	24
Figura 14	Gráfico de desempenho e regulação da luminosidade num tubo solar	25
Figura 15	Aplicações industriais (esquerda) e doméstica (direita)	26
Figura 16	Evolução da potência instalada de energia FV em Portugal	27
Figura 17	Evolução da produção anual de energia FV em Portugal	27
Figura 18	Comparação entre tecnologias de produção de energia (em GW)	28

Figura 19	Produção anual de energia FV por região (em GW)	29
Figura 20	Circuito elétrico de uma célula fotovoltaica	30
Figura 21	Efeito Fotovoltaico	31
Figura 22	Módulos de silício monocristalino, policristalino e amorfo (da esquerda para a direita) ³²	
Figura 23	Influência da irradiação solar (a) e da temperatura (b) nas características FV ³³	
Figura 24	Comportamento de módulos FV quando ligados em paralelo (a) e série (b) ³⁴	
Figura 25	Paralelo de módulos N (PM) células com N (SM) células em série	34
Figura 26	Exemplo de curva de produção e consumo durante um dia	38
Figura 27	Classes de iluminação existentes	41
Figura 28	Fluxograma para a determinação da classe de iluminação de uma via	44
Figura 29	Valores de referência para determinação da classe de iluminação	46
Figura 30	Esquema de UPAC com injeção na RESP	49
Figura 31	Processo de licenciamento de UPAC do tipo C	50
Figura 32	Mapa da concessão GL	54
Figura 33	Mapa da concessão Norte	54
Figura 34	Planta da portagem de EN205PV	56
Figura 35	<i>Splitter</i> e unidade exterior AC	59
Figura 36	Consumos e custos com energia nas PT	62
Figura 37	Desagregação dos grupos de consumo das portagens	63
Figura 38	Recolha das leituras de consumo na PP de EN206NO (esquerda) e Famalicão (direita)	64

Figura 39	Dados relativos ao fornecimento de eletricidade na PT de EN206NO	66
Figura 40	Diagrama de carga da PT de Famalicão	67
Figura 41	Diagrama de carga da PT de EN206NO	68
Figura 42	Identificação no diagrama de carga da variação do consumo na PT de Famalicão	69
Figura 43	Variação da exposição solar nas 4 estações do ano	71
Figura 44	Projektor de câmara VVS	72
Figura 45	Relógio astronómico das câmaras VV	73
Figura 46	Funcionamento de um regulador de fluxo ao longo do período noturno	75
Figura 47	Módulo Orbis Xeolum Modular	77
Figura 48	Níveis de regulação de fluxo luminoso no Orbis Xeolum Modular	77
Figura 49	Níveis de configuração do valor de tensão por tipo de lâmpadas	78
Figura 50	<i>Layout web</i> da plataforma Orbis Xeolum disponibilizada na Ascendi	79
Figura 51	Poupança obtida com a instalação de reguladores de fluxo luminoso	79
Figura 52	Planta com circuitos IP das PT de EN206NO e PV	86
Figura 53	Representação do consumo (KWh) noturno e diurno na EN206NO	86
Figura 54	Esquemas de instalação de marcadores de LED em Belas (cima) e Castelões (baixo)	89
Figura 55	Características e quantidades de matérias das instalações de marcadores de LED em Belas e Castelões	90
Figura 56	Marcador de Modelo SR-45 com 8 LEDS DIP em linha	91
Figura 57	SR-45 - Especificações elétricas e mecânicas	92

Figura 58	Trabalhos de instalação dos marcadores de LED no pavimento	93
Figura 59	Solução final de marcadores de LED instalada na PT de Belas	93
Figura 60	Condutas AC antes (esquerda) e após (direita) intervenção de isolamento de tubagens	95
Figura 61	Diagramas de carga da unidade AC antes e após isolamento	96
Figura 62	Localização satélite da PT de EN206NO	98
Figura 63	EN206NO – Planta do alçado transversal	99
Figura 64	EN206NO – Planta do alçado Longitudinal	100
Figura 65	<i>Interface</i> da plataforma <i>online</i> PVGIS	100
Figura 66	Média mensal da temperatura (cima) e da irradiação solar (baixo) no ano de 2016	101
Figura 67	Trajectoria do Sol e determinação do azimute na PT de EN206NO	102
Figura 68	Simulação na plataforma PVGIS para obter a inclinação ótima dos PF	103
Figura 69	Médias da produção mensal com inclinação de 36° e de 10°	104
Figura 70	Médias da irradiação solar com inclinação de 36° e de 10°	104
Figura 71	Fixação de PF diretamente sobre os painéis da cobertura	105
Figura 72	Cálculo do espaçamento mínimo entre fileiras	106
Figura 73	Quantidade máxima de PF possível instalar na pala de portagem	109
Figura 74	Estimativa de produção da UPAC de 13,05 KW	110
Figura 75	Configuração dos parâmetros técnicos da produção FV no PVSOL	117
Figura 76	Configuração de parâmetros da localidade na plataforma PVSOL	117
Figura 77	Estimativa de produção anual na PT de EN206NO	118

Índice de Tabelas

Tabela 1	Equação de Planck	9
Tabela 2	Comparativo entre tipo de lâmpadas	16
Tabela 3	Lâmpadas de vapor de sódio de alta e baixa pressão e iodetos metálicos	19
Tabela 4	Características de luminárias LED	20
Tabela 5	Caraterísticas luminotécnicas de tubos solares da Chatron	22
Tabela 6	Equação de cálculo da corrente efetiva na célula fotovoltaica	30
Tabela 7	Eficiência de um inversor DC/ AC para FV	35
Tabela 8	Crítérios fotométricos para a classe M (alta e média velocidade)	42
Tabela 9	Crítérios fotométricos para a classe C (zona de conflito)	42
Tabela 10	Crítérios fotométricos para a classe de zonas pedonais	42
Tabela 11	Fatores de peso na determinação da classe de iluminação da via	45
Tabela 12	Processamento de licenciamento de UPAC	50
Tabela 13	Cálculo da remuneração pela venda do excedente de energia à rede	51
Tabela 14	Cálculo da compensação ao sistema pela venda de excedente de energia	51
Tabela 15	Tipologia das portagens da Ascendi	55
Tabela 16	SC - Necessidade de consumo no edifício de apoio	58
Tabela 17	SC – Necessidades de consumo nas vias	58
Tabela 18	Especificações técnicas dos equipamentos AVAC existentes nas PT	59

Tabela 19	Especificações técnicas das lâmpadas existentes nas PT	60
Tabela 20	Distribuição de consumo de energia em 5 PT	65
Tabela 21	Dados relativos a poupança anual com os relógios astronómicos	73
Tabela 22	Dados relativos à substituição de projetores de halogénio por led nas palas das PT	80
Tabela 23	Teste de desempenho de câmara LPR com projetor LED de 150W	83
Tabela 24	Dados relativos a poupança anual com os projetores de LED	83
Tabela 25	Cadastro de iluminação existente na PT de Famalicão	84
Tabela 26	Cadastro de iluminação existente na PT de EN206NO	85
Tabela 27	<i>Cash Flows</i> (esquerda), análise económica (direita)	88
Tabela 28	Medidas de melhoria a implementar na iluminação do edifício e túnel da PT de EN206NO	94
Tabela 29	Dados relativos a poupança anual com o isolamento da tubagem AC	96
Tabela 30	Características do local a instalar painéis fotovoltaicos	99
Tabela 31	Elevação do Sol e azimute no dia de solstício de inverno	106
Tabela 32	Lista comparativa de módulos fotovoltaicos	107
Tabela 33	Lista de inversores	108
Tabela 34	Dimensionamento da UPAC da PT de EN206NO	113
Tabela 35	Análise técnica das propostas para autoconsumo	113
Tabela 36	Comparação dos <i>Cash Flows</i> de investimento	115
Tabela 37	Análise económica das propostas para autoconsumo	115
Tabela 38	Síntese das medidas de eficiência energética estudadas	119

Acrónimos

AVAC	–	Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado
COB	–	Chip On Board
CREL	–	Circular Regional Exterior de Lisboa
DGEG	–	Direção Geral de Energia e Geologia
DIP	–	Dual In Line Package
FV	–	Fotovoltaico
GL	–	Grande Lisboa
IP	–	Iluminação Pública
KW	–	Kilowatt
LED	–	Light Emitting Diode
LPR	–	License Plate Recognition
MLFF	–	Multi Lane Free Flow
MPPT	–	Maximum Power Point Tracker
NT	–	Norte
OLED	–	Organic Light-Emitting Diode
PC	–	Phosphor Converted
PCB	–	Printed Circuit Board
PF	–	Paineis Fotovoltaicos

PHOLED	–	Phosphorescent OLED
PT	–	Praça de Portagem
QGBT	–	Quadro Geral de Baixa Tensão
RESP	–	Rede Elétrica de Serviço Público
RGB	–	Red, Green and Blue
SC	–	Sistema de Cobrança
SERUP	–	Sistema Eletrónico de Registo Unidades de Produção
SMD	–	Surface Mount Device
TIR	–	Taxa Interna de Retorno
UPAC	–	Unidade de Produção para Autoconsumo
UPP	–	Unidades de Pequena Produção
UPS	–	Unit Power Supply
UV	–	Ultra Violeta
VAL	–	Valor Atual Líquido
VAS	–	Via Alternativa de Saída
VME	–	Via Manual de Entrada
VMS	–	Via Manual de Saída
VRF	–	Variable Refrigerant Flow
VVE	–	Via Verde de Entrada
VVS	–	Via Verde de Saída

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será contextualizado o panorama geral do consumo energético mundial, identificados os recursos utilizados para a produção dessa energia, quais as alternativas “limpas” que estão a ser igualmente utilizadas, tais como a energia solar fotovoltaica e a eólica.

Será ainda abordada a importância do investimento na implementação de medidas que visem a uma maior eficiência energética, com recurso a equipamentos mais eficientes, ou ações no âmbito da exploração de uma rede de portagens de duas concessões de autoestradas portuguesas.

Por fim, serão apresentados os objetivos a que se propõe e a organização do relatório.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Constata-se um crescimento na população mundial e por sua vez um conseqüente aumento no consumo de energia, quer para uso doméstico, quer para satisfazer as necessidades empresariais e industriais. Torna-se, portanto, necessário colocar em prática medidas mais sustentáveis e eficientes em função de um planeta mais limpo.

Até aos dias que decorrem, as necessidades de energia têm sido colmatadas maioritariamente com recurso a combustíveis fósseis, tais como o petróleo, o carvão e o gás natural. Estes três combustíveis representam cerca de 81% do total da energia fornecida a nível mundial. O ritmo com que se consomem estes recursos é extremamente elevado, estes são finitos, a sua utilização contribui para o aumento do aquecimento global e para mudanças no clima do planeta. Conclui-se, portanto, que o recurso a combustíveis fósseis pode representar um impacto profundamente negativo a médio e longo prazo (International Energy Agency 2017).

Neste contexto, a dependência dos combustíveis fósseis deve sofrer uma significativa desaceleração, para permitir que o ambiente não seja mais penalizado com os efeitos negativos dos gases com efeito de estufa. Têm sido declaradas pelos líderes mundiais algumas medidas de prevenção, tais como o Protocolo de Quioto, assinado em 1997, em que vários países se comprometem a reduzir emissões de gases poluentes e são despoletadas algumas metas ao nível das emissões de gases poluentes no setor rodoviário, mais recentemente, o Acordo de Paris assinado em 2015 com medidas ambientais, mais ambiciosas das de acordos anteriores, porém estas providências continuam a revelar-se insuficientes.

Em Portugal também se implementaram medidas específicas, e.g. medidas de produção de energia para autoconsumo, através do Decreto-Lei nº 153/2014 de 20 de outubro (*Decreto-Lei n.º 153/2014 - Diário da República n.º 202/2014, Série I de 20 de outubro de 2014*). Todos os objetivos e preocupações subjacentes a este tema criam uma maior penetração da tecnologia de carácter limpo, com recurso e.g. a energia solar e eólica, bem como a mudanças no sistema elétrico focando os benefícios ambientais, económicos e sociais. Considera-se, porém, imperativo o surgimento de mais providências para travar a dependência dos combustíveis fósseis, com uma aposta mais forte em fontes de origem renovável e medidas de sustentabilidade mais rigorosas.

Quanto às necessidades energéticas nos setores empresariais é fundamental persistir na melhor eficiência no consumo, quer através de medidas operacionais de utilização que evitem o desperdício, quer pela necessidade de investimento em equipamentos ou mesmo em sistemas de autoconsumo de energia, caso se justifique pela vantagem económica e ambiental. Para o setor em estudo na presente dissertação, uma rede de 24 portagens de

autoestradas, com consumo de energia anual a representar uma fatura anual na ordem dos 300 mil euros, é fundamental avaliar a possibilidade de dotar a rede com melhores medidas de eficiência energética.

1.2. OBJETIVOS

Este projeto surgiu da oportunidade de realizar um trabalho no âmbito da melhoria da eficiência energética em contexto empresarial, nomeadamente em 24 portagens tradicionais (PT) de duas concessões de autoestradas, as concessões Norte e Grande Lisboa, geridas pela Ascendi.

É condição, que as eventuais melhorias na eficiência energética a identificar não interfiram com os níveis de iluminação exigida nas zonas de portagem, com a disponibilidade dos equipamentos do sistema de cobrança ou dos sistemas de apoio (climatização; segurança; *backoffice*; etc).

O objetivo principal deste projeto é a identificação de soluções que viabilizem a redução dos custos com a energia dos sistemas instalados nas PT.

Dada a diversidade das variáveis inerentes a este objetivo, sentiu-se a necessidade de o subdividir em múltiplas tarefas de realização, tais como:

- Realizar o levantamento e a distribuição do consumo de energia pelos vários sistemas existentes nas PT;
- Identificar eventuais melhorias a implementar nas infraestruturas da rede elétrica;
- Estudar soluções viáveis de eficiência energética que melhor se adequem às PT;
- Avaliar a viabilidade económica para a implementação dessas soluções;
- Implementar (se possível) soluções de melhoria identificadas, numa PT piloto.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Esta dissertação está elaborada de forma a ficar dividida em 5 capítulos.

O capítulo 1 contempla a introdução, onde se apresenta a contextualização do problema encontrado e são referidos os objetivos da presente dissertação de modo a resolver o mesmo. Apresenta-se ainda a calendarização do projeto e uma breve organização do documento.

O capítulo seguinte refere-se ao estado da arte, onde são abordados os conceitos fundamentais para a compreensão das tecnologias de iluminação LED, de tubos solares e ainda de painéis fotovoltaicos. Ainda neste capítulo é apresentado o conceito de auditoria energética, as suas vantagens, bem como o estudo das normas reguladoras e a legislação a ter em conta quando se projetam mudanças em instalações ou infraestruturas, tais como ao nível de iluminação pública ou a instalação de sistemas de autoconsumo de energia elétrica.

O capítulo 3 faz o enquadramento à empresa Ascendi, com foco nas infraestruturas de consumo energético das suas 24 praças de portagem das concessões Norte e Grande Lisboa.

O capítulo 4 faz referência ao estudo de caso, onde se analisa os consumos de energia das 24 PT da Ascendi com a respetiva desagregação pelos grupos de consumo e se avaliam as medidas de eficiência energética implementadas durante os últimos anos. Far-se-á ainda a identificação e avaliação de oportunidades de melhoria e apresenta-se as medidas implementadas no decorrer deste trabalho, bem como as medidas a implementar futuramente em todas as PT ou em PT protótipo.

No último capítulo, o 5º, são reunidas considerações finais do estudo, realizadas as respetivas conclusões e perspetivas de futuros desenvolvimentos.

2. ESTADO DA ARTE

Neste capítulo faz-se referência ao estudo das tecnologias mais adequadas no contexto empresarial que visam a obtenção de eficiência energética. Considera-se pertinente estudar a tecnologia que recorre à luz no estado sólido, designada de *Light Emitting Diode* (LED); solar tubes e painéis fotovoltaicos. Será igualmente abordado o estudo das normas que regem a iluminação pública.

2.1. TECNOLOGIA DE ILUMINAÇÃO LED

A iluminação LED difere dos restantes tipos de iluminação por recorrer a uma tecnologia que apresenta luz no estado sólido, bem como uma maior eficiência energética, ou seja quantidade de lumens por *kilowatt* (KW) significativamente superior às demais tecnologias.

2.1.1. A HISTÓRIA

A invenção da tecnologia *Light Emitting Diode* foi atribuída ao engenheiro Norte-Americano Nick Holonyak da General Electric que, em 1962 apresentou o primeiro diodo emissor de luz de espectro visível (de cor vermelha). Esta descoberta surgiu quando

trabalhava com materiais semicondutores usando o fosforeto de arseneto de gálio, composto químico sintético, de fórmula GaAs, que emite uma luz vermelha visível ([«http://www.circuitstoday.com/invention-history-of-light-emitting-diode-led»](http://www.circuitstoday.com/invention-history-of-light-emitting-diode-led) 2017).

No entanto, para o surgimento do LED, é necessário considerar também o trabalho de outros investigadores anteriores e posteriores. Apresenta-se, portanto, por ordem cronológica, os desenvolvimentos mais relevantes sobre esta tecnologia ([«http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led»](http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led) 2017):

- 1907: Henry Round, cientista britânico que elaborou a primeira descrição sobre a eletroluminescência, o princípio básico do LED ao observar que certos semicondutores emitem luz quando uma corrente elétrica passa por eles. O Cientista observou o fenómeno no momento em que aplicava uma tensão sobre semicondutores para tentar melhorar a amplificação dos sinais de rádio. A sua descoberta foi publicada na revista Electrical World a 9 de fevereiro de 1907 ([«http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led»](http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led) 2017);
- 1927: Oleg Lósev - Publicou a primeira pesquisa divulgada sobre o LED, primeiro num jornal russo e, posteriormente, em vários media britânicos e alemães. Com o objetivo de dar continuidade ao trabalho de Henry Round, Lósev fabricou um díodo cristalino com óxido de zinco e carboneto de silício que, tal como idealizava, emitiu fotões ao ser atravessado por corrente. Lósev patenteou o relé de luz “Light Relay” e o seu uso em telecomunicações ([«http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led»](http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led) 2017);
- 1962: Nick Holonyak, já referenciado no início deste subcapítulo por ser o inventor do primeiro LED com luz de espectro visível, de fórmula GaAs. Esta descoberta foi publicada no jornal Applied Physics Letters a 1 de dezembro d 1962. No ano seguinte declarou que as lâmpadas de LED iriam substituir as incandescentes ([«http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led»](http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led) 2017);
- 1972: M. George Craford, estudante de Holonyak inventou o LED de cor amarela, bem como o LED de cor vermelha de maior brilho ([«History of LED - Development of Light-Emitting Diodes»](#) sem data);

- 1976: Thomas P. Pearsall, desenvolveu díodo emissor de luz de alto brilho para o uso em fibra ótica em telecomunicações («History of LED - Development of Light-Emitting Diodes» sem data);
- 1993: Shuji Nakamura, professor da faculdade de Santa Barbara, na Califórnia, conseguiu produzir em conjunto com Isamu Akasaki e Hiroshi Amano, feixes luminosos azuis brilhantes através de semi-condutores.
- 1994: De seguida desencadearam uma grande transformação na tecnologia da iluminação. Esta invenção despoletou a descoberta do LED de luz branca, utilizados para a iluminação, comercializados após 1994. Vinte anos depois, esta invenção foi recompensada com o prémio Nobel da Física, visto ter sido criado uma nova fonte de luz eficiente em termos de energia e ambiente (The Royal Swedish Academy 2014).

Na Figura 1 é possível verificar a evolução da eficiência luminosa, coincidindo com a evolução histórica, apresentando-se as lâmpadas LED como as mais recentes e mais eficientes (The Royal Swedish Academy 2014).



Figura 1 Evolução histórica e da eficiência luminosa

2.1.2. A TECNOLOGIA

O LED é um díodo semicondutor que, ao ser atravessado por uma corrente elétrica, emite luz. O comprimento de onda da luz que emite e a sua cor vão depender da composição do material semicondutor que o compõem respetivamente. O LED é uma fonte de luz que quase não emite calor, logo quase não produz radiação infravermelha, desta forma, quando a corrente atravessa o díodo liberta-se energia em forma de fóton.

A luz emitida pode ser visível, quase ultravioleta, oferecendo ainda a capacidade de personalizar o fluxo de luz, tanto em luz branca com temperaturas de cor diferentes (2700 ° K – 6500 ° K), tais como emissões de luzes coloridas e.g. verde, vermelho, azul e até mesmo a dinâmica luz *Red, Green and Blue* (RGB). A capacidade de oferecer diferentes perspectivas de cor (suave, média ou intensa), permite criar ambientes arquitetónicos e até paisagísticos.

Os LEDs convencionais são feitos com base numa grande variedade de materiais semicondutores inorgânicos produzindo variadas cores visíveis aos olhos dos humanos, onde se pode observar a utilização de vários materiais semicondutores para as cores desejadas. Para cores mais frias (e.g. temperatura de cor fria: ~7000 K), o comprimento de onda é elevado e para as cores mais quentes (e.g. temperatura de cor: ~2700 K) o comprimento de onda é menor.

Pela equação de Planck (Schubert 2006), demonstrada na Tabela 1, verifica-se que o comprimento de onda é inversamente proporcional à energia do fóton, ou seja, quanto mais fria a temperatura de cor emitida, menos energia é necessária. Quanto mais quente a temperatura de cor emitida, mais energia é utilizada.

Tabela 1 Equação de Planck

$E = h * v = \frac{h*c}{\lambda}$	Equação de Planck, onde: E = Energia do Fóton h = Constante de Planck [6,62606957E-34 J.s] v = Frequência (Hz) c = Velocidade da luz [299.792.458 m/s]; λ = Comprimento de onda [m]
-----------------------------------	--

O alto rendimento cromático, a estabilidade da temperatura da cor ao longo do tempo, o brilho, a definição da luz branca e a ausência de raios Ultra Violeta (UV) permitem uma iluminação de qualidade e uma excelente percepção das formas e cores.

A Figura 2 apresenta os vários tons de branco que é possível obter com recurso a lâmpadas LED, utilizando uma escala Kelvin e comparativamente a uma escala de temperatura de cor de luz (Azuos 2015).

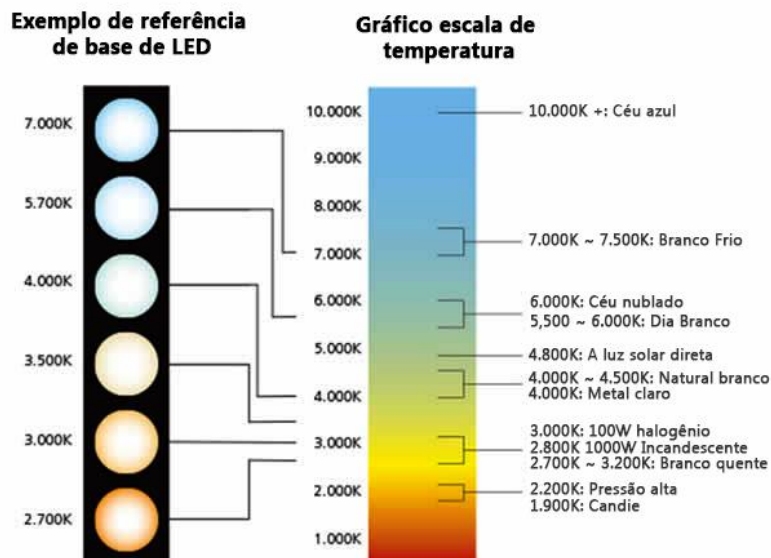


Figura 2 Tons de branco e escala de temperatura da cor da luz

Para melhor detalhar como se consegue obter luz branca com recurso a LED, define-se dois tipos de configurações: através de uma configuração RGB, onde se dá a junção de três *chips* (verde, vermelho e azul) ou por *Phosphor Converted* (PC) que produz luz branca num único LED de comprimento de onda curto, e.g LED luz azul e um revestimento de fósforo amarelo. Os fotões azuis ou UV gerados no LED propagam-se através da camada de fósforo sem sofrer qualquer alteração, ou poderão ser convertidos em fotões amarelos na camada de fósforo. A junção dos fotões azuis e amarelos acontece para gerar luz branca (Schubert 2006).

O sistema PC é o mais utilizado pois consegue-se com um menor custo de produção e por norma apresenta maior eficiência luminosa com maior fluxo luminoso, comparativamente ao sistema RGB. A utilização de vários fósforos vai influenciar a

temperatura de cor destes. Por exemplo, se utilizar um LED azul com fósforos amarelos, surge um LED branco frio (~ 6 000 K).

A Figura 3 apresenta a variação de cor possível para o espectro visível de luz emitida, observável na iluminação LED (Braun 2013).

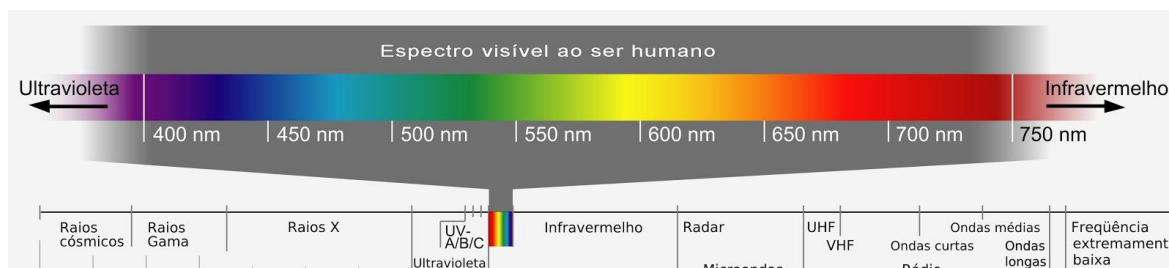


Figura 3 Espectro visível de luz emitida por LED

2.1.3. DIVERSIDADE NA TECNOLOGIA LED

Incentivado pela necessidade de melhorar ainda mais as capacidades desta tecnologia, a indústria interessada tem vindo a investir em melhorar as características destas lâmpadas, dando por isso oportunidade ao surgimento de novas arquiteturas LED.

Surgiram por isso novas formas de iluminação LED, do tipo diodo emissor de luz, e.g.: *Dual In Line Package (DIP)*, *Surface Mount Device (SMD)*, *Chip On Board (COB)* e do tipo diodo orgânico emissor de luz, e.g.: *Organic Light-Emitting Diode (OLED)* e *Phosphorescent OLED (PHOLED)*.

2.1.3.1. DUAL IN PACKAGED LED

A constituição do DIP é a tradicional desde que surgiram os primeiros tipos de LED. Os DIP LED utilizam dois ou mais materiais semicondutores inorgânicos, dependendo da cor desejada, encapsulados por um material com um alto índice de refração. Este encapsulamento apresenta-se composto por vários materiais, dependendo do tipo de utilização, pode ser e.g. constituído por epóxi ou silicone.

A Figura 4 apresenta diferentes tipos de encapsulamento para os LED do tipo DIP (Schubert 2006).

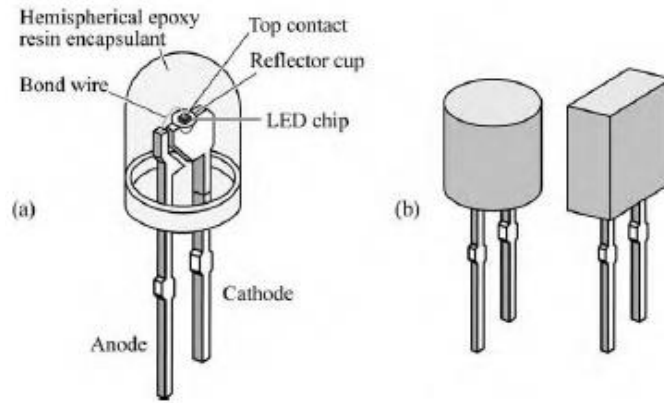


Figura 4 Diferentes tipos de encapsulamento DIP

2.1.3.2. SURFACE MOUNT DEVICE LED

Os SMD LED recorrem ao mesmo método de emissão de luz, porém, diferem na montagem, uma vez que o díodo emissor de luz é colocado numa *Printed Circuit Board* (PCB). A PCB contempla os vários componentes eletrônicos adequados à utilização pretendida e quando se faz passar uma corrente elétrica o díodo emite luz. Os SMD são bastantes utilizados em diversos tipos de aplicações, e.g. na retroiluminação em relógios, luminárias de via pública ou mesmo na indústria automóvel. Têm como vantagem apresentarem-se numa forma compacta e por conseqüente oferecer uma grande robustez mecânica. A Figura 5 apresenta exemplo de uma lâmpada LED do tipo SMD (Amazon 2018).



Figura 5 Exemplo de SMD LED

2.1.3.3. CHIP ON BOARD LED

O COB LED apresenta uma configuração baseada em SMD LED, do tipo multi díodos num único módulo PCB. Porém, o COB apresenta mais díodos num único módulo comparativamente a SMD. Normalmente contempla nove díodos por módulo com uma ligação mais simples, recorrendo unicamente a 2 contactos elétricos. Este tipo de tecnologia é mais eficiente, pois produz no mínimo 80 lumens por watt, porém só deve ser utilizada para iluminação de uma só cor, pois dada a sua simplicidade de ligações, não é muito versátil. Consegue-se identificar este tipo de LED, por exemplo em *flashes* de *smartphones*. A Figura 6 apresenta um exemplo de COB LED instalado em módulo SMD («<http://www.solarlightsmanufacturer.com/cob-led-smd-led/>» 2018).

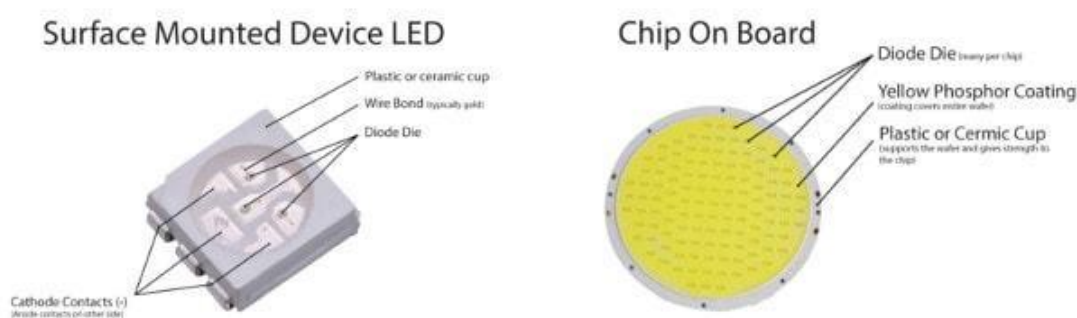


Figura 6 Exemplo COB LED em módulo SMD

2.1.3.4. ORGANIC LIGHT-EMITTING DIODE LED

OLED é similar a LED, no entanto contém 6 camadas de forma a tornar a produção de luz mais eficiente. Apresenta primeiro uma camada de vidro seguida da camada do cátodo que recebe os eletrões emitidos pela camada de emissão de eletroluminescência composta por células orgânicas ou polímeros. A quarta camada é a condutora que recebe da camada do ânodo e, por último, a camada de substrato.

Em vez de ter uma luz de fundo, como nos LEDs tradicionais, o OLED é auto iluminador devido ao seu material orgânico. Uma vez que não tem luzes de fundo, o módulo OLED é significativamente mais fino do que os restantes módulos.

A utilização de OLED é mais apropriada para *displays*, é habitual encontrar esta tecnologia nos ecrãs de televisões mais recentes, de gama superior. A Figura 7 exemplifica

um *display* de OLED («<https://www.jameco.com/Jameco/workshop/Howitworks/how-organic-light-emitting-diodes-work.html?CID=HPWOLED>» 2018).



Figura 7 *Display* de OLED

2.1.3.5. PHOSPHORESCENT OLED

Os fósforos orgânicos aplicados em OLED permitem quadruplicar a eficiência dos materiais fluorescentes. Os OLED fosforescentes geram luz através de uma excitação de elétrons altamente eficiente (Karzazi 2013).

Esta tecnologia, ainda em desenvolvimento, é promissora, devido às inúmeras combinações, texturas e cores que podem oferecer a *displays*.

2.1.4. COMPARATIVOS COM OUTROS TIPOS DE ILUMINAÇÃO

Considera-se natural que as fontes de luz para iluminação com lâmpadas dos tipos incandescente, halogênio, vapores de sódio e fluorescentes serão, numa data não muito distante, completamente substituídas por fontes de luz no estado sólido, designadas por LED.

Atualmente, a tecnologia LED poderá proporcionar uma durabilidade de entre 30.000 a 60.000 horas de luz, embora depois de 50.000 horas o seu desempenho possa cair para 70%. O uso de materiais como o alumínio e o dimensionamento adequado dos elementos que dissipam o calor permitem garantir a grande durabilidade das lâmpadas de LED.

O uso da tecnologia LED e sua constante evolução em termos de eficiência luminosa, representa o futuro em termos de fontes de luz. Atualmente, pode substituir as lâmpadas tradicionais, tais como lâmpadas incandescentes e de halogéneo, reduzindo o consumo de

energia até 70%. A grande durabilidade dos LEDs e a economia significativa de energia, resulta numa redução significativa dos custos relacionados com a manutenção e com as faturas de eletricidade (Mega 2017).

A iluminação LED oferece uma série de vantagens tecnológicas:



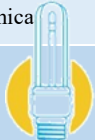

- Baixo consumo de energia;
- Vida útil extremamente longa;
- No início de utilização tem uma taxa de falha muito baixa;
- Dimensões reduzidas;
- Resistentes a vibração e ao choque;
- Não emitem radiação ultra violeta ou infravermelho;
- Quase não emitem calor;
- Emitem uma luz dirigida com um feixe que pode atingir 120 °;
- Alta saturação de cor, ou seja, elevada proporção de quantidade de cor em relação à cor cinza média.

Principais benefícios para os utilizadores:

- Grande flexibilidade e disponibilidade de opções de *design* e de arquitetura devido a uma infinidade de opções de cores;
- Elevada eficiência económica devido ao baixo consumo de energia, à vida útil longa e ao reduzido custo de manutenção;
- Grande fiabilidade, mesmo em condições difíceis.

Para melhor avaliar as vantagens da iluminação LED face a outro tipo de iluminação, apresenta-se a Tabela 2 com vários fatores a comparar, constatado desta forma as vantagens deste tipo de tecnologia face às demais (Almeida 2015).

Tabela 2 Comparativo entre tipo de lâmpadas

Tipo	Incandescente	Halogênio	Florescente	LED
Característica	As mais comuns, existem em várias formas e tamanhos	Incandescentes, com halogênio na composição	Necessitam de reator para acender	Ultima geração de lâmpadas
Eficiência Energética	Baixa	Baixa, embora superior à incandescente	Alta eficiência	Alta eficiência, superior à florescente
Consumo para produzir os mesmos lumens (w)	40 60 75 100	28 42 53 70	8 12 15 20	4 6 8 10
Como funciona	Produz luz por via de aquecimento do seu filamento. Quanto mais quente, mais luz	Produz luz por via de aquecimento, mas com feixes mais direcionados	Não aquece (muito) o ambiente e funciona com reator	Díodo emite luz ao ser atravessado por corrente elétrica
Vida útil (horas)	1 000	4 000	20 000	50 000
Custo	Mais econômica	Econômica	Econômica	A menos econômica, mas preço em forte queda
Configuração exemplo				

Constata-se na Tabela 2 que as vantagens da iluminação LED, em relação às demais tecnologias, são transversais aos vários fatores de comparação. Apresentam-se como as mais eficientes, com vida útil superior e com o preço mais elevado, embora em queda.

2.1.5. GRANDEZAS LUMINOTÉCNICAS

Para aprofundar a compreensão dos elementos da luminotécnica, deve-se considerar algumas grandezas e conceitos essenciais como Luz, Fluxo luminoso (Φ) Intensidade Luminosa (I), iluminância (E), Luminância (L), Eficiência Luminosa (η) e Refletância (r) (Schreder 2018).

- Luz - É a parte do espectro luminoso que é visível ao olho humano, isto é, a radiação capaz de reproduzir sensação visual. A cor dependerá do comprimento de onda da radiação.
- Fluxo Luminoso - Fluxo luminoso é a quantidade total de energia luminosa, emitida por segundo por uma fonte de luz. É designado pelo símbolo ϕ ou F e é expressa em lumens. A medição de fluxo luminoso de fontes de luz artificial é realizada dentro de uma esfera branca totalmente difusa, chamada de esfera de

Ulbricht. Este equipamento mede a quantidade total de lumens emitida pela fonte de luz testada, por comparação com uma lâmpada calibrada.

- Intensidade Luminosa - É a concentração de luz numa dada direção específica, irradiada por segundo. É designado pelo símbolo I . A unidade é a candela (cd). A intensidade luminosa pode ser definida como o fluxo luminoso numa dada direção, irradiada por unidade de ângulo.
- Iluminância – É a quantidade de luz que incide sobre um ponto da superfície e a área dessa superfície. É designado pelo símbolo E . A unidade é o lux (lx). Um lux é igual a um lúmen por metro quadrado. A iluminância é independente da direção de onde o fluxo luminoso atinge a superfície.
- Luminância: Corresponde ao fluxo luminoso emitida por unidade de área de uma superfície numa direção específica. Esta mede a luz tal como é percebida pelo olho humano. A percepção de todas as superfícies e objetos que estão no nosso campo de visão deve-se à sua luminância, enquanto os níveis de iluminância não são de facto percebidos. A unidade é a candela por metro quadrado (cd/m^2). A Figura 8 ilustra um exemplo de fluxo luminoso emitido numa superfície, numa direção específica.

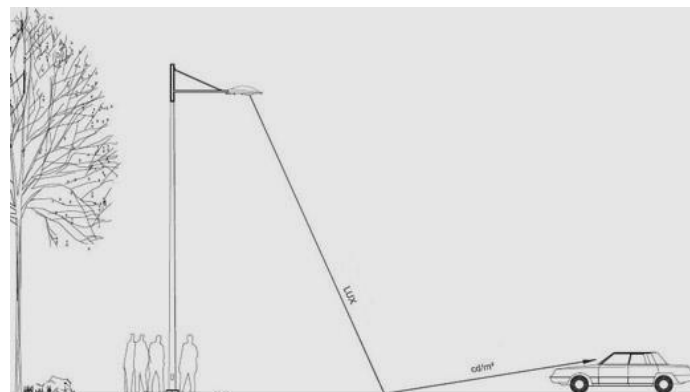


Figura 8 Fluxo luminoso emitido numa superfície

O principal critério requerido pela norma para aplicações rodoviárias de iluminação é a iluminância da superfície da estrada. O bom conhecimento das características da reflexão da luz nos pavimentos rodoviários é, portanto, de grande importância para alcançar um *design* de iluminação preciso.

- Eficiência Luminosa – É a relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida, representado pelo símbolo η . Expressa-se em unidades de lúmen por Watt (lm/W) e pode também representar a quantidade de fluxo luminoso emitido por uma fonte de luz a partir de uma potência de 1 Watt. Desta forma, a eficiência luminosa é uma grandeza adequada para comparações entre fontes de luz de diferentes tipos.
- Refletância - É a relação entre o fluxo luminoso incidente sobre a superfície e o fluxo luminoso refletido (r)

2.1.6. LÂMPADAS PARA ILUMINAÇÃO DA VIA PÚBLICA

As lâmpadas podem ser categorizadas segundo o seu método de emissão de luz, sendo divididas entre incandescentes, de descarga e LED. As luminárias mais utilizadas nas autoestradas são as de descarga e as LED.

- Luminárias de lâmpadas de descarga – Neste tipo de lâmpadas, o fluxo luminoso é gerado através da passagem da corrente elétrica por um gás, mistura de gases ou vapores, ou indiretamente através da combinação com a luminescência de fósforos, sendo estes excitados pela radiação da descarga. Os gases utilizados podem ser: sódio, mercúrio ou xénon, dependendo do tipo de lâmpada de descarga. Por norma, as lâmpadas desta tecnologia requerem dispositivos externos para proceder à sua ignição e também operação. As lâmpadas de descarga necessitam entre dois a quinze minutos para acender completamente e possuem um consumo relativamente baixo de energia e uma vida útil alta. É habitual identificar esta tecnologia de lâmpadas em quatro modelos distintos, sendo estes: vapor de sódio (alta e baixa pressão), vapor de mercúrio, iodetos metálicos e lâmpadas mistas (Barbosa 2012).

Dos vários tipos de lâmpadas de descarga, as mais comuns na iluminação de autoestradas ou nouro tipo de iluminação pública, são principalmente as de vapor de sódio, mas nalguns casos são identificam-se também as de iodetos metálicos. As lâmpadas de vapor de sódio possuem sódio em excesso para haver condições de saturação do vapor durante o funcionamento da lâmpada. De igual forma, também existe excesso de mercúrio, que serve como gás de

proteção. No tubo de descarga é possível ainda encontrar xénon, sob baixa pressão, para auxiliar no arranque e limitar a condução do arco de descarga para a parede do tubo. Este tipo de lâmpada emite energia sobre uma boa parte do espectro visível. Quanto ao tempo de arranque, é necessário entre 5 a 15 minutos e de um pequeno tempo de arrefecimento antes de um re-arranque. Em comparação com as lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão, as de alta pressão têm uma restituição de cores superior (Artes 2004)

A Figura 9 apresenta a constituição de lâmpadas de vapor de sódio.

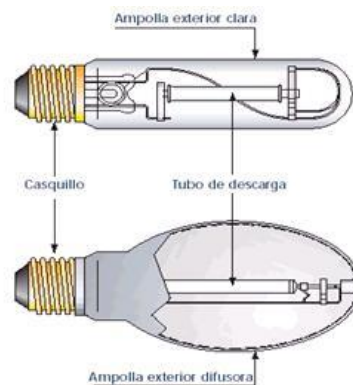


Figura 9 Lâmpada de vapor de sódio

A Tabela 3 apresenta as diferenças entre as lâmpadas de vapor de sódio de alta e de baixa pressão bem como as de iodetos metálicos (Barbosa 2012).

Tabela 3 Lâmpadas de vapor de sódio de alta e baixa pressão e iodetos metálicos

Lâmpadas de descarga:	Vapor de sódio de alta pressão	Vapor de sódio de baixa Pressão	Iodetos Metálicos
Rendimento Luminoso	De 65 a 130lm/W	De 98 a 200lm/W	De 65lm/W a 100lm/W
Temperatura de Cor	De 1.900 a 2.500°K	Aproximadamente 1.700°K	De 3.000°K a 6.000°K
Índice de Restituição Cromática	De 25 a 80	0	De 81 a 95
Duração de Vida Média	De 8.000 a 12.000h	12.000h	De 3.000h a 9.000h
Tempo de Arranque	Aproximadamente 5 minutos	Aproximadamente 10 minutos	Aproximadamente 4 minutos
Luminância	De 25 a 500cd/cm ²	6cd/cm ²	De 100cd/m ² a 6.000cd/m ²
Equipamento Auxiliar	Ignitor, balastro e condensador	Ignitor e balastro	Ignitor, balastro e condensador / Balastro eletrónico
Funcionamento	Qualquer	Qualquer	Pode haver restrições

- Luminárias de lâmpadas LED – A iluminação LED foi introduzida com sucesso no mercado para substituir, com vantagens ao nível da eficiência energética e dos custos de manutenção, as luminárias em iluminação pública que recorrem a lâmpadas de descarga. Consta-se que esta nova tecnologia, que progressivamente se apresenta com preços unitários cada vez mais competitivos, está também a invadir as habitações, escritórios e os armazéns industriais.

A constituição das lâmpadas LED foi já detalhada nos pontos anteriores deste capítulo, pelo que se entende agora necessário apresentar uma tabela com os fatores a avaliar quando a sua aplicação se dá em iluminação de autoestradas (Garrido 2010a).

Tabela 4 Características de luminárias LED

Luminárias LED	
Rendimento Luminoso	De 60 a 100lm/W
Temperatura de Cor	De 3.000 a 6.000°K
Índice de Restituição Cromática	Superior a 75
Duração de Vida Média	50.000
Tempo de Arranque	Praticamente instantâneo
Luminância	-
Equipamento Auxiliar	Fonte de alimentação DC
Posição de Funcionamento	Qualquer

A Figura 10 apresenta uma luminária com lâmpadas LED (Luxart 2017).



Figura 10 Luminária com lâmpadas LED

As lâmpadas mais utilizadas na iluminação das autoestradas ainda são as de descarga de vapor de sódio. Este facto justifica-se pelo forte investimento necessário na migração dessas lâmpadas para as de LED. Porém, também se deve à necessidade de manter o cumprimento das normas em vigor, carecendo portanto de estudos prévios à respetiva migração de tecnologia.

Para desenvolvimento desta dissertação é relevante o estudo das normas que regem os projetos de iluminação das vias públicas, sendo este estudo desenvolvido no subcapítulo 2.4 - Auditoria energética e normas reguladoras.

2.2. ILUMINAÇÃO COM TUBOS SOLARES

Neste ponto faz-se referência ao estudo da tecnologia de tubos solares, por se apresentar como possível alternativa à iluminação artificial tradicional ou mesmo à mais recente iluminação LED.

Sendo o tema desta dissertação relacionado com a eficiência energética, torna-se pertinente estudar uma tecnologia de iluminação natural de interior de edifícios, recorrendo exclusivamente à irradiação solar, portanto, sem necessitar de eletricidade para funcionar.

Segundo estudos do fabricante português Chatron (Chantron 2017), cerca de 80% das horas de trabalho em ambientes fechados podem ser realizados com iluminação natural, contribuindo assim, de uma forma direta, para a redução dos custos com energia e consequentemente para a melhoria da eficiência energética dos edifícios.

2.2.1. A TECNOLOGIA

Os tubos solares são sistemas ecológicos, onde a luz natural é captada e orientada através de tubo revestido interiormente por material extremamente refletor, que minimiza a dispersão dos raios solares e permite um fornecimento de luz sem transmissão de calor ou frio (Chantron 2017). Este tipo de iluminação de interiores, alcança níveis de iluminância bastante elevados, sendo perfeitamente suficientes para a utilização normal no interior de edifícios, quer para uso doméstico, quer para utilizações empresariais.

A Tabela 5 apresenta as características de desempenho de alguns modelos de tubos solares fabricados em Portugal, pela empresa Chatron (Chantron 2017).

Tabela 5 Características luminotécnicas de tubos solares da Chatron

Modelo de Tubo Solar	Diâmetro (mm)	Comprimento do tubo* (mm)	Céu Limpo com 120.000 Lux medido às 14h	Céu Limpo com 85.000 Lux medido às 14h	Céu com nuvens com 45.000 Lux medido às 14h	Céu nublado com 20.000 Lux medido às 14h
TS 250	250	625	4.600	2.900	1.350	540
TS 300	300	625	6.900	4.200	1.940	770
TS 400	400	625	11.500	7.500	3.500	1.390
TS 530	530	625	20.000	13.000	6.350	2.500
TS 750	750	1250	30.000	24.000	11.620	5.300
TS 1000	1000	1250	53.000	37.000	24.650	8.400

2.2.2. CONSTITUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO TUBO SOLAR

Cada tubo solar é tipicamente constituído por uma zona de captação de luz, uma zona de transferência e por uma zona de distribuição (Chantron 2017):

- Lente de cúpula exterior, em policarbonato resistente a impactos, com o topo em forma de diamante, maximizando a captação solar;
- Maximizador de luz para aumentar a captação solar quando o Sol se apresenta com ângulos baixos (solstício de inverno) e no nascer e Pôr-do-Sol;
- Tubo de alumínio revestido interiormente por material extremamente refletor, praticamente espelho perfeito, para encaminhar a luz solar para o interior;
- Difusores para dispersar a luz pelo espaço a iluminar, bloqueando os raios os raios UV e IV.

A Figura 11 ilustra o esquema de funcionamento de um tubo solar (Garrido 2010a)



Figura 11 Esquema de funcionamento de um tubo solar

Sendo a cúpula o componente que recebe primeiro a irradiação solar, seria expetável que a transmissão de calor ou frio fosse um facto inevitável. Pelo que, conseqüentemente, conciliar-se-ia à iluminação natural de qualidade, uma baixa eficiência energética dos edifícios, uma vez que haveria necessidade de controlar a sua temperatura com o reforço dos sistemas de climatização. Com a tecnologia utilizada nas cúpulas, nomeadamente no tubo de transferência, consegue-se filtrar os raios UV sem causar perdas de luminosidade e transmitir a luz por uma distância considerável (Chantron 2017).

A Figura 12 demonstra uma comparação entre sistemas de iluminação natural, onde, na relação iluminação e índice de desempenho energético, o tubo solar obtém o valor superior em mais do dobro face à segunda tecnologia mais eficiente, os vidros duplos múltiplos (Garrido 2010a).

Sistema	Transmissão de luz (Vt)	Coefficiente transmissão térmica (SHGC)	Índice relativo (Vt / SHGC)
Janela de baixa transmissão térmica vidro triplo e película reflectora	22%	0,16	1,38
Janela de vidro triplo	63%	0,36	1,75
Janela de vidro duplo	71%	0,49	1,45
Clarabóia dupla Translúcido/prismático	71%	0,51	1,39
Sistema de Iluminação diurna Solatube 750 DS	60%	0,20*	3,00

Figura 12 Relação entre iluminação e índice de eficiência energética

A zona de transferência de luz natural é constituída por um ou vários tubos exteriormente revestidos a alumínio e interiormente com uma camada de prata laminada a quente de elevada refletividade (superior a 97,7%) prevenindo assim perdas de luminosidade e permitindo o transporte da luz por distâncias até 25 m (Chantron 2017).

Todavia, nem sempre é possível fazer instalações com ligações de transferência de luz natural numa linha vertical, por vezes é necessário contornar obstáculos por baixo de coberturas ou em tetos falsos, existindo por isso adaptadores com ângulos entre 0° a 90° sem que haja perdas de reflexão (Garrido 2010a), tal como exemplificado na Figura 13.



Figura 13 Adaptador para tubo refletor com ângulos de 90°

Sendo as cúpulas altamente recetoras de luz e as perdas da luminosidade desprezáveis, torna-se por vezes necessário regular o excesso de intensidade de luz. Para essa funcionalidade, existe a possibilidade de os tubos refletores serem dotados de um

diafragma de borboleta que permite regular a quantidade de luz que é debitada no espaço a iluminar. O acionamento do diafragma faz-se através de um interruptor de parede ou controlo remoto (Garrido 2010a).

A Figura 14 ilustra o desempenho de um sistema de tubos solares no verão, com a capacidade de regulação da intensidade luminosa (Garrido 2010a).

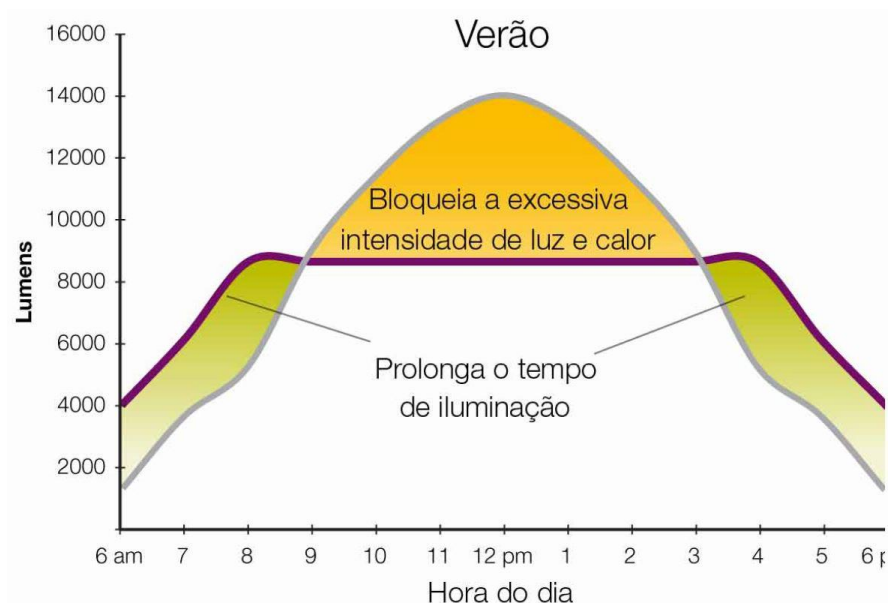


Figura 14 Gráfico de desempenho e regulação da luminosidade num tubo solar

2.2.3. APLICABILIDADE

A possibilidade de aplicação deste tipo de iluminação é diversa, pelo que é possível identificar tubos solares em todo o tipo de divisões em habitações, fábricas, laboratórios, escritórios, recintos desportivos, instalações de ensino, etc.

No caso particular de alguns laboratórios, a razão deve-se essencialmente pela qualidade da iluminação que, por ser natural, proporciona as melhores condições de visibilidade aos técnicos que utilizam o laboratório. Por outro lado, as utilizações de tubos solares em recintos desportivos e fábricas, deve-se não só à qualidade de iluminação que se consegue durante o dia, mas também por razões de eficiência energética, reduzindo os gastos de energia com iluminação ou em climatização quando existem claraboias.

A Figura 15 evidencia alguns exemplos de aplicação de tubos solares (Garrido 2010a).



Figura 15 Aplicações industriais (esquerda) e doméstica (direita)

2.3. PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Neste subcapítulo faz-se referência ao estudo das tecnologias associadas aos painéis fotovoltaicos (PF) avaliando, desta forma uma tecnologia que visa a obtenção de uma maior eficiência energética.

Considera-se pertinente estudar o panorama de utilização desta tecnologia em Portugal, e as várias soluções de painéis fotovoltaicos, os inversores DC/AC (inversores de corrente contínua para corrente alternada) que compõem o sistema, bem como o seu armazenamento em baterias. Será igualmente abordado o estudo das leis que regem a utilização de sistemas energia para autoconsumo.

2.3.1. FOTOVOLTAICO EM PORTUGAL

A produção de energia com recurso a PF tem registado um crescimento notável nos últimos 10 anos. Apesar do interesse que ela desperta, será possível haver um aproveitamento mais significativo. Várias razões explicam a utilização considerada baixa deste recurso: a energia fotovoltaica (FV) é de armazenamento difícil, caro e há, ainda, o custo consideravelmente elevado dos PF.

Embora a conjuntura ainda existente, Portugal tem-se empenhado na tarefa de aproveitar o Sol para a produção de energia elétrica, inclusive através da tecnologia baseada em painéis fotovoltaicos, tendo, por essa via, evoluído de uma potência instalada residual no início do novo milénio, para 741 MW em 2017 como se pode verificar no relatório elaborado pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), através da Figura 16 (DGEG 2017).

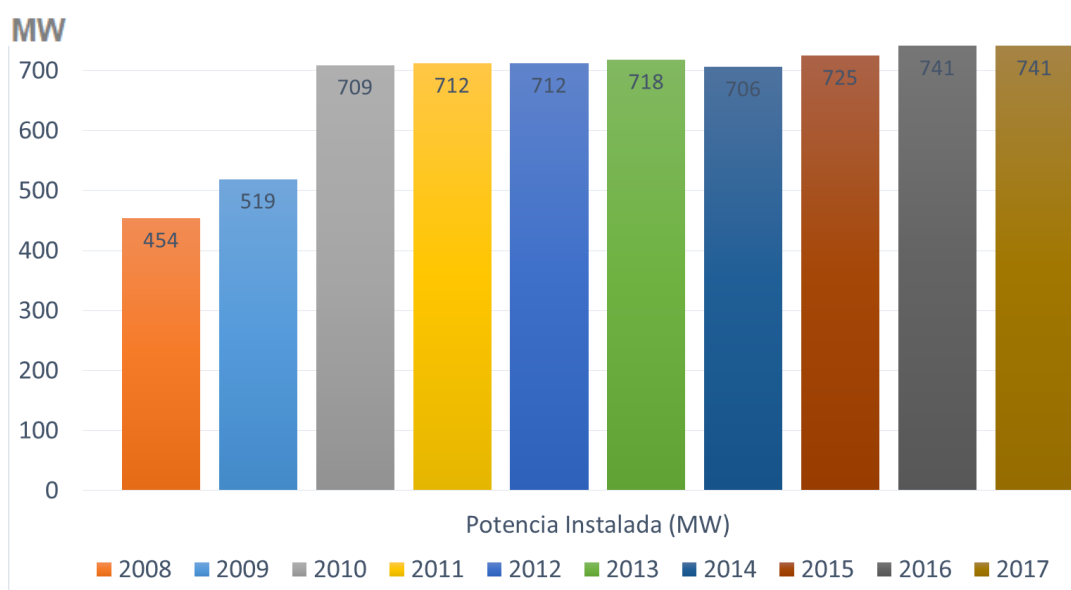


Figura 16 Evolução da potência instalada de energia FV em Portugal

Quanto à produção efetiva de energia através de sistemas FV, Portugal registou um valor manifestamente reduzido em 2008, com 41 GWh. Porém, a evolução tornou-se acentuada até 2015, tendo desde então e até 2017 crescido de forma mais moderada, entre os 800 GWh e os 845 GWh.

A Figura 17 ilustra a evolução da produção anual de energia com recurso à tecnologia fotovoltaica (DGEG 2017).

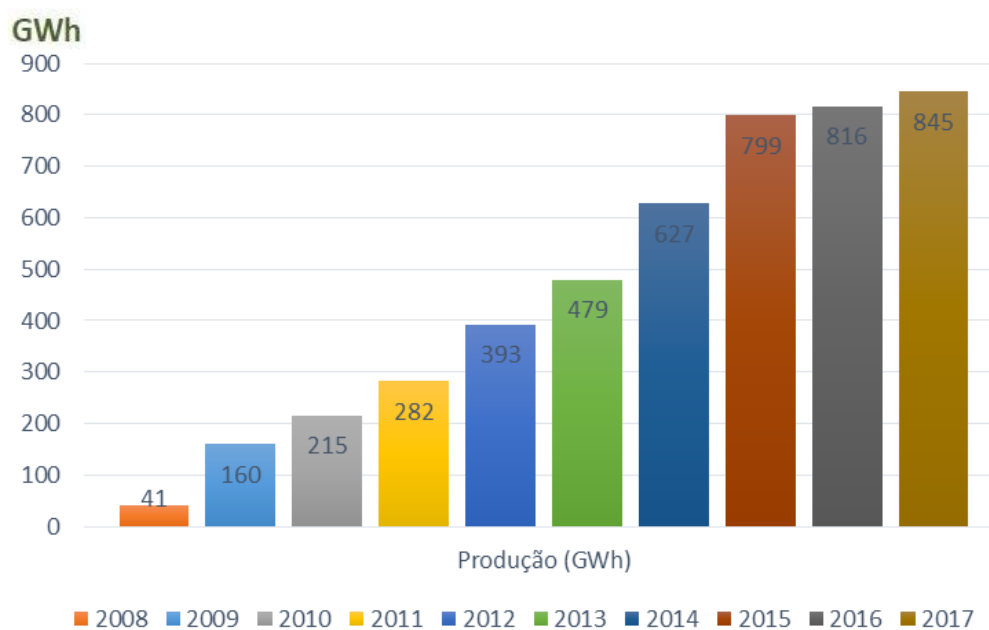


Figura 17 Evolução da produção anual de energia FV em Portugal

Ainda que estes dados representem uma evolução na produção FV bastante significativa nos últimos 10 anos, comparando-os com a produção de energia com recurso a outras fontes renováveis, considera-se que, de 2008 a 2017 a tecnologia com maior crescimento em potência instalada foi a eólica (2,26 GW). No entanto, de acordo com a Figura 18, em termos relativos a tecnologia que mais cresceu foi a fotovoltaica, tendo evoluído, tal como já referido, de uma potência instalada residual, para 845 MW (DGEG 2017).

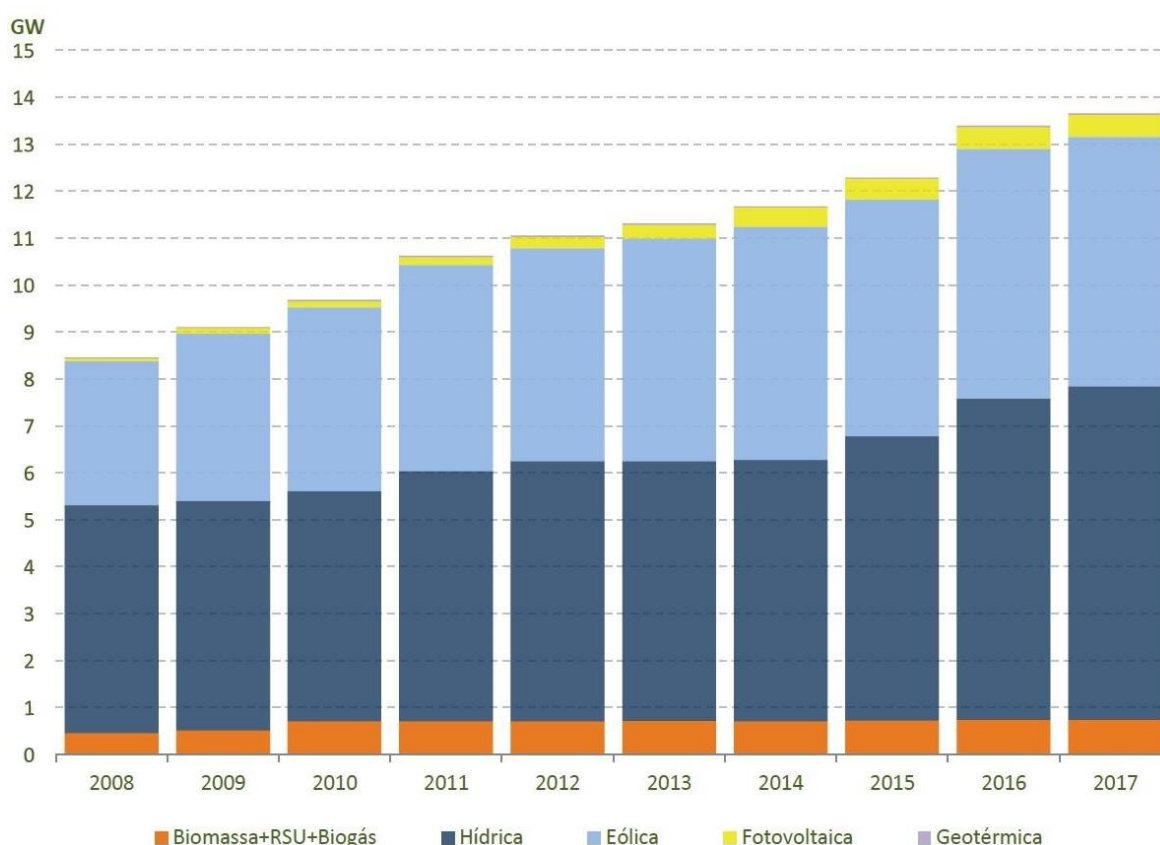


Figura 18 Comparação entre tecnologias de produção de energia (em GW)

No último ano em análise neste relatório da DGEG e ilustrado na Figura 19, a região do Alentejo foi a que mais produziu energia FV em Portugal, tendo sido responsável por cerca de 35% da produção nacional. Por outro lado, a região Norte é pouco representativa no panorama nacional com uma produção aproximada em 2017 de 90 GW de produção de eletricidade com recurso a sistemas fotovoltaicos (DGEG 2017).

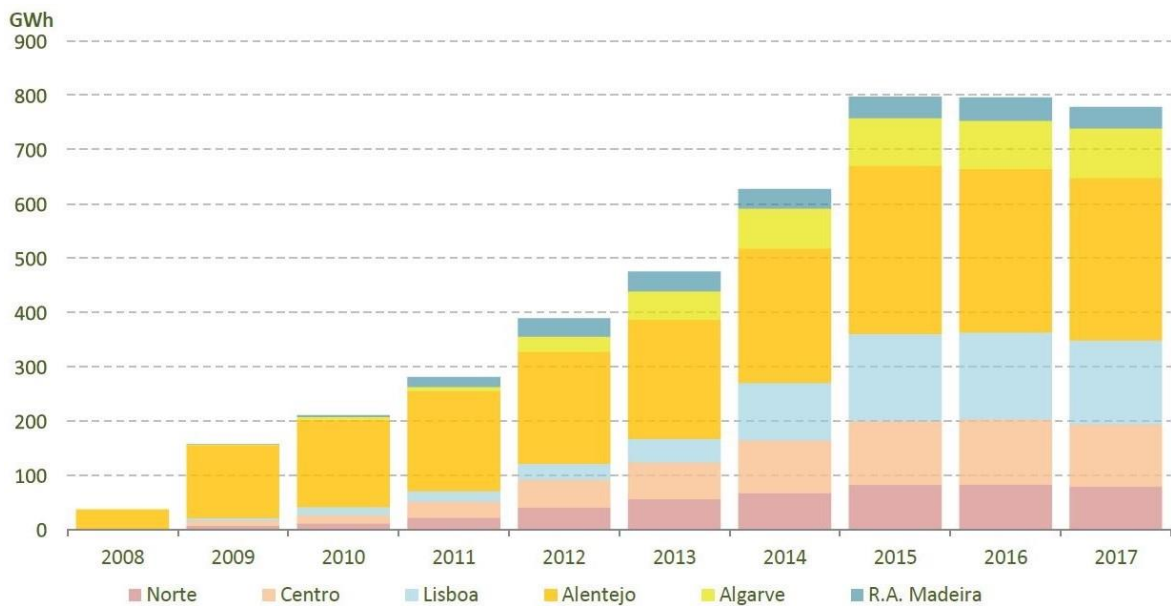


Figura 19 Produção anual de energia FV por região (em GW)

2.3.2. CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

As células fotovoltaicas são a parte essencial e elementar do sistema de PF, pois é nelas que se dá a transformação da energia solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. Este efeito foi descoberto nos laboratórios do físico francês Alexandre Edmond Becquerel no ano de 1839 e também foi nesse mesmo laboratório que nasceu a primeira célula fotovoltaica (Garrido 2010b).

Segundo Edmond Becquerel, o efeito fotovoltaico trata-se da criação de uma diferença de potencial nos extremos de um material semicondutor, através da incidência de luz (fotões) na camada n de um material semicondutor fornecendo assim energia aos elétrons. O campo elétrico devido à existência da junção p-n, promove a circulação dos elétrons pelo circuito de carga (exterior à célula fotovoltaica). A tensão da célula deve-se ao efeito de difusão que ocorre no material (Garrido 2010b).

Como pode ser compreendido a partir da descrição anterior, durante o período de ausência de fotões, a célula solar não está ativa e funciona como um diodo, isto é, uma junção p-n que não produz corrente ou tensão (Kalogirou 2009).

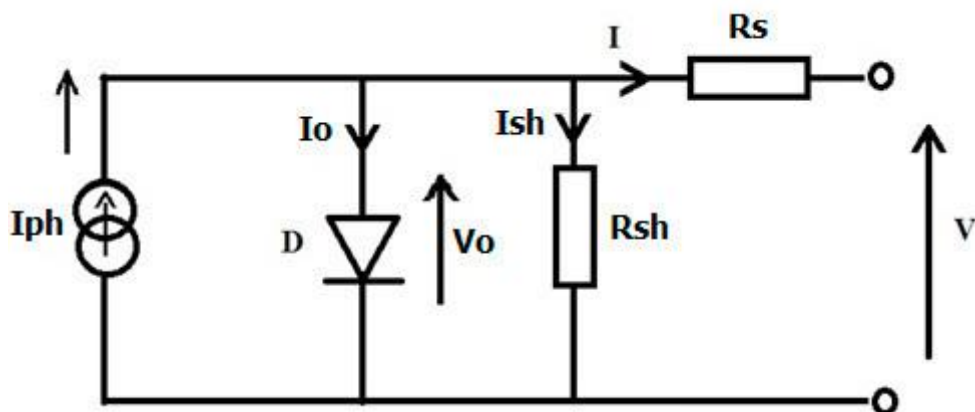


Figura 20 Circuito elétrico de uma célula fotovoltaica

O circuito exemplo da Figura 20 pode ser usado para uma célula individual, ou um módulo com várias células, ou até um *array* (fileira) composto por vários módulos.

De acordo com o ilustrado na Figura 20, o módulo contém uma corrente de fonte (I_{ph}), um diodo e um conjunto de resistências em série R_s , estas representando a resistência interna de cada célula FV. O diodo encontra-se igualmente no interior da célula. A corrente efetiva da célula é a diferença entre a foto-corrente (I_{ph}) e a corrente normal do diodo, que é dada pela expressão da Tabela 6 (Kalogirou 2009).

Tabela 6 Equação de cálculo da corrente efetiva na célula fotovoltaica

$I = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I_o \left[\exp\left(\frac{eV}{kT_C}\right) - 1 \right]$	<p>Equação de cálculo da corrente efetiva na célula fotovoltaica, onde:</p> <p>K = Constante de Boltzmann's gas = $1.381 \cdot 10^{-23}$</p> <p>T_c = Temperatura absoluta da célula</p> <p>e = carga elétrica = $1.602 \cdot 10^{-19}$</p> <p>v = Tensão imposta após célula</p> <p>i_0 = corrente de saturação com ausência de luz</p>
---	---

A Figura 21 ilustra o comportamento de uma célula fotovoltaica quando a luz incide na mesma (Garrido 2010b).

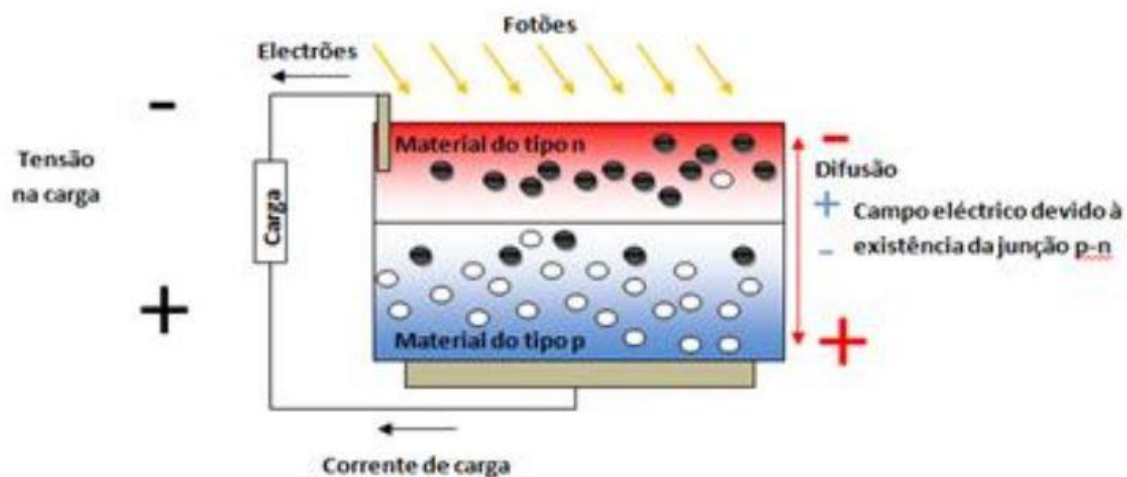


Figura 21 Efeito Fotovoltaico

A tecnologia das células fotovoltaicas pode ser dividida em três gerações. A primeira geração é constituída por células feitas em silício cristalino, representado cerca de 90 % das células disponíveis no mercado. As células que utilizam a tecnologia de silício cristalino podem ainda ser de dois tipos, silício monocristalino ou policristalino. Em ambos os casos, para o seu fabrico, é necessário obter inicialmente silício com um grau de pureza extremamente elevado (99,999999%). Através de diferentes processos industriais é obtido o silício monocristalino ou policristalino consoante o método de processamento utilizado. A eficiência das células de silício monocristalino encontra-se entre os 13 e os 17% e a das células de silício policristalino situa-se entre os 11 e 14%. Apesar das primeiras apresentarem uma eficiência mais elevada o processamento do silício monocristalino é também mais dispendioso, sendo portanto necessário ponderar a melhor solução para o que se pretende (Garrido 2010b).

A segunda geração é composta por células solares constituídas por silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS), telureto de cádmio (CdTe) e o arsenieto de gálio (GaAs), sendo também reconhecida pela geração de células de filme fino. A eficiência deste tipo de células ronda os 7% para os três primeiros tipos referidos e os 30% para as células de arsenieto de gálio (este tipo de células é utilizado quase exclusivamente em aplicações espaciais devido ao seu custo elevado). Esta geração representa cerca de 10 % do mercado (Garrido 2010b).

A Figura 22 ilustra exemplos de módulos FV de silício monocristalino, policristalino e amorfo (Marjoya 2018).

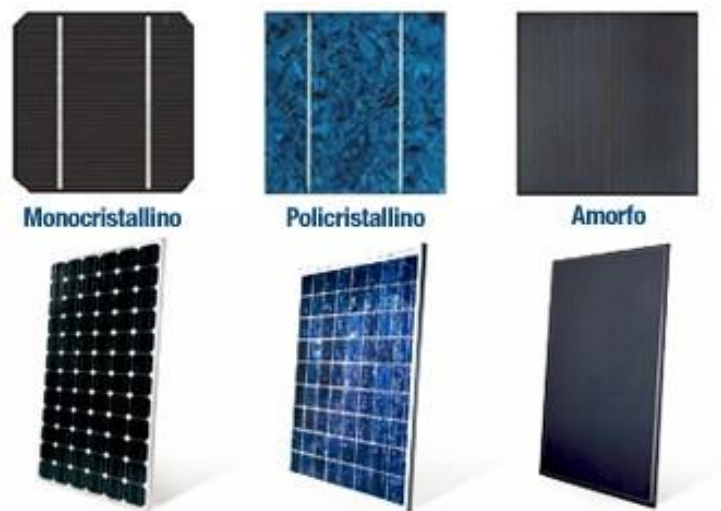


Figura 22 Módulos de silício monocristalino, policristalino e amorfo (da esquerda para a direita)

As células da denominada da terceira geração ainda não estão disponíveis no mercado, uma vez que se encontram em fase de teste e, portanto, a sua produção industrial ainda não se iniciou. As tecnologias em desenvolvimento neste domínio passam pelo fabrico de células multijunção recorrendo a diferentes materiais semicondutores com *gaps* de energia sucessivamente mais baixos, possibilitando um melhor aproveitamento do espectro de irradiação solar (a eficiência deste tipo de células para o caso de tripla junção atingiu já os 40%). Existem ainda as células constituídas por matérias orgânicas semicondutoras, como é o caso do dióxido de titânio, aplicadas sobre substratos flexíveis, cujo objetivo é em geral, imitar o processo de fotossíntese (a eficiência deste tipo de células ronda ainda os 5%). Estão também em testes células designadas fotovoltaicas, em que a energia da irradiação solar é inicialmente convertida em calor e em seguida convertida em energia elétrica por uma célula fotovoltaica concebida para operar numa banda de comprimentos de onda térmicos (Garrido 2010b).

2.3.3. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

A tecnologia de transformação de energia solar em energia elétrica tem como base as células fotovoltaicas, no entanto, estas, de forma isolada, produzem pouca energia elétrica e são extremamente frágeis e vulneráveis a agentes externos. Quando combinadas entre si

originam o módulo FV, conseguindo inclusive desse modo uma estrutura compacta, manuseável e robusta, capaz de proteger as células fotovoltaicas das condições atmosféricas e outras interferências.

Para o funcionamento dos módulos FV, considera-se os parâmetros da temperatura e da irradiação solar, por terem extrema influência no desempenho FV, tal como demonstradas na Figura 23. A Figura demonstra inclusive, que a tensão de circuito aumenta logarithmicamente em função do aumento da irradiação solar, enquanto a corrente de curto-circuito aumenta linearmente. O principal efeito do aumento da temperatura da célula é a tensão do circuito, que diminui linearmente com a temperatura da célula, desta forma, a eficiência da célula diminui (Kalogirou 2009).

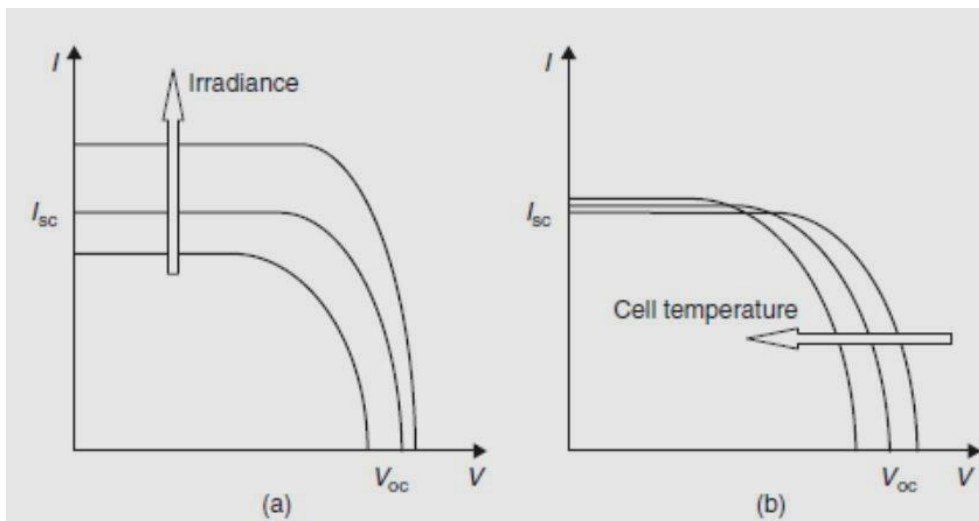


Figura 23 Influência da irradiação solar (a) e da temperatura (b) nas características FV

A instalação de células solares FV pode ser realizada associando células em série, paralelo ou combinação mista para permitir chegar a potências ou diferenças de potenciais desejáveis. Como pode ser observado na Figura 24, quando duas células idênticas são ligadas em paralelo, a tensão permanece a mesma, mas a corrente passa para o dobro, mas quando as células são ligadas em série, a corrente permanece a mesma e a tensão passa para o dobro. (Kalogirou 2009)

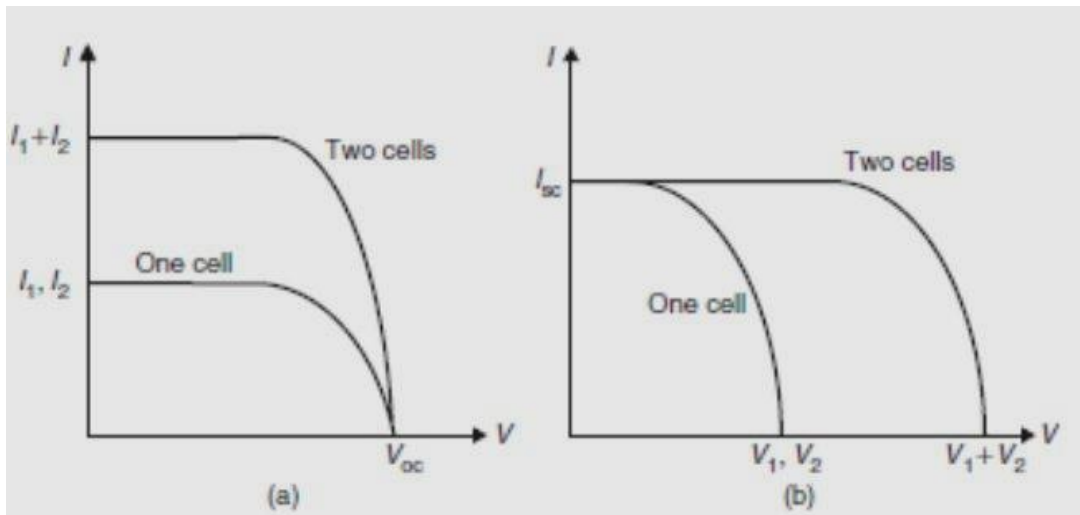


Figura 24 Comportamento de módulos FV quando ligados em paralelo (a) e série (b)

A Figura 25 apresenta uma instalação de módulos FV com uma combinação mista, onde existem células ligadas em série N (SM) e células em paralelo N (PM) (Kalogirou 2009).

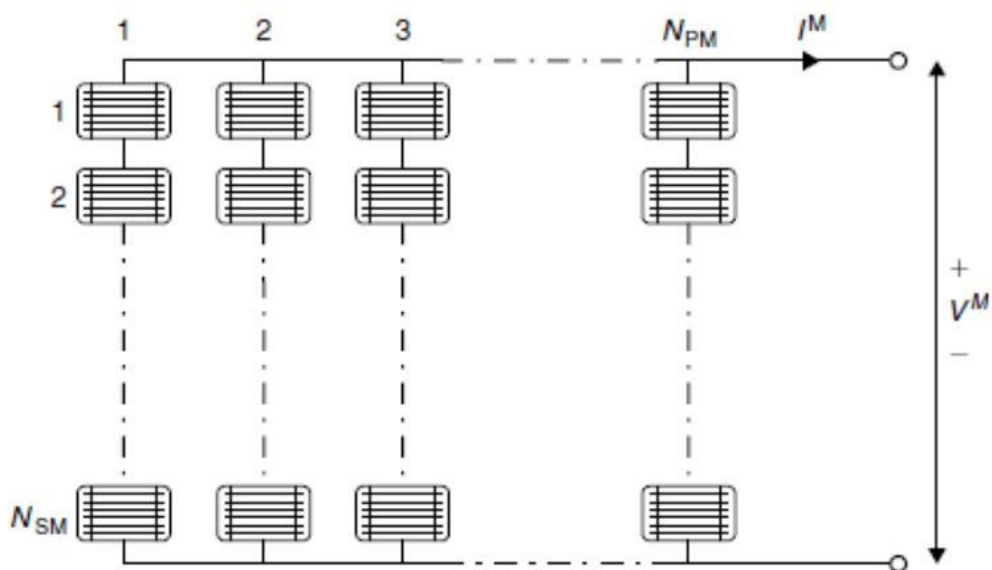


Figura 25 Paralelo de módulos N (PM) células com N (SM) células em série

2.3.4. INVERSORES PARA SISTEMAS FV

O facto de a maioria das cargas elétricas necessitarem de corrente alternada para funcionarem corretamente, bem como a ligação dos sistemas fotovoltaicos à rede de

distribuição elétrica, obriga à presença de um inversor. Estes equipamentos têm como função a conversão de uma tensão contínua DC para uma tensão alternada AC com uma determinada amplitude e frequência. O *output* do inversor pode ser monofásico ou trifásico.

Dividem-se em duas categorias distintas: inversores independentes (*off-the-grid*), para sistemas autónomos e de sincronização exterior (*on-the-grid*) para sistemas ligados à rede. Os inversores com sincronização exterior podem ser bidirecionais, ou seja, permitem a passagem de corrente elétrica em qualquer dos sentidos. Esta característica é essencial, no caso de se tratar de um sistema que produza energia para o consumidor e o excedente da mesma ser vendida à rede. Se a potência gerada não for suficiente para alimentar as cargas, a potência restante será fornecida pela rede. Os inversores para ligação à rede têm características específicas ao nível da segurança. Se a tensão da rede falhar os sistemas FV devem ser automaticamente desligados por ação do inversor evitando a injeção de energia nessas circunstâncias.

O inversor deve garantir a tensão constante no seu *output* AC e converter a potência existente no lado DC no lado AC, com o máximo de eficiência possível. A eficiência do inversor é obtida pela expressão da Tabela 7 (Kalogirou 2009).

Tabela 7 Eficiência de um inversor DC/ AC para FV

$\eta_{inv} = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{ac} I_{ac} \cos(\varphi)}{V_{dc} I_{dc}}$	<p>Equação para obter a eficiência de um inversor DC/ AC de uma instalação FV, onde:</p> <p>$\cos(\varphi)$ = <i>Fator de potencia</i></p> <p>I_{dc} = <i>Corrente do inversor no lado DC</i></p> <p>V_{dc} = <i>Tensão do inversor no lado DC</i></p>
---	---

Consoante a tipologia do sistema FV podem existir três soluções distintas para ligação do equipamento inversor, sendo eles:

- Inversor central

- Inversor de fileira ou *string*
- Micro inversor ou inversor por módulo

O inversor central tende a proporcionar uma alta eficiência e um elevado coeficiente de rendimento, no entanto, o controlo do *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) é limitado, o que implica a utilização de módulos de características idênticas e sujeitos a condições semelhantes de sombreamento. Há vantagens económicas quando se utiliza um único inversor, em termos de redução do investimento inicial e dos custos de manutenção, no entanto a falha do inversor compromete toda a produção, daí esta tipologia estar associada a baixas potências

O inversor de fileira apresenta a conversão de energia do sistema assegurada por vários inversores instalados ao longo das fileiras dos módulos. Este tipo de configuração é habitualmente utilizado nos sistemas fotovoltaicos de grandes dimensões, com geração monofásica ou trifásica. A cada fileira de módulos é associado um inversor, permitindo assim uma melhor gestão da produção, redução das perdas por sombreamento e de *Joule* associadas à extensa cablagem de corrente contínua que leva a uma redução de custos e aumento da produção.

O micro inversor é incorporado em cada módulo fotovoltaico, este é normalmente utilizado para sistemas de baixa potência, geralmente associado a 1 ou 2 painéis. Esta tipologia utiliza uma cablagem de secção mais baixa do lado AC, dado que o inversor é ligado à rede a uma tensão de 230 V. Esta solução associada a potências de maiores dimensões implicaria um grande aumento no custo da instalação devido ao elevado número de inversores presentes

2.3.5. AUTOCONSUMO

Este tipo de instalação fotovoltaica implica que toda a energia produzida pelo sistema possa ser consumida na instalação de consumo. No entanto, eventuais excedentes de produção podem ser injetados na Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) ou então armazenados em baterias, sendo que atualmente esta última solução seja ainda uma dificuldade devido ao custo de aquisição das mesmas.

A produção elétrica pode ser considerada para um sistema autónomo caso a sua própria produção permita satisfazer todos os seus consumos, sendo que em caso de falta de produção, a RESP pode ser a fornecedora de energia. Logicamente, e tratando-se de um sistema fotovoltaico, pretende-se que o seu dimensionamento seja feito para cobrir as necessidades de consumo expectáveis e de acordo com o perfil de consumo do local durante o dia, uma vez que no período noturno não existe irradiação solar. Deste modo, o autoconsumo induz comportamentos de eficiência energética, contribui para a otimização dos recursos e promove a criação de benefícios técnicos para a RESP, nomeadamente através da redução de perdas na mesma.

Na Figura 30, na subsecção 2.4.3 - Enquadramento legal para sistemas de autoconsumo de energia, pode verificar-se a configuração típica de um sistema em autoconsumo sem armazenamento do excedente, configuração esta habitualmente utilizada nas instalações FV recentes.

2.3.6. MICRO E MINI PRODUÇÃO

Na micro e mini produção utiliza-se Unidades de Pequena Produção (UPP) com ligação à RESP onde a energia elétrica produzida é injetada na sua totalidade na rede, sendo que esta energia produzida só pode ser oriunda de uma única tecnologia de produção, proveniente de energias renováveis. A energia injetada é posteriormente remunerada por uma tarifa atribuída com base num modelo pré-estabelecido pelo regulador de energia.

O Decreto de Lei 363/2007 (*Decreto-Lei 363/2007 de 2 de novembro de 2007*) e o Decreto de Lei 34/2011 (*Decreto-Lei 34/2011, de 03 de março de 2011*) enquadraram a produção e comercialização de energia elétrica em regime de micro e mini produção respetivamente. Segundo relatório da Direção Geral da Energia e Geologia, de 2010 a 2017 a taxa média de crescimento anual desta produção foi de 30%.(DGEG 2017)

2.3.7. BATERIAS PARA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA FV

Atualmente assiste-se a uma aposta da indústria na evolução dos sistemas de armazenamento de energia, sendo que a integração de baterias nos sistemas de produção de energia renovável, normalmente baterias de lítio, é desde há alguns anos uma realidade em

locais de consumo que se pretende autónomos. No entanto, não é ainda habitual a introdução de baterias em sistemas FV porque se forem considerados os custos de aquisição de sistemas de armazenamento de energia e a sua vida útil, entende-se que poderá não ser uma opção economicamente viável. Todavia, observa-se uma aposta em tornar as tecnologias das baterias mais baratas, pelo que num futuro próximo, o recurso à utilização de baterias em sistemas FV poderá compensar face às alternativas existentes, tais como a venda à RESP.

Com a introdução de baterias em sistemas FV, pretende-se a possibilidade do próprio consumidor gerir mais ativamente a dependência energética que tem com a RESP, ou seja, num caso de geração de energia proveniente da irradiação solar, que apresenta uma variação de produção considerável ao longo do dia, passa a ser possível armazenar os excedentes de produção e consumir esses excedentes nos períodos onde há défice de produção.

Desta forma, consegue-se responder ao problema do desfasamento entre as horas de produção e horas de consumo. Portanto, e tal como ilustra a Figura 26, existem vantagens no armazenamento do excesso de produção durante o dia para consumir à noite («<https://www.edp.pt/particulares/servicos/energia-solar/baterias/>» 2018).

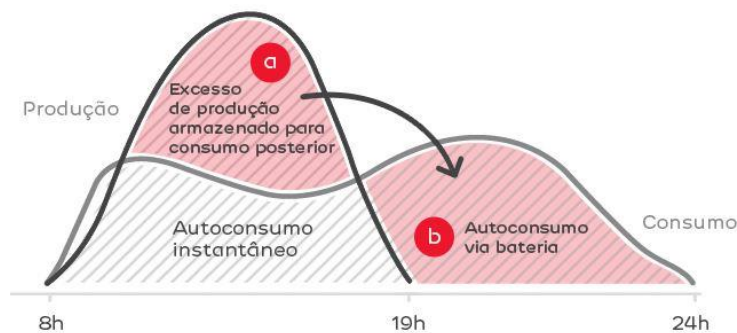


Figura 26 Exemplo de curva de produção e consumo durante um dia

2.4. AUDITORIA ENERGÉTICA E NORMAS REGULADORAS

Neste subcapítulo aborda-se o conceito de auditoria energética, as suas vantagens bem como o estudo das normas reguladoras a ter em conta quando se projeta mudanças em instalações ou infraestruturas.

2.4.1. CONCEITO DE AUDITORIA ENERGÉTICA

Uma auditoria energética caracteriza-se por ser uma inspeção de análise aos fluxos de energia de um edifício ou instalação, com o objetivo de compreender a dinâmica da energia, e.g. eletricidade, água, gás e ar comprimido. A auditoria energética serve para encontrar oportunidades para reduzir a quantidade de energia consumida, mantendo e melhorando ao mesmo tempo o conforto térmico, a saúde e a segurança. Estas têm permitido reduzir o consumo de energia desperdiçada, assim como a deterioração do meio ambiente.

As etapas da auditoria energética devem contemplar os seguintes elementos:

- Caracterização do edifício, das soluções e sistemas originais que serão objeto de intervenção;
- Levantamento dos consumos globais de energia reais do edifício para a situação atual, com base em faturas e/ou medições de energia, sempre que possível desagregando por tipo de consumo e diferenciando os principais consumidores de energia;
- Identificação e caracterização das oportunidades de melhoria, elencando-as na forma de medidas de melhoria individuais por análise custo/benefício com quantificação de prazo de retorno de investimento associado;
- Apresentação de especificações técnicas da instalação de sistemas de produção de energia térmica e elétrica com base em energias renováveis, e.g. painéis fotovoltaicos;
- Realizar outras medidas de eficiência energética que venham a ser consideradas imprescindíveis para a redução de custos.

No final, deve ser elaborado um relatório compilando toda a informação a ser entregue às partes interessadas na auditoria.

2.4.2. NORMA REGULADORA EUROPEIA PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA – EN 13201

Para a realização de um projeto de iluminação pública e mesmo para a reformulação das respetivas luminárias, é impreterível o cumprimento dos requisitos que permitirão obter os resultados esperados em termos de iluminação para um determinado local e igualmente necessário o cumprimento da legislação aplicável. Para o efeito, existe a EN 13201, cujas organizações nacionais de normalização dos seguintes países são obrigadas a aplicar: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Malta, Noruega, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça.

A norma EN 13201, aplicável à iluminação pública, encontra-se dividida em quatro partes, que visam o seguinte:

- EN 13201-1: Classes de iluminação (*Road Lighting - Part 1* 2004);
- EN 13201-2: Parâmetros fotométricos recomendados (*Road Lighting - Part 2* 2004);
- EN 13201-3: Cálculo dos parâmetros fotométricos (*Road Lighting - Part 3* 2004);
- EN 13201-4: Métodos de medição de desempenho fotométrico .

2.4.2.1. CLASSES DE ILUMINAÇÃO – EN 13201-1

A escolha das classes de iluminação rege-se por determinados critérios consoante o tipo de via a que se destina a iluminação. As classes de iluminação existentes são (*Road Lighting - Part 1* 2004):

- M - Destina-se a zonas de circulação de veículos motorizados (estradas de alta e média velocidade);
- C - Zonas de conflito, isto é, quando as faixas dos veículos se interseam ou desaguam em zonas frequentadas por pedestres, ciclistas e etc. As rotundas, cruzamentos, estradas de ligação com largura e número de faixas reduzidas e zonas de centros comerciais são exemplos destas zonas;

- P - Destina-se às zonas essencialmente pedonais ou com tráfego a velocidade reduzida. É definida por parâmetros de iluminância horizontal;
- ES - Para zonas pedonais onde o risco de criminalidade é maior. É definida por parâmetros de iluminância semicilíndrica.

A Figura 27 ilustra a caracterização das classes de acordo com a velocidade praticada, podendo facilmente constatar que para a situação das portagens em autoestradas deve-se aplicar a classe M (EDP 2016).



Figura 27 Classes de iluminação existentes

Para cada classe descrita anteriormente estão associados diversos índices que definem as suas subclasses. Deste modo, é possível caraterizar melhor a situação e definir, de forma otimizada, os valores dos seus parâmetros luminotécnicos. Nas tabelas seguintes são apresentados os critérios de cada subclasse (EDP 2016).

Tabela 8 Critérios fotométricos para a classe M (alta e média velocidade)

Classe de Iluminação	Superfície da estrada				TI (%)	SR
	Seca		Molhada			
	Lmédia (cd/m²)	Uo	UI	Uo		
M1	2	0,4	0,7	0,15	10	0,5
M2	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5
M3	1	0,4	0,6	0,15	15	0,5
M4	0,75	0,4	0,6	0,15	15	0,5
M5	0,5	0,35	0,4	0,15	15	0,5
M6	0,3	0,35	0,4	0,15	20	0,5

Tabela 9 Critérios fotométricos para a classe C (zona de conflito)

Classe de Iluminação	Emédia (lux)	Uo(E)	TI (%)	
			para velocidades altas e moderadas	para velocidades baixas e muito baixas
C0	50	0,4	10	15
C1	30	0,4	10	15
C2	20	0,4	10	15
C3	15	0,4	15	20
C4	10	0,4	15	20
C5	7,5	0,4	15	25

Tabela 10 Critérios fotométricos para a classe de zonas pedonais

Classe de Iluminação	Emédia (lux)	E mínima (lux)	Requisitos adicionais caso o reconhecimento facial seja necessário	
			E vertical, mínima (lux)	E semi-cilíndrica, mínima (lux)
P1	15	3	5	3
P2	10	2	3	2
P3	7,5	1,5	2,5	1,5
P4	5	1	1,5	1
P5	3	0,6	1	0,6
P6	2	0,4	0,6	0,4

2.4.2.2. PARÂMETROS FOTOMÉTRICOS RECOMENDADOS - EN 13201-2

A norma EN 13201-2 (*Road Lighting - Part 2* 2004) contém os requisitos de desempenho nas classes definidas, tais como: ME1 a ME6, MEW1 a MEW6, CE0 a CE5, S1 a S6, ES1 a ES6 e A1 a A6.

Esta parte da Norma define, tomando em consideração requisitos fotométricos, as classes de iluminação das vias, atendendo às necessidades visuais dos utilizadores, bem como considerando aspetos ambientais da iluminação de vias.

Uma classe de iluminação é definida por um conjunto de requisitos fotométricos cujo objetivo é proporcionar aos utilizadores de um determinado tipo de via as necessidades visuais adequadas, quer para a via quer para o ambiente envolvente.

As classes ME são aplicáveis a vias onde se verifique a circulação de veículos motorizados, onde seja praticável velocidade média a alta.

As classes CE têm o mesmo propósito das classes ME, mas para uso em áreas conflituosas, como ruas de comércio, intersecção de vias de alguma complexidade, rotundas e áreas de congestionamento de trânsito (filas). Estas classes têm igualmente aplicação para percursos mistos, i.e., onde a via em causa permita a circulação simultânea de peões e veículos motorizados.

As classes S e A são aplicáveis a percursos de peões e ciclovias (isolados, portanto, da via destinada à circulação normal de veículos), faixas de circulação de veículos de emergência e outras vias que se encontrem separadas da via normal de circulação, bem como áreas de estacionamento, ruas vedadas à circulação de veículos (apenas percursos a pé), etc.

As classes ES são classes adicionais e específicas para situações onde se verifique a necessidade de identificação de pessoas e objetos e em áreas de circulação com risco de crime agravado.

O fluxograma da Figura 28 esclarece os passos para determinar o índice da classe de iluminação, obtendo desta forma os requisitos fotométricos (DGEG 2017).

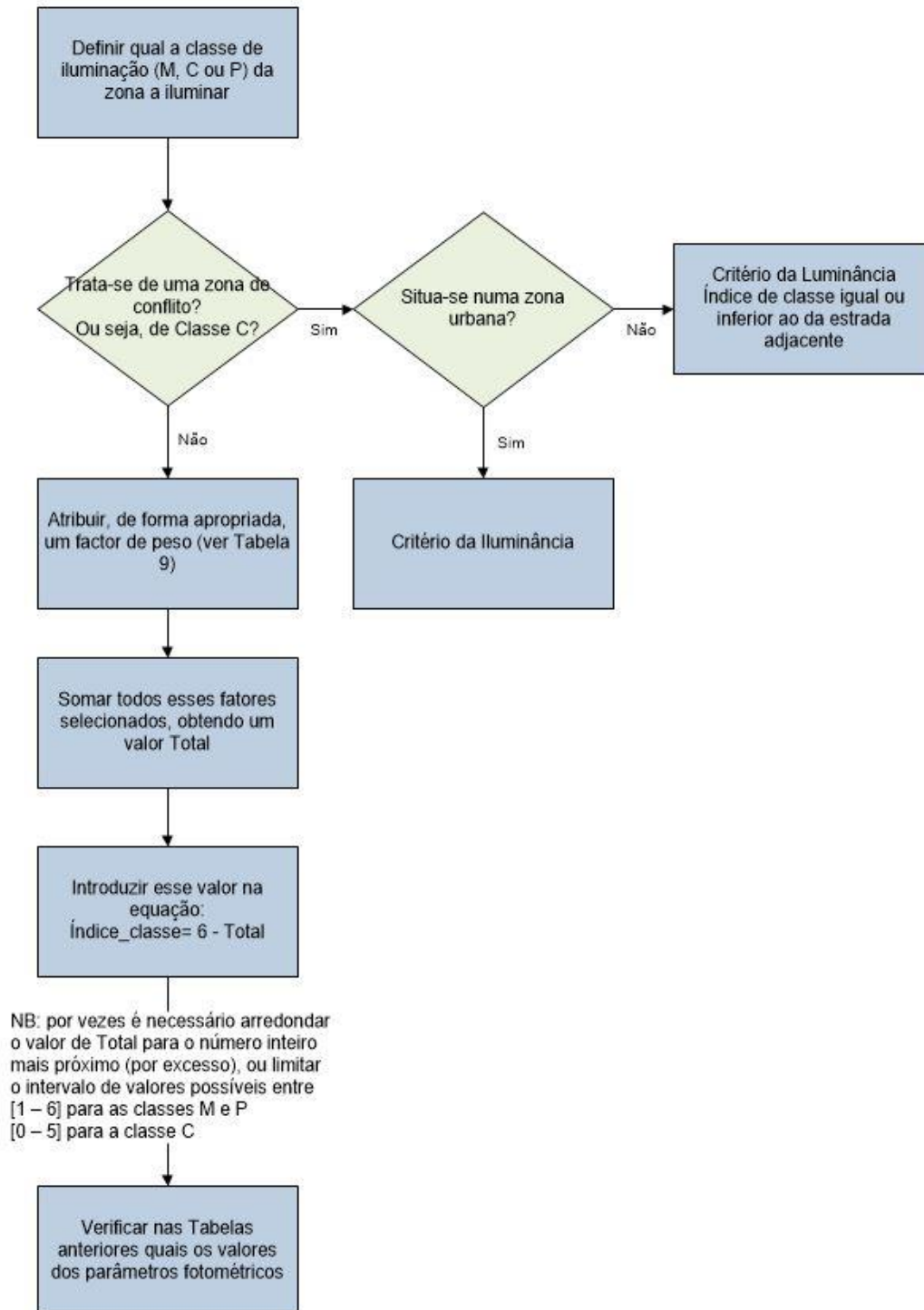


Figura 28 Fluxograma para a determinação da classe de iluminação de uma via

A Tabela 11 apresenta os dados para o cálculo da determinação dos índices das classes de iluminação M, C e P (DGEG 2017).

Tabela 11 Fatores de peso na determinação da classe de iluminação da via

Fatores de peso que caracterizam o local público a iluminar				
Parâmetro	Opções	M	C	P
Velocidade	Muito alta	1	3	-
	Alta	0,5	2	-
	Moderada	0	1	-
	Baixa	-	0	1
	Muito baixa	-	-	0
Volume de tráfego	Muito elevado		1	
	Elevado		0,5	
	Moderado		0	
	Baixo		-0,5	
	Muito baixo		-1	
Composição do trânsito	Elevada percentagem de não motorizados	2		-
	Misturado	1		-
	Apenas motorizado	0		-
	Pedestres, ciclistas e tráfego motorizado	-		2
	Pedestres e tráfego motorizado	-		1
	Pedestres e ciclistas	-		1
	Pedestres ou ciclistas	-		0
Separação das faixas	Não	1		-
	Sim	0		-
Densidade dos cruzamentos	Alta	1		-
	Moderada	0		-
Veículos estacionados	Presente	0,5		0,5
	Não presente	0		0
Luminância ambiente	Alta		1	
	Moderada		0	
	Baixa		-1	
Controlo do trânsito	Fraco	0,5		-
	Bom	0		-

Para a escolha dos pesos na tabela anterior há que considerar os valores de referência apresentados na Figura 29 (DGEG 2017).

Velocidade (km/h):	
Muito Alta $x > 70$	
Alta $50 < x \leq 70$	
Moderada $20 < x \leq 50$	
Baixa $x \leq 20$	
Muito Baixa apenas pedestres	
Volume de Tráfego (veículos (x) Pedestre/ Ciclistas (y) por dia):	
Muito elevado $x \geq 40.000$	Muito elevado $y \geq 2.000$
Elevado $25.000 \leq x < 40.000$	Elevado $1.000 \leq y < 2.000$
Moderado $15.000 \leq x < 25.000$	Moderado $500 \leq y < 1.000$
Baixo $4.000 \leq x < 15.000$	Baixo $100 \leq y < 500$
Muito baixo $x < 4.000$	Muito baixo $y < 100$
Luminância Ambiente:	
Alta: Centros Urbanos com grande quantidade de iluminação decorativa, montras e outros.	
Moderada: Zonas com contribuição residencial, de iluminação de sinaléticas e spots publicitários;	
Baixa: Zonas Rurais, nomeadamente zonas onde a IP seja a única fonte de iluminação;	
Densidade dos Cruzamentos:	
Alta cruzamento (interseção de 2 ou mais vias)	
Moderada entroncamento (interseção de apenas uma via)	
Controlo do Trânsito:	
Fraco sem semáforos	
Bom semáforos (sem controlo/sensores)	

Figura 29 Valores de referência para determinação da classe de iluminação

2.4.2.3. CÁLCULO DOS PARÂMETROS FOTOMÉTRICOS - EN 13201-3

Através dos métodos de cálculo dos parâmetros fotométricos, é possível obter as características de qualidade de iluminação mediante procedimentos padronizados.

Nesta secção são definidas e descritas as convenções e procedimentos matemáticos a serem adotados no cálculo dos parâmetros fotométricos de instalações de iluminação pública, tendo em consideração a EN 13201-2 (*Road Lighting - Part 3* 2004).

2.4.2.4. MÉTODOS DE MEDIDA DE DESEMPENHO FOTOMÉTRICO - EN 13201-4

Esta sub-secção especifica os procedimentos a ter em consideração para se efetuar medições fotométricas e outras relacionadas, na iluminação pública.

Os procedimentos adotados devem ser levados a cabo apenas com o propósito de medição. Quando as medições são requeridas para intuito de comparação com valores previamente calculados, deve ser tido um maior rigor na medição para assegurar que possa

ser feita uma comparação válida. Quando as medições têm o propósito de monitorização do estado da instalação, é possível que o leque de medições a efetuar não seja tão abrangente e compreenda localizações mais espaçadas. O essencial neste caso é que as medições sejam levadas a cabo da mesma forma que a monitorização. Noutros casos, o controlo *in loco* é suficiente.

As convenções para posição de observação e locais de medição são os adotados na EN 13201-3. As condições que poderão levar a imprecisões nas medições estão identificadas e as precauções que permitam uma diminuição deste tipo de erro estão previstas e devidamente referenciadas.

2.4.3. ENQUADRAMENTO LEGAL PARA SISTEMAS DE AUTOCONSUMO DE ENERGIA

O autoconsumo consiste na utilização de um sistema para produção de energia elétrica para consumo próprio, com ou sem recurso a sistemas de acumulação de energia e com ou sem injeção na rede. Em suma, o sistema permite que os consumidores produzam a sua própria energia em vez de a comprar à rede na sua totalidade.

A atividade de produção descentralizada de energia elétrica é atualmente regulada pelo Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de março, alterado pelo Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de fevereiro, que estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, a partir de recursos renováveis, permitindo a produção de energia elétrica em baixa tensão.

O Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro (*Decreto-Lei n.º 153/2014 - Diário da República n.º 202/2014, Série I de 20 de outubro de 2014*) estabelece o quadro legal para a implementação de sistemas de autoconsumo, revogando as anteriores legislações da micro geração e mini geração.

Enquanto o paradigma anterior implicava a injeção na Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) de toda a energia produzida por um sistema fotovoltaico, a nova legislação prevê o consumo da mesma, injetando-se na rede apenas o excedente de produção. O conceito de Consumidor-Produtor surge com esta nova regulação.

Um sistema de autoconsumo consiste na produção de eletricidade para consumo próprio através, por exemplo, de painéis fotovoltaicos, proporcionando uma redução na

fatura de eletricidade, podendo o mesmo ser aplicado aos setores residencial, comercial ou industrial. Estes sistemas, para além das poupanças económicas e benefícios ambientais – com a produção de eletricidade a partir de fontes limpas e renováveis, têm a vantagem adicional de proteger o utilizador da subida dos preços da eletricidade (estimada em cerca de 1,5% anual pelo menos até 2020).

Tratando-se de uma unidade de produção para autoconsumo (UPAC) cuja potência instalada seja superior a 1 MW, a sua instalação e a entrada em exploração carece de licença de produção e licença de exploração, não sendo este o cenário que se vislumbra para a instalação em estudo, entende-se desnecessária a sua pesquisa aprofundada.

A UPAC cuja potência instalada seja superior a 200 W e igual ou inferior a 1,5 kW ou cuja instalação elétrica de utilização não se encontre ligada à RESP, está sujeita à mera comunicação prévia de exploração, nos termos do artigo 21. Se a UPAC cuja potência instalada seja igual ou inferior a 200 W está isenta de controlo prévio ou registo.

Adicionalmente ao referido nos parágrafos anteriores, se for pretensão o fornecimento de energia não consumida à RESP, cuja potência instalada seja igual ou inferior a 1,5 kW, está sujeito a registo prévio e à obtenção de certificado de exploração.

Os sistemas fotovoltaicos em autoconsumo com ligação à rede, quando comparados com uma solução sem injeção na rede, apresentam um contador bidirecional que permite injetar a energia excedente na rede elétrica. Segundo o Decreto-Lei nº 153/2014 de 20 de outubro (*Decreto-Lei n.º 153/2014 - Diário da República n.º 202/2014, Série I de 20 de outubro de 2014*) o produtor tem a possibilidade de injetar o excedente na rede, ser remunerado a um preço regulado caso a totalidade do excedente injetado na RESP não ultrapasse o consumo anual da rede. Importa por isso avaliar se interessa injetar o excedente, dado que esta opção implica ainda o pagamento de taxas de registo da instalação, bem como, a instalação de sistemas de tele contagem da energia produzida a injetar, assim como a celebração de um contrato e seguro de responsabilidade civil. Se o sistema for bem dimensionado, numa perspetiva teórica, o balanço anual poderá ser nulo, caso o valor do excedente injetado na rede for igual ao valor da energia gasta no período noturno da rede

A Figura 30 ilustra um esquema de uma UPAC com injeção na RESP, onde é visível o contador bidirecional para permitir a venda da energia excedente.

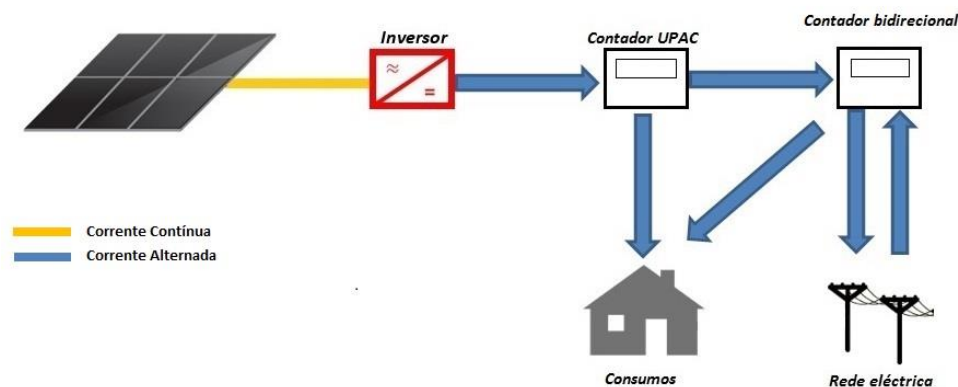


Figura 30 Esquema de UPAC com injeção na RESP

Todavia, poderá ser opção a instalação de um anulador da energia excedente, evitando desta forma a injeção na rede e todos os custos inerentes a esta situação. Quando o sistema fotovoltaico não consegue alimentar o consumo instantâneo, a rede assegura a diferença de energia necessária para satisfazer o consumo. Mas o excedente de energia produzida não será vendido, sendo por isso desperdiçado.

Para permitir a não injeção do excedente na rede são necessários equipamentos que analisam o fluxo de energia no barramento de entrada da instalação de modo ao inversor só transformar a energia que as cargas da instalação estão a consumir.

Para melhor exemplificar o processo de licenciamento de UPAC, com e sem injeção de energia na rede, apresenta-se na Figura 31 o processo de licenciamento de uma UPAC com potência instalada superior 1,5 kW e inferior a 1MW, que deverá iniciar-se na plataforma eletrónica do sistema Eletrónico de registo de unidades de produção (SERUP), gerida pela DGEG (Pinto 2015).

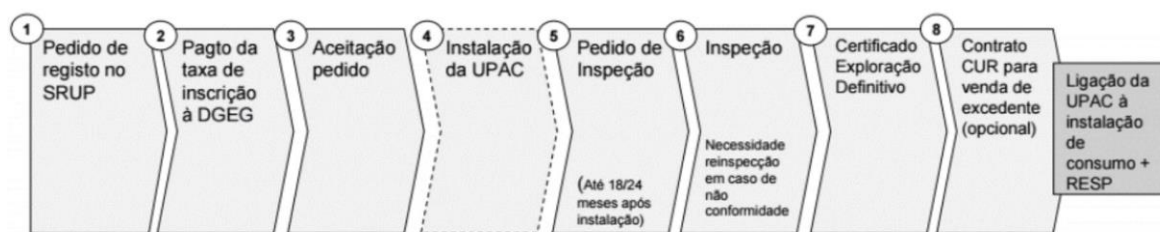


Figura 31 Processo de licenciamento de UPAC do tipo C

A Tabela 12 identifica os tipos de UPAC através das suas potências instaladas, resume os processos de licenciamento para cada tipo e identifica as taxas para o registo com ou sem injeção na RESP (*Portaria-14-2015 - Diário da República, 1.ª série — N.º 16 — 23 de janeiro de 2015*).

Tabela 12 Processamento de licenciamento de UPAC

Tipo	Potência UPAC	Procedimento	Taxa para registo da UPAC com injeção de potência na rede (artigo 19º, Portaria 14/2015):	Taxa para registo da UPAC sem injeção de potência na rede (artigo 19º, Portaria 14/2015):
A	< 200 W	Não necessita de Registo	0	0
B	200 W –1,5 kW	Mera comunicação prévia	0	0
C	1,5 kW –1 MW	Carece de registo e inspeção, conforme Figura supra	1,5 kW30 € 1,5 a 5 kW100 € 5 a 100 kW250 € 100 a 250 kW500 € 250 kW a 1 MW.....750 €	1,5 a 5 kW70 € 5 a 100 kW175 € 100 a 250 kW300 € 250 kW a 1 MW500 €
D	> 1 MW	Licença de produção e exploração	Não especificado	Não especificado

2.4.3.1. REMUNERAÇÃO E COMPENSAÇÃO

Uma vez confirmada que a energia proveniente da UPAC com ligação à RESP tem origem em fonte renovável e que a capacidade instalada nesta unidade não seja superior a 1 MW, o produtor pode celebrar um contrato de venda da eletricidade não consumida. Este contrato tem um prazo máximo de 10 anos que pode ser posteriormente renovado por períodos de 5 anos (Pinto 2015).

O valor da remuneração da energia elétrica fornecida à RESP pelo produtor é calculado de acordo com a equação ilustrada na Tabela 13 (Pinto 2015).

Tabela 13 Cálculo da remuneração pela venda do excedente de energia à rede

$R_{UPAC} = E_{fornecida,m} \times OMIE_m \times 0.9$	<p>Equação para cálculo da remuneração da venda do excedente de energia onde:</p> <p>RUPAC = Remuneração da eletricidade fornecida à RESP no mês 'm', em €;</p> <p>Efornecida = Energia fornecida no mês 'm', em kWh;</p> <p>OMIE_m = Valor da média dos preços de fecho do Operador do Mercado Ibérico de Energia (OMIE) para Portugal (mercado diário), relativos ao mês 'm', em €/kWh;</p> <p>0.9 = Constante a deduzir na injeção de energia</p>
---	--

As UPAC com potência instalada superior a 1,5 kW e cuja instalação elétrica de utilização se encontre ligada à RESP, estão sujeitas ao pagamento de uma compensação mensal fixa, nos primeiros 10 anos após obtenção do certificado de exploração, calculada com base na equação seguinte:

O valor da compensação a pagar ao sistema pela venda do excedente de energia à rede é calculado de acordo com a equação apresentada na Tabela 14 (Pinto 2015).

Tabela 14 Cálculo da compensação ao sistema pela venda de excedente de energia

$C_{UPAC,m} = P_{UPAC} \times V_{CIEG,t} \times Kt$	<p>Equação para cálculo da compensação ao sistema pela venda do excedente de energia onde:</p> <p>CUPAC = Compensação mensal a pagar;</p> <p>PUPAC = Potência UPAC em kW;</p> <p>VCIEG,t = valor que permite recuperar os CIEG da respetiva UPAC, medido em € por kW, apurado no ano 't'</p> <p>Kt = Assume o valor de 0% e 50%, consoante o caso a percentagem de penetração de autoconsumo no sistema</p>
---	---

Atualmente e para se aplicar a equação supra, só haverá lugar a compensação quando se atingir 1% de UPAC em relação aos centros electroprodutores, o que ainda está longe de acontecer.

3. A ASCENDI E ENQUADRAMENTO ÀS PORTAGENS

A Ascendi é uma empresa vocacionada para a gestão de ativos e para a prestação de serviços de cobrança de portagens, de operação e manutenção de infraestruturas rodoviárias. A Ascendi detêm participações maioritárias em 5 concessões portuguesas, correspondendo a cerca de 750 km em exploração de autoestradas no país. Os serviços prestados pela empresa em Portugal focam-se na gestão de ativos, na operação e manutenção das infraestruturas e na gestão e operação da cobrança de 24 portagens tradicionais (PT) e de 134 portagens eletrónicas do tipo *Multi Lane Free Flow* (MLFF). (Ascendi 2018)

As PT da Ascendi fazem parte do modelo de cobrança das concessões da Grande Lisboa (GL) e Norte (NT), constituídas pelas autoestradas A16 e A7 e A11, respetivamente.

de construção de acordo com as características dos locais e do tráfego expectável para cada localização.

A Tabela 15 apresenta a configuração, ao nível do tipo de vias, de cada PT das concessões NT e GL. De referir que o tipo de vias existente em cada PT, nomeadamente as vias verdes e as vias manuais diferem entre si, contemplando equipamentos de cobrança apropriados a cada tipo de via, de acordo com essas tipologias e se estão instalados nas entradas ou nas saídas das praças de portagem.

Tabela 15 Tipologia das portagens da Ascendi

Concessão	Praça de Portagem	Via 1	Via 2	Via 3	Via 4	Via 5	Via 6	Via 7	Via 8	Via 9	Via 10	Via 11	Via 12	Via 13	Via 14	Via 15	Via 16	Via 17	Via 18	Via 19	Via 20	
NT	Guimarães Oeste	VMS	VVS	VMS	VMS	VVS	VVE	VME	VME	VME												
	Ave	VMS	VAS	VVS	VVE	VME	VME															
	Ceide	VMS	VAS	VVS	VVE	VME	VME															
	Figueiredo	VMS	VMS	VAS	VVS	VMS	VAS	VVS	VVE	VME	VME	VVE	VME									
	Fafe Sul	VMS	VMS	VAS	VVS	VVE	VME	VME														
	Basto	VMS	VAS	VVS	VVE	VME																
	Famalição	VMS	VMS	VMS	VVS	VMS	VMS	VMS	VVS	VVE	VME	VME	VVE	VME								
	EN206PV	VMS	VVS	VMS	VMS	VVS	VME	VVE	VME													
	EN206NO	VME	VVE	VME	VVS	VMS	VVS	VMS														
	Barcelos	VMS	VMS	VMS	VVS	VMS	VMS	VVS	VVE	VME	VME	VVE	VME									
	Ferreiros	VMS	VMS	VMS	VMS	VMS	VVS	VVS	VVE	VME	VME	VVE	VME									
	EN205PV	VMS	VMS	VMS	VAS	VVS	VVE	VVE	VME	VME												
	EN205NO	VME	VVE	VVS	VAS	VMS																
	Guimarães Sul	VMS	VMS	VAS	VVS	VVE	VME	VME														
	Ribeira de Pena NO	VMS	VAS	VVS	VVE	VME																
	Ribeira de Pena PV	VME	VME	VVE	VVS	VMS	VVS	VMS														
	Felgueiras	VMS	VMS	VMS	VVS	VMS	VVS	VVE	VME	VVE	VME											
	Lousada	VMS	VMS	VVS	VMS	VVS	VVE	VME	VVE	VME												
	EN15	VMS	VAS	VVS	VVE	VME																
	Castelões	VMS	VMS	VAS	VVS	VVE	VME	VME														
Vizela	VMS	VAS	VVS	VVE	VME																	
GL	Belas	VAS	VAS	VVS	VAS	VMS	VVS	VMS	VMS	VMS	VMS	VVS	VVE	VME	VME	VME	VVE	VME	VVS	VAS	VAS	
	Algueirão	VAS	VVS	VMS	VMS	VVS	VVS	VMS	VMS	VVS	VAS											
	São Pedro	VAS	VVS	VMS	VMS	VMS	VVS	VVS	VMS	VMS	VMS	VVS	VAS									

Legenda: VME Via Manual de Entrada VMS Via Manual de Saída VAS Via Alternativa de Saída
VVE Via Verde de Entrada VVS Via Verde de Saída

3.1. INFRAESTRUTURAS DE CONSUMO ENERGÉTICO INSTALADOS NAS PORTAGENS

As infraestruturas existentes nas PT têm o propósito de reunir as condições necessárias à boa cobrança das taxas de portagens nas autoestradas da Ascendi. Algumas das infraestruturas contemplam diretamente os sistemas de cobranças, e.g. equipamento de via, servidores, etc. Outras infraestruturas servem de apoio à cobrança, tais como o edifício de

apoio, bem como o sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC). Por último, existem ainda as infraestruturas que visam proporcionar condições de segurança adequadas ao nível de iluminação do garrafão de portagem e dos ramos de acesso à autoestrada.

A Figura 34 ilustra uma planta tipo de uma PT da Ascendi. Neste caso refere-se à praça de portagem de EN205PV [Fonte: Ascendi].

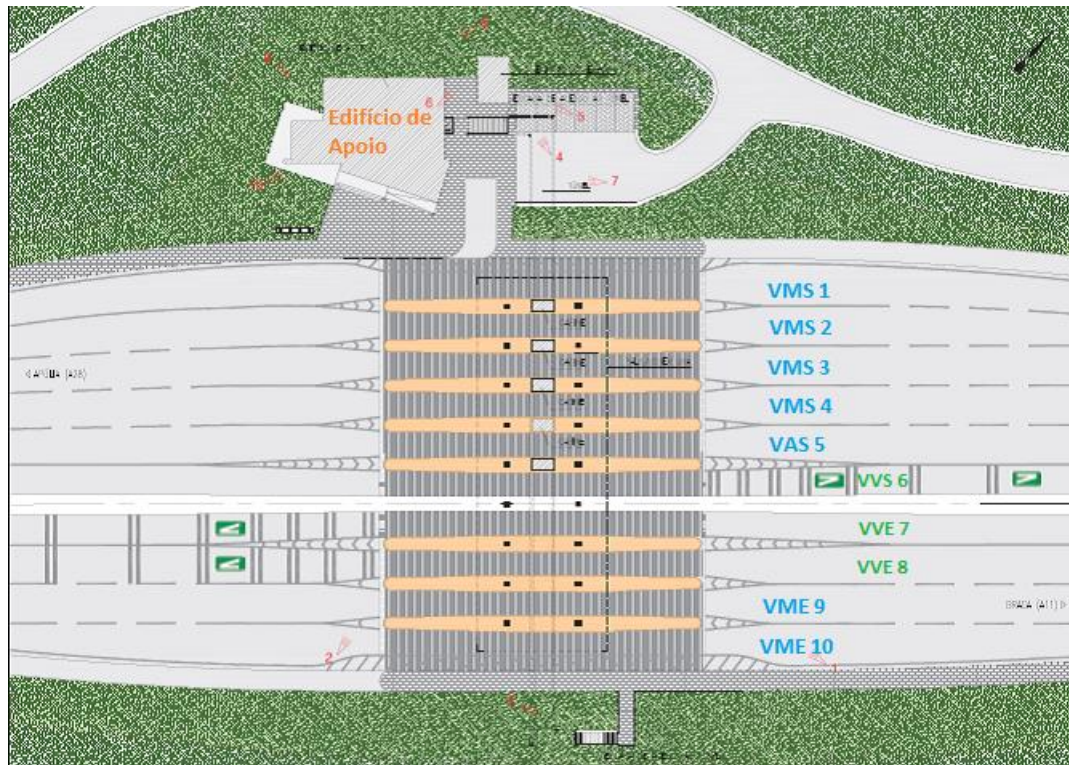


Figura 34 Planta da portagem de EN205PV

De acordo com a Figura 34, é perceptível a localização do edifício de apoio e os tipos de vias existentes nesta PT. Identifica-se, portanto, o edifício localizado entre o garrafão de portagem e a estrada de acesso exterior à portagem, as vias manuais de entrada e de saída, bem como as vias verdes de entrada e de saída. A PT contempla ainda um túnel técnico, não perceptível nesta planta, onde estão instalados os armários técnicos que ligam aos equipamentos de cobrança instalados nas vias.

No que concerne a consumos energéticos, entende-se pertinente realizar a desagregação da PT por grupos de consumo, onde deverão estar previstos, os equipamentos que compõem o sistema de cobrança, o sistema de AVAC e os sistemas de

iluminação. Todos estes sistemas contemplam equipamentos nas vias e no interior do edifício.

A realização da identificação dos componentes associados a cada grupo de consumo deve-se à necessidade de maior desagregação dos sistemas por cada grupo. Para o exemplo do grupo de consumo – Sistema de Cobrança, identifica-se componentes instalados nas vias e outros instalados no edifício de apoio. Esta desagregação é pertinente para uma fase posterior de monitorização dos consumos energéticos.

Nos pontos seguintes far-se-á a identificação e especificação do tipo de equipamentos pertencentes a cada grupo de consumo. Porém, não será realizada a quantificação dos mesmos, visto que a variação das quantidades entre PT é significativa. Entende-se oportuno realizar essa quantificação aquando o Estudo de caso, no capítulo 4.

3.2. SISTEMA DE COBRANÇA DE PORTAGENS

O sistema de cobrança instalado nas PT é alimentado diretamente pela Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), contempla, porém, uma *Unit Power Supply* (UPS) para garantir a estabilização da tensão recebida e para entrar em funcionamento, em modo de emergência, em caso de falha da energia da rede.

Considera-se necessário identificar a composição típica do sistema de cobrança instalado no edifício de apoio à portagem de acordo com o tipo de via existente. Esta identificação permite uma melhor avaliação e conseqüentemente uma estimativa das necessidades energéticas que cada PT necessita.

As tabelas seguintes apresentam as necessidades de consumo do sistema de cobrança que está instalada no edifício de apoio, Vias Manuais de Entrada (VME), Vias Verdes de Entrada (VVE), Vias Manuais de Saída (VMS), Vias Verdes de Saída (VVS) e Vias Alternativas de Saída (VAS).

Tabela 16 SC - Necessidade de consumo no edifício de apoio

Equipamentos do edifício de apoio	P. Unitária (VA)
Servidores, impressoras, etc	7 930

Tabela 17 SC – Necessidades de consumo nas vias

Equipamentos de Via	P. Unitária (VA)
Via Manual de Entrada	1 900
Via Verde de Entrada	1 860
Via Manual De Saída	2 700
Via Verde de Saída	2 420
Via Alternativa de Saída	1 800

De notar, que os dados de consumo das tabelas anteriores foram recolhidos das especificações do fornecedor do sistema de cobrança, aquando a sua aquisição.

Analisando a configuração e a potência aparente de cada conjunto, constata-se que o conjunto instalado no edifício de apoio é o que necessita de maior recurso de energia. Este facto deve-se a contemplar servidores e computadores com maior consumo de energia face aos equipamentos que constituem os restantes conjuntos instalados nas vias.

3.3. SISTEMA AVAC

O sistema AVAC instalado nas portagens tradicionais da Ascendi é do tipo *Variable Refrigerant Flow* (VRF), composto por unidades de ar condicionado independentes no exterior que contemplam o compressor do gás e as unidades interiores habitualmente designadas por *splitters*.

O sistema AVAC está projetado para trabalhar de forma individual, ou seja, cada unidade pode ser programada individualmente de forma a climatizar a zona ou divisão onde o *spliter* se encontra instalado.

A projeção do sistema de climatização de forma individual tem como potencial desvantagem ser mais dispendioso, uma vez que recorre a uma unidade exterior por cada unidade interior, no entanto, só desta forma é possível a configuração isolada de cada unidade interior.

As unidades exteriores estão instaladas nas coberturas dos edifícios de portagens, excetuando as unidades do sistema de climatização das cabines, dado que se encontram instaladas ao nível do solo, na ilha de portagem. As unidades interiores encontram-se instaladas no teto de cada zona a climatizar.

A Figura 35 ilustra aos modelos AVAC disponíveis nas PT da Ascendi. (Rodrigues 2016)



Figura 35 Splitter e unidade exterior AC

A Tabela 18 apresenta as características técnicas dos modelos de ar condicionado disponíveis nas PT da Ascendi. (Rodrigues 2016)

Tabela 18 Especificações técnicas dos equipamentos AVAC existentes nas PT

Localização	Marca Modelo	Arrefecimento		Aquecimento	
		Capacidade (BTU/h)	Potência (kw)	Capacidade (BTU/h)	Potência (kw)
Cabine VMS	GREE 83510	9 000	2,6	9 500	2,75
Sala de servidores	Gree 83512	18 000	5,2	18 800	5,5
Sala de Controlo	Gree 83511	12 000	3,5	12 500	3,65
Sala de Cash-up	GREE 83510	9 000	2,6	9 500	2,75
Copa	GREE 83511	12 000	3,5	12 500	3,65

O número de unidades AVAC instaladas varia em cada praça de portagem, diferindo de acordo com o número de cabines VMS, pois cada cabine VMS contempla uma unidade. Cada uma das restantes localizações referidas na Tabela 18 contemplam uma única unidade.

3.4. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O sistema de iluminação representa na sua generalidade uma parcela muito significativa do consumo energético das PT da Ascendi, sendo mesmo a maior. No entanto, comparativamente entre portagens, varia significativamente de acordo com a dimensão da PT e também da necessidade ou não de iluminar ramos de entrada e de saída da autoestrada. Para melhor se poder aferir as necessidades de iluminação, foi pertinente a realização do levantamento do tipo de lâmpadas existentes nos vários sistemas de iluminação de uma PT.

A Tabela 19 apresenta as especificações técnicas das lâmpadas existentes numa PT da Ascendi.

Tabela 19 Especificações técnicas das lâmpadas existentes nas PT

Localização	Tipo de lâmpada	Tipo de armadura (w)
Copa	Florescente tubular	58
Corredor	Florescente compacta	58
Sala de Controlo OPP	Florescente tubular	58
Sala Cofre OPP	Florescente tubular	18
Sala Cash-UP	Florescente tubular	18
Sala de Servidores	Florescente tubular	58
WC funcionários	Florescente tubular	18
WC funcionários	Florescente tubular	58
WC funcionárias	Florescente tubular	18
WC funcionárias	Florescente tubular	58
Sala Clientes	Florescente tubular	58
WC Clientes	Florescente compacta	18
Dispensa	Florescente tubular	18
Exterior (projektor de chão)	Halogénio	150
Exterior edifício e acesso túnel)	Halogénio	150
Dispensa exterior (ex. baterias)	Florescente tubular	58
Sala Gerador	Florescente tubular	58
Túnel	Florescente tubular	58
Pala	Halogénio	150
Pala VV + placa informativa	Florescente tubular	58
Narizes das ilhas	LED	5
Luminárias (colunas)	Vapor de sódio	250
Torres de 25m	Vapor de sódio	400

4. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é descrito o estudo de caso onde se inclui a análise dos consumos de energia das 24 PT, desagrega-se os mesmos pelos grupos de consumo e avalia-se as medidas de eficiência energética implementadas durante os últimos anos.

Concluídas as análises mencionadas no parágrafo anterior, faz-se a avaliação de oportunidades de melhoria a sugerir implementar em todas as PT e apresenta-se as medidas realizadas no decorrer deste trabalho numa PT piloto, bem como medidas a implementar futuramente.

4.1. ANÁLISE DOS CONSUMOS ENERGÉTICOS DAS PT DA ASCENDI

As necessidades energéticas das portagens da Ascendi são colmatadas com recurso a energia elétrica da RESP, recorrendo aos habituais fornecedores de energia elétrica existentes no mercado português.

Em 2017, a Ascendi apresentou um custo próximo de 300 mil € com a energia nas 24 PT, representando uma poupança de 5% em relação ao ano transato. Essa poupança justifica-se através das medidas que tinham sido implementadas no último trimestre de

2016, a descrever no ponto 4.2 - Avaliação de medidas de eficiência energética já implementadas, desde relatório.

Para melhor avaliar os consumos de energia, foram analisados os dados mensais das faturas de cada portagem, verificando os valores de consumo em vazio, fora de vazio, simples, ponta e cheia, e respetivos custos. O resumo dessa análise é apresentado na Figura 36, sendo os respetivos detalhes descritos no Anexo A.

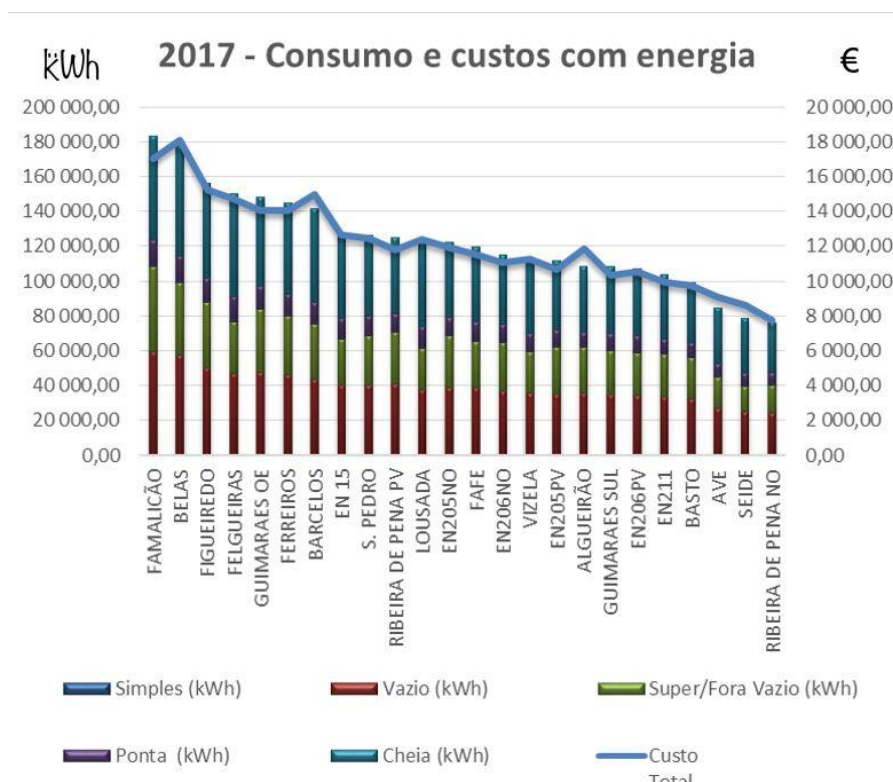


Figura 36 Consumos e custos com energia nas PT

Foi realizada a mesma análise para os dados de 2016, essa análise teve o propósito de permitir a comparação dos valores anuais com os do ano de 2017, tendo chegado aos seguintes valores:

- Custo total com energia no ano de 2016: 305 648,31 €
- Custo total com energia 2017: 291 693,42 €
- Poupança obtida no ano de 2017: 13 955 €

4.1.1. DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA

O diagnóstico energético às PT da Ascendi tem como objetivo determinar e desagregar os consumos de energia pelos diferentes setores. Assim sendo, considerou-se necessário realizar medições elétricas com o objetivo de quantificar os respetivos consumos em cada grupo de consumo.

Para trabalho de campo, foram levadas a cabo diversas ações que visam obter o máximo de informação sob o ponto de vista energético das instalações, de modo a compreender o seu funcionamento e permitir propor soluções que aumentem a eficiência energética dos principais equipamentos e sistemas consumidores de energia.

Na Figura 37 apresenta-se uma estimativa para a desagregação do consumo das 24 PT. Esta estimativa foi suportada em medições elétricas nos quadros elétricos correspondentes, realizados por amostragem, num total de 5 portagens.

Grupo	% Consumo	Componente
Sistema de Cobrança	~20%	a SC - Edifício
		b SC - Vias
Sistemas de AVAC	~20%	c AVAC - Edifício
		d AVAC - Vias
Iluminação	~60%	e Iluminação Interior do Edifício
		f Iluminação Exterior do Edifício
		g Iluminação do Túnel
		h Iluminação das Palas de Portagem
		i Iluminação do garrafão
		j Iluminação dos ramos de acesso e saída

Figura 37 Desagregação dos grupos de consumo das portagens

As PT visadas nestas leituras foram: Famalicão; EN206NO; EN205PV; Basto; Ribeira de Pena NO. Dessa análise, reconheceu-se o perfil de consumo típico das PT por grupo de

consumo: sistema de cobrança, sistema AVAC e iluminação, está na ordem dos 20%, 20 % e 60%, respetivamente.

A recolha das leituras foi realizada diretamente no Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) com recurso a um analisador de redes da marca HT Itália de modelo GSC53N, devidamente certificado e com garantia de calibração. As especificações do referido equipamento de leitura, bem como a identificação da calibração encontra-se no Anexo B.

A Figura 38 ilustra a metodologia da recolha das leituras dos consumos de energia, neste exemplo na PT de EN206NO e Famalicão.



Figura 38 Recolha das leituras de consumo na PP de EN206NO (esquerda) e Famalicão (direita)

A Tabela 20 apresenta os dados obtidos nas leituras realizadas às PT visadas na amostra.

Tabela 20 Distribuição de consumo de energia em 5 PT

Praça de Portagem	Data das verificações	P. Total (Kw)	P. Total (%)	Sistema de Cobrança (%)	Sistema AVAC (%)	Iluminação (%)
Famalicão	21/02/2018	41,9	100%	8,8%	36,5%	54,7%
En205PV	02/03/2018	29,2	100%	15,0%	22,0%	63,0%
EN206NO	Não há registo	27,2	100%	16,5%	34,2%	49,3%
Basto	Não há registo	24,8	100%	23,0%	12,0%	66,0%
Ribeira Pena NO	Não há registo	18	100%	25,0%	10,0%	65,0%
Total	-	-	100%	17,7%	22,9%	59,6%

As leituras foram realizadas em condições de operação real, pelo que sujeitas às variáveis que afetam as leituras em cada momento, tais como:

- Hora da leitura (1);
- Condições climáticas (temperatura e iluminação);
- Quantidade de operacionais a laborar no momento das leituras;
- Afluência de tráfego.

(1) A hora do dia de recolha das leituras provoca impacto nas mesmas, uma vez que a iluminação está associada a células crepusculares e a relógios astronómicos. Porém, independentemente da hora, foi possível recolher dados de consumo das luminárias, tendo as mesmas sido ligadas para esse propósito. Em contra partida, os projetores de 400w instalados em cada via verde não foram ligados durante a recolha das leituras, uma vez que originavam impacto no desempenho das câmaras de vídeo.

De notar que a desagregação genérica para as 24 PT apresentada Figura 37, sustentada pela Tabela 20 é uma estimativa típica da Ascendi. Uma vez que, além das variáveis existentes a cada momento de recolha das leituras, subsistem ainda outros fatores, tais como as variadas quantidades de equipamentos que cada PT apresenta, a quantidade de luminárias e mesmo a sazonalidade, eg. algumas apresentam necessidade de mais iluminação no inverno, etc.

4.1.2. ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA PT DE EN206NO

A PT de EN206NO foi a escolhida para ser a portagem piloto das medidas de eficiência energética a implementar durante esta dissertação. A escolha desta PT deve-se à sua localização geográfica (perto da Sede da Ascendi), por apresentar uma dimensão

pequena, não carecendo portanto de grandes investimentos nesta fase e por estar a sofrer obras de reabilitação de infraestruturas, podendo existir sinergias na realização dos trabalhos a propor.

Considera-se importante analisar previamente as condições contratuais do abastecimento de energia elétrica (tarifa e potência contratada) desta PT, bem como os dados de consumo da instalação, recorrendo à análise detalhada dos consumos diários, semanais e ao fim de semana. A análise às faturas de energia elétrica é também um ponto importante para posteriormente se fazer o estudo económico dos investimentos a realizar, a fim de se avaliar a poupança e a mais-valia que um sistema pode fornecer.

Figura 39 apresenta os dados de fornecimento de energia elétrica e do consumo desagregado pelo tipo de horário, da PT de EN206NO.

Potência contratada	46,50 kW
Tarifário	MT Semanal
Custo kWh Pontas Inverno	0,180 €
Custo kWh Pontas Verão	0,228 €
Custo kWh Cheias	0,101 €
Custo kWh Vazio	0,071 €
Custo kWh Super Vazio	0,069 €
Consumo Pontas Inverno (kWh / ano)	7518 kWh
Consumo Pontas Verão (kWh / ano)	2273 kWh
Consumo Cheias (kWh / ano)	39707 kWh
Consumo Vazio (kWh / ano)	36955 kWh
Consumo Super Vazio (kWh / ano)	28493 kWh
Consumo Total (kWh / ano)	114945 kWh

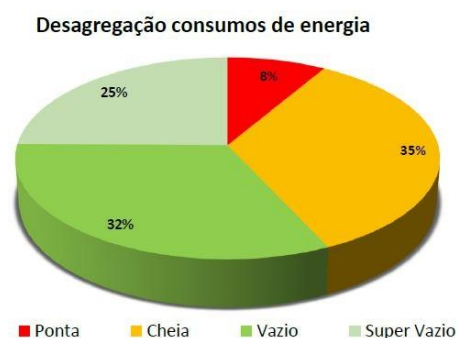


Figura 39 Dados relativos ao fornecimento de eletricidade na PT de EN206NO

Analisando os dados de consumo pelos 4 períodos horários, verifica-se que o consumo é maioritariamente no período noturno. Este valor justifica-se com o forte peso que a iluminação noturna do garrafão de portagem representa no total do consumo. Cerca de 57% nos períodos Super Vazio e Vazio e 35% no período Cheia.

4.1.3. DIAGRAMAS DE CARGA

Com recurso a um analisador de redes é possível registar, em tempo real, os dados de consumo com uma periodicidade regular, a definir de acordo com a necessidade, e recolher para posteriormente para serem tratados via *software* do aparelho de medida ou mesmo em *Excel*.

Considerou-se oportuno recolher os dados de consumo durante 7 dias de duas PT da concessão NT, a PT de Famalicão por ser das que apresenta maior consumo energético e a PT de EN206NO, pela razão inversa.

Para os locais a analisar considera-se pertinente saber os consumos com detalhe de 15 em 15 minutos. Desta forma, traça-se um diagrama de carga que permite a análise dos consumos sendo inclusive possível detetar consumos anómalos ou evitáveis nalguns períodos do dia.

De seguida, apresentam-se na Figura 40 e Figura 41, os diagramas de carga referentes ao consumo semanal das instalações analisadas.

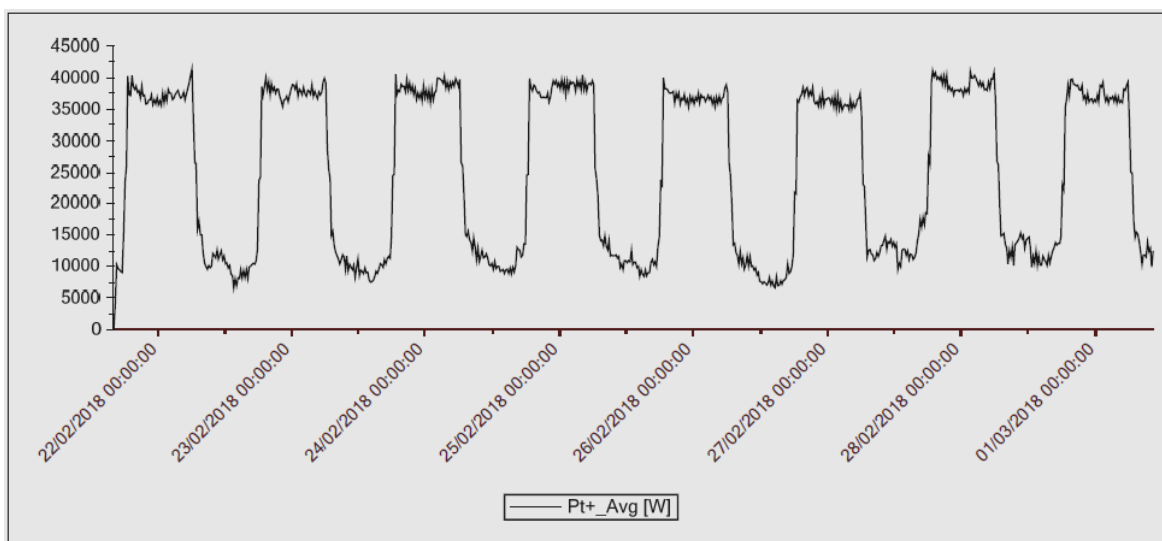


Figura 40 Diagrama de carga da PT de Famalicão

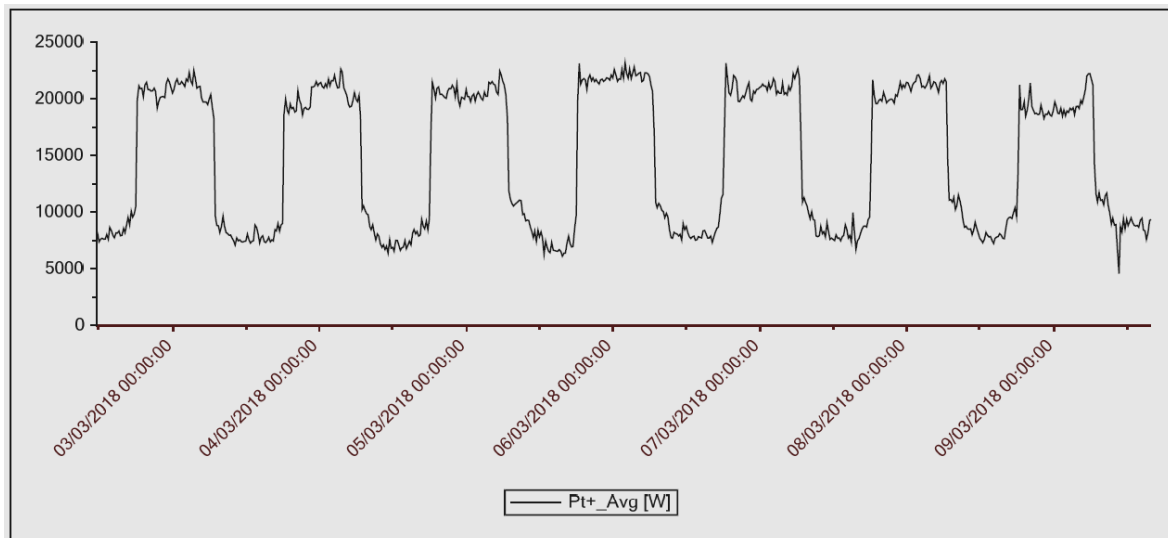


Figura 41 Diagrama de carga da PT de EN206NO

A considerar para os diagramas de carga das Figura 40 e Figura 41:

- O analisador de redes da HT Itália de modelo GSC53N foi instalado no QGBT, recolhendo dados de consumo totais do local de consumo;
- Período de recolha de dados compreendido entre o dia 22/02/2018 e 01/03/2018 para a PT de Famalicão e de 03/03/2018 e 09/03/2018 para a EN206NO;
- Período de integração de dados de 15 minutos;
- Os gráficos de diagrama de carga apresentados são extraídos diretamente do *software* Topview (versão 2.2.0.2), da HT Itália.

A análise gráfica permite concluir que em ambas as portagens o perfil de consumo é idêntico, embora a PT de Famalicão apresente maior consumo, quer nos picos, quer em vazio. Por outro lado, este perfil de consumo ao longo de 7 dias revela que o mesmo se repete em cada dia, com características de onda quadrada, com um período de grande consumo e outro de menor consumo. No entanto, a análise dos gráficos apresentados nas Figura 40 e Figura 41, não permite concluir quais os períodos do dia em que se dá a variação no consumo. Para identificar esses períodos, recorreu-se novamente ao *software* Topview. A utilização de dois cursores permitem identificar as horas do dia em que se constata a significativa subida e descida dos consumos.

Na Figura 42 é ilustrado o diagrama de carga da PT de Famalicão, onde se identifica também dois cursores no início e fim da segunda onda quadrada. Na Tabela ao lado direito da mesma Figura identifica-se os períodos em que se constata as variações de consumo. A variação positiva do consumo do dia 22/02/2018 surge pelas 18:34:00, enquanto a variação negativa só surge no dia seguinte, pelas 06:34:00.

Esta análise permite concluir inequivocamente que o período de maior consumo ocorre durante o período noturno, sendo justificado pela iluminação exterior, composta por luminárias de vapor de sódio de potências elevadas, de 150w, 250w e 400w.

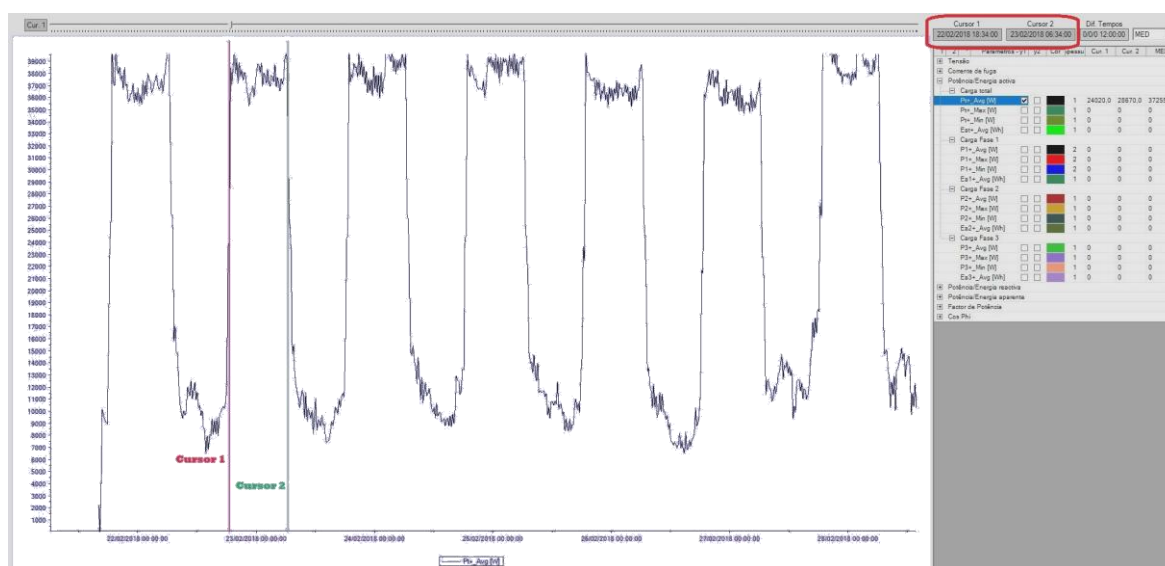


Figura 42 Identificação no diagrama de carga da variação do consumo na PT de Famalicão

4.2. AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA JÁ IMPLEMENTADAS

A melhoria da eficiência energética nas PT está identificada pela Ascendi há já algum tempo, tendo vindo a serem implementadas medidas que visam a eficiência no consumo da energia nas PT.

Nos subcapítulos seguintes são apresentadas e analisadas algumas das medidas já implementadas.

4.2.1. MEDIDAS IMPLEMENTADAS NO SISTEMA DE COBRANÇA

Os sistemas de cobrança (SC) da Ascendi são idênticos nas concessões Norte e GL, desta forma é possível a otimização e sinergia de recursos na gestão dos sistemas.

Tratando-se de sistemas fornecidos segundo o conceito comercial “chave na mão”, não está prevista a capacidade de implementar grandes alterações, sem que implique prescindir de desempenho ou níveis de serviço. No entanto, foi possível atuar em alguns equipamentos secundários que, na sua configuração *standard*, apresentavam baixos níveis de eficiência energética.

No mesmo âmbito, identificou-se uma oportunidade de atuar no projetor de halogênio que serve de suporte na recolha de fotografias das câmaras de vídeo instaladas nas vias verdes de saída. As câmaras de vídeo das VVS recolhem imagens de todas as viaturas que passam nestas vias, com o objetivo de ser perceptível a identificação da matrícula, caso haja a necessidade de recorrer às mesmas para efeitos de cobrança coerciva de portagens.

Os projetores de halogênio instalados nas VVS são da marca Norse Light, foram instalados para estarem permanentemente ligados, 24h/dia, e têm as seguintes características (OSRAM 2018):

- Lâmpada - Osram HQI-TS 400 W/D (halogênio);
- Potência Nominal - 400w;
- Eficiência luminosa (condições normais) - 88 lm/W;
- Fluxo luminoso - 36000 lm;
- Índice de reprodução de cor (IRC) – 85;
- Temperatura de cor - 4200 K;
- Tonalidade da luz – 842;
- Manutenção do fluxo luminoso em 2.000 h - 0.70;
- Manutenção do fluxo luminoso em 4.000 h - 0.60;

- Manutenção do fluxo luminoso em 6.000 h - 0.55;
- Manutenção do fluxo luminoso em 8.000 h - 0.52;
- Manutenção do fluxo luminoso em 12.000 h - 0.50.

Aquando a avaliação da eficiência deste equipamento, considerou-se pertinente manter o mesmo projetor e lâmpada, dado que as alternativas existentes na altura não ofereciam as garantias necessárias para manter o desempenho da câmara de vídeo. Entendeu-se, por isso, avaliar a possibilidade de recorrer a relógios astronómicos para permitir que os projetores sejam ligados exclusivamente no período noturno.

O relógio astronómico é um sistema que utiliza um comando *on-off* com um horário de funcionamento, exemplificado na Figura 43, que está sobreposto às variações das estações do ano, ou seja, do ciclo solar anual (Viva 2012).

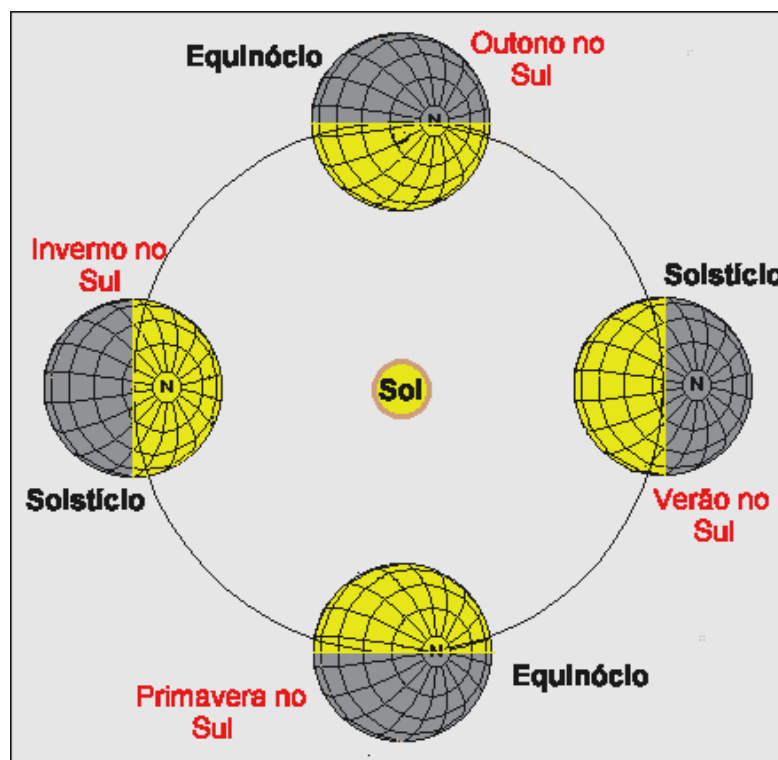


Figura 43 Variação da exposição solar nas 4 estações do ano

O grande benefício na sua utilização, quando comparado a um sistema interruptor horário, é o seu ajustamento no controlo da rede de Iluminação Pública (IP) face ao

período do ano que se encontra. Deste modo, o relógio astronómico aciona o interruptor de acordo com as suas coordenadas geográficas e período noturno, variável ao longo do ano.

Este tipo de equipamento possui as seguintes características:

- Alteração automática do horário de inverno e verão;
- Possibilidade de escolher a programação para além da astronómica;
- O interruptor é acionado de acordo com algoritmos diários, conforme a latitude e longitude do local que se situa;
- Pode ser programado para qualquer região do planeta;
- Podem ser implementados ciclos diários diferentes na programação astronómica, em caso de feriados ou dias festivos.

A Figura 44 ilustra o projetor utilizado nas VVS da Ascendi.



Figura 44 Projetor de câmara VVS

Após vários testes numa via piloto, foi possível instalar relógios que controlam automaticamente o *switch on-off* de cada projetor para ligar exclusivamente no período noturno, com base em fórmulas astronómicas para cada ponto georreferenciado. Porém, foi necessário realizar um ajuste na programação do relógio em alguns locais, para ligar e desligar o projetor duas horas após o nascer e pôr-do-sol. Identificou-se esta necessidade durante os testes locais onde foi perceptível que as fotos perdiam qualidade no momento em

que o Sol se encontrava baixo. O problema foi solucionado recorrendo a um modelo de relógio astronómico que permite a ligação do projetor duas horas antes e depois do nascer e pôr-do-sol, respetivamente. O relógio astronómico escolhido foi o Orbis 178012 e foi instalado na galeria técnica do túnel de PT, de acordo com a Figura 45. As características técnicas do relógio astronómico Orbis 178012 encontra-se no Anexo C deste documento.

A Figura 45 ilustra uma fotografia de um relógio astronómico instalado para controlar o projetor de câmara uma Via Verde.



Figura 45 Relógio astronómico das câmaras VV

No total foram instalados 58 relógios astronómicos, com um investimento total de 5.916,00 €, de acordo com os seguintes dados de poupança, demonstrados na Tabela 21.

Tabela 21 Dados relativos a poupança anual com os relógios astronómicos

Equipamento	KW/h/ Ano	Custo/ Ano	Poupança/ Ano	Retorno Nr. Anos	% Redução	Co2 ⁽¹⁾ (Ton)
Projetor VV 400 w	203 232 W	14 226 €				95,5
Projetor VV ligado 10h dia	84 680 W	5 928 €	8 299 €	0,7	58 %	39,8

(1) O cálculo das emissões de CO2 foi obtido de acordo com o Despacho nº 17313/2008, tendo sido atribuída relação de 0,47005 kg CO2 por kWh (*Diário da República, 2ª série - Nº 122, 26 de junho de 2008*)

Analisando a tabela anterior, verifica-se que o retorno foi conseguido ao fim de 0,7 anos, obtendo com esta medida, uma poupança total anual superior a 8.000 €.

4.2.2. MEDIDAS IMPLEMENTADAS NO SISTEMA DE AVAC

Para melhoria da eficiência no sistema AVAC instalado nas PT da Ascendi, foram implementadas soluções indiretas, mais focadas na melhoria das condições laborais dos Operadores de cabine de portagem, mas que permitem melhorar a eficiência do AVAC. As medidas implementadas, referem-se à instalação de películas solares nas 68 cabines de portagem, especificamente concebidas para a redução drástica do calor, redução do encandeamento e salvaguarda da privacidade. Segundo o *datasheet* das películas, as características fotométricas são as seguintes:

- Redução do calor incidente em 81%
- Redução de ultravioletas em 99%
- Redução do encandeamento 82%
- Eficiência estimada em climatização de 10%

A medida de instalação de películas solares não foi alvo de análise financeira e aferição das eventuais poupanças e retornos, uma vez que, tal como anteriormente mencionado, a sua principal finalidade foi proporcionar melhor conforto aos Operadores das cabines de portagem. Entende-se, portanto, não ser necessário o esforço de cálculo do retorno financeiro pela via da poupança na climatização das 68 cabines que beneficiaram desta medida, assumindo a poupança de 10% em climatização estimada pelo fabricante.

4.2.3. MEDIDAS IMPLEMENTADAS NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para melhorar a eficiência na iluminação das PT foram já implementadas algumas medidas, das quais se destaca a instalação de reguladores de fluxo luminoso da Iluminação Pública (IP), com possibilidade de telegestão remota.

Para implementar reguladores de fluxo luminoso, é possível recorrer a duas soluções distintas, os reguladores de fluxo de balastros eletrónicos reguláveis e os de cabeceira, sendo estes últimos os utilizados nas instalações da Ascendi. A principal diferença entre ambas as soluções é que a primeira permite a regulação do fluxo em cada luminária,

carecendo por isso da instalação de equipamentos em cada luminária, tornando a solução mais dispendiosa.

Um regulador de fluxo luminoso do tipo cabeceira é um equipamento previsto para controlar o processo de arranque da rede IP, estabilização e redução do consumo da potência instalada, referente a uma instalação de iluminação. Inicia o seu ciclo após a aplicação de uma “ordem” com origem local (e.g. sensor crepuscular ou relógio astronómico) ou remota (e.g. sistema *web* de telegestão avançado), aumentando gradualmente a tensão até atingir o valor pré-estabelecido de funcionamento. Quando esse nível de tensão não é mais necessário, o regulador baixa a tensão de alimentação das lâmpadas (Figura 46). As transições entre as várias condições de operação devem ser lentas, para que a alteração do nível de iluminação se torne impercetível ao utilizador (EDP 2016).



Figura 46 Funcionamento de um regulador de fluxo ao longo do período noturno

Aplicando às lâmpadas uma tensão inferior (verde) à nominal de funcionamento (vermelho), a corrente é reduzida, originando a diminuição da potência absorvida pela rede IP. A programação da regulação do fluxo deverá ser feita consoante a época do ano e a área onde o sistema de iluminação está instalado.

Praticamente todas as lâmpadas de descarga utilizadas em IP podem ser reguladas, variando a tensão de alimentação, sem que isso interfira com as suas propriedades e características. No entanto, existe um valor mínimo abaixo do qual a lâmpada não irá funcionar da melhor forma ou mesmo ligar. No caso das lâmpadas de vapor de sódio e de iodetos metálicos é sensivelmente 185 v (Orbis 2004).

O controlo da regulação de fluxo é possível, por exemplo, através da telegestão, tendo-se revelado um grande avanço na IP, no que toca ao uso racional de energia, uma vez que oferece uma harmonia entre a segurança e o conforto. Este sistema permite:

- Potenciar a otimização dos custos de manutenção;
- Reduzir custos com energia;
- Ajustar o fluxo luminoso de acordo com a iluminação ambiente;
- Localizar defeitos e monitorizar o tempo de vida das luminárias;
- Maior capacidade de adaptação em função dos requisitos de cada momento;
- Detetar derrubes e choques dos postes de iluminação;

A composição do sistema de telegestão é a seguinte:

- Controlador de luminária - Dispositivo que programa o balastro ou *driver* das lâmpadas e de todos os sensores existentes na luminária;
- Controlador de segmento - Canal que comunica com as luminárias;
- Sistema de gestão central – Permite a gestão da informação transmitida pelos controladores, quer dos segmentos, quer das luminárias;
- Módulo de comunicações GPRS e Ethernet

O modelo regulador de fluxo instalado nas PT da Ascendi é da marca Orbis de modelo Xeolum Modular e a disposição de entradas e saídas é ilustrada na Figura 47 (Orbis 2004).

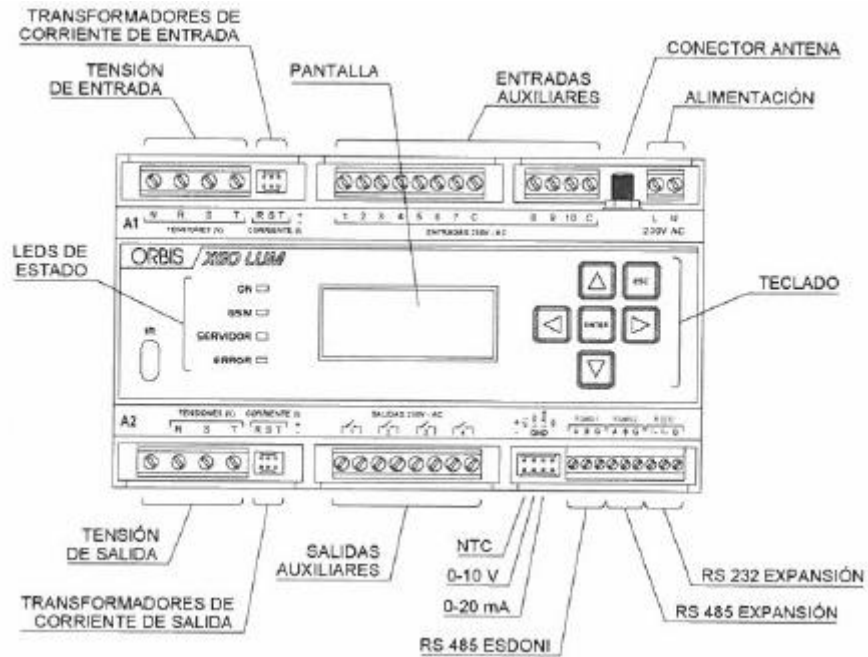


Figura 47 Módulo Orbis Xeolum Modular

O modelo selecionado apresenta uma funcionalidade que consiste na integração de um relógio astronómico que permite a programação da zona horária de forma autónoma por meio de coordenadas geográficas. A independência de um servidor central assegura o funcionamento em caso de perda de ligação com a rede. Com o relógio astronómico, o módulo regulador possibilita a programação de níveis de regulação de fluxo de 4 níveis de redução, conforme ilustrado na Figura 48 (Orbis 2004).

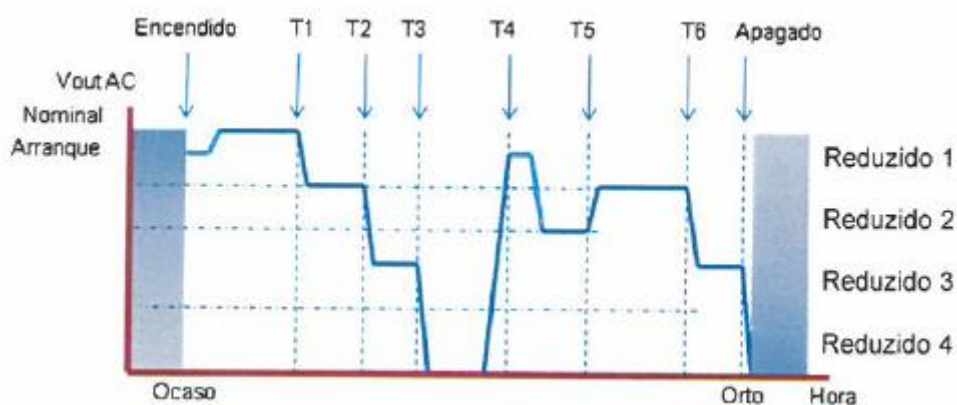


Figura 48 Níveis de regulação de fluxo luminoso no Orbis Xeolum Modular

Para a configuração dos 4 níveis de redução de fluxo no módulo da Orbis, deve-se ter em conta a tecnologia de lâmpadas utilizada, pelo que na Figura 49 apresenta-se os valores de tensão recomendados pela marca para as diferentes tecnologias de lâmpadas (Orbis 2004).

Tipo de Lâmpada	Nominal (180 V a 220 V)	Reduzido 1 (180 V a 210 V)	Reduzido 2 (180 V a 210 V)	Reduzido 3 (180 V a 210 V)	Reduzido 4 (180 V a 210 V)	Arranque (180 V a 210 V)	T. Arranque (6 min a 30 min)
Vapor de Sódio	220	200	195	190	185	210	6
Vapor de Mercúrio	220	200	195	190	185	210	6
Halogenetos	220	195	190	185	180	210	6

Figura 49 Níveis de configuração do valor de tensão por tipo de lâmpadas

Atendendo às possibilidades de configuração demonstradas anteriormente, torna-se possível ajustar o fluxo luminoso de acordo com vários fatores e necessidades, tais como a possibilidade de redução máxima do fluxo luminoso em horários noturno de menor tráfego, etc.

O acesso remoto aos 24 módulos reguladores de fluxo instalados nas praças de portagem da Ascendi é realizado através de um acesso web ao servidor da Orbis, ilustrado na Figura 50. Através deste acesso é possível realizar todas as configurações necessárias em cada módulo, tal como o é possível localmente (Xeolum 2018).

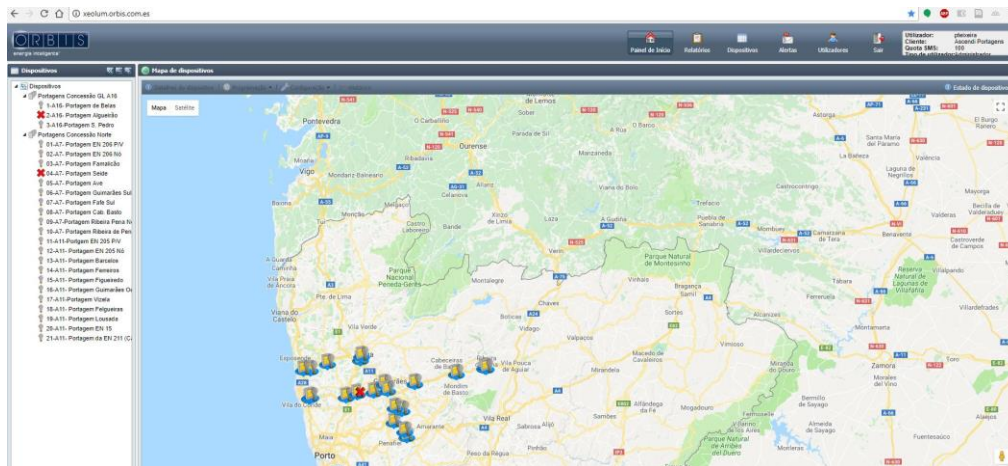


Figura 50 Layout web da plataforma Orbis Xeolum disponibilizada na Ascendi

A instalação dos sistemas de regulação do fluxo nas luminárias das 24 PT teve um investimento total de 120 mil euros, permitindo uma poupança estimada de 150 mil euros ao fim de 5 anos de utilização, tal como demonstrado na Figura 51. O detalhe desta análise é apresentado no Anexo D.



Figura 51 Poupança obtida com a instalação de reguladores de fluxo luminoso

Ainda no âmbito das medidas de eficiência energética já implementadas, entende-se pertinente salientar a alteração da iluminação da pala de portagem de projetores de halogénio de 150w para led de 50w. Para a realização desta alteração foi necessário um investimento de 22 mil €, permitiu uma poupança no consumo de energia destes sistemas na ordem 67%, representando uma poupança anual de 13 mil euros e um retorno do investimento ao fim de 1,7 anos.

A Tabela 22 apresenta o detalhe da análise realizada à alteração dos projetores de halogénio de 150w por led de 50w, em todas as portagens tradicionais das concessões NT e GL.

Tabela 22 Dados relativos à substituição de projetores de halogénio por led nas palas das PT

Praça de Portagem	Total vias	Qtd. Projetores	Investimento	KW Ano Halogéneo	KW Ano Led	€ Ano halogénio	€ Ano Praça	poupança ano	Payback (anos)	Poupança CO2 (Ton)
Guimarães Oeste	9	12	734	6 570	2 190	657	219	438	1,7	2,1
Ave	6	10	601	5 475	1 825	548	183	365	1,6	1,7
Ceide	6	10	601	5 475	1 825	548	183	365	1,6	1,7
Figueiredo	7	22	1 322	12 045	4 015	1 205	402	803	1,6	3,8
Fafe Sul	7	12	734	6 570	2 190	657	219	438	1,7	2,1
Basto	5	8	489	4 380	1 460	438	146	292	1,7	1,4
Famalicão	13	24	1 468	13 140	4 380	1 314	438	876	1,7	4,1
PV EN206 (V. Conde)	8	14	856	7 665	2 555	767	256	511	1,7	2,4
EN206	7	12	721	6 570	2 190	657	219	438	1,6	2,1
Barcelos	12	22	1 322	12 045	4 015	1 205	402	803	1,6	3,8
PV Ferreiros	12	22	1 345	12 045	4 015	1 205	402	803	1,7	3,8
PV EN205 (Apúlia)	10	18	1 145	9 855	3 285	986	329	657	1,7	3,1
EN205	5	8	481	4 380	1 460	438	146	292	1,6	1,4
Guimarães Sul	7	12	734	6 570	2 190	657	219	438	1,7	2,1
Ribeira de Pena	5	8	489	4 380	1 460	438	146	292	1,7	1,4
PV Ribeira de Pena	7	12	734	6 570	2 190	657	219	438	1,7	2,1
Felgueiras	10	18	1 082	9 855	3 285	986	329	657	1,6	3,1
Lousada	9	16	962	8 760	2 920	876	292	584	1,6	2,7
EN15	5	8	481	4 380	1 460	438	146	292	1,6	1,4
Castelões (EN 211)	7	12	721	6 570	2 190	657	219	438	1,6	2,1
Vizela	5	8	481	4 380	1 460	438	146	292	1,6	1,4
Nó Belas (S. Aberto)	6	10	612	5 475	1 825	548	183	365	1,7	1,7
PV Belas (S. Fechado)	14	26	1 590	14 235	4 745	1 424	475	949	1,7	4,5
PV Algueirão (S. Aberto)	10	18	1 101	9 855	3 285	986	329	657	1,7	3,1
PV São Pedro (S. Aberto)	12	22	1 345	12 045	4 015	1 205	402	803	1,7	3,8
TOTAL	204	364	22 150	199 290	66 430	19 929	6 643	13 286	1,7	62,5

O cálculo das emissões de CO2 foi obtido de acordo com o Despacho nº 17313/2008, tendo sido atribuída relação de 0,47005 kg CO2 por KWh (*Diário da República, 2ª série - Nº 122, 26 de junho de 2008*)

A salientar que a alteração detalhada na Tabela 22 permitiu, além das poupanças económicas já referidas, melhorar a qualidade de iluminação, beneficiando, portanto, a visibilidade dos condutores que utilizam as portagens durante o período noturno.

Foram ainda tomadas medidas de menor impacto, mas que permitem igualmente poupança na fatura de energia. Estas medidas estão relacionadas com a iluminação dos túneis técnicos que existem nas PT. Os túneis de portagem estão equipados com lâmpadas tubulares, descritas na Tabela 19 do capítulo 3.4 - Sistema de iluminação e são utilizados durante ações de manutenção, bem como pelos clientes das autoestradas quando, por diversas razões, necessitam de aceder ao edifício de PT. Devido a este perfil de utilização dos túneis, detetava-se com frequência que a iluminação do mesmo ficava várias horas e por vezes dias ligados desnecessariamente. Ora, para evitar esta situação de desperdício de

energia, foram instalados em todos quadros elétricos da iluminação dos túneis, relógios temporizadores para não permitir luzes ligadas sem a presença de pessoas. Foi ainda otimizado o número de lâmpadas por cada circuito de iluminação de forma a não permitir que se liguem mais de 40% das lâmpadas do túnel.

Esta medida representou pouco impacto ao nível de investimento (cerca de 50 € por PT) e dadas as variáveis não foi possível estimar o retorno com a implementação da mesma.

Porém, a título de exemplo, o túnel da PT de Belas tem instaladas 32 lâmpadas tubulares de 58 w, que representa uma potência instalada de 1856 w. Com a otimização do número de lâmpadas para 40%, fica a abranger uma potência total de 742.4 w, que a introdução do relógio temporizador garante não ser utilizada para desperdício de energia.

4.3. IDENTIFICAÇÃO E EVENTUAL IMPLEMENTAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA

Depois de analisados os consumos de energia, o perfil de consumo e os diagramas de carga das praças de portagem, consideram-se pertinente discriminar a identificação, proposta e implementação de melhorias de eficiência energética.

Com a verificação dos sistemas existentes nas PT, nomeadamente o sistema de iluminação, o sistema de cobrança e o sistema de AVAC, é possível identificar um conjunto de aspetos que demonstram oportunidades de eficiência sem recorrer à redução de desempenho dos equipamentos ou mesmo do conforto dos colaboradores.

Apresenta-se, nos tópicos seguintes, as soluções estudadas para cada sistema de consumo e que, para algumas situações, considera-se oportuna a sua implementação.

4.3.1. SOLUÇÕES PARA MELHORIA NO SISTEMA DE COBRANÇA

O sistema de cobrança (SC) foi alvo, num passado recente, já analisado no ponto 4.2.1 - Medidas implementadas no sistema de cobrança, de instalação de 58 relógios astronómicos da marca Orbis 178012 que controlam o acionamento de projetores de halogénio de 400W das câmaras de vídeo das Vias Verdes de Saída (VVS), permitindo uma poupança de 58%. Aquando essa alteração, não foi considerada a alteração do projetor

para uma tecnologia mais eficiente, por não se identificarem projetores eficientes que oferecessem as garantias necessárias para manter o desempenho da câmara de vídeo.

Entende-se oportuno realizar nova análise, dada a evolução constante na tecnologia LED e variedade de soluções novas que surgem frequentemente.

Foram realizadas várias pesquisas de mercado na procura de soluções de projetores LED com características de iluminação idênticas ao projetor de halogénio da Norse Light (OSRAM 2018) e lâmpada OSRAM HQI-TS 400 W/D, detalhados no ponto 4.2.1. Considerou-se testar em VVS piloto, um projetor alternativo da Eleri9 modelo 35022, fabricado pela empresa portuguesa A-Eletrificadora, que tem as seguintes características (A-Eletrificadora 2018):

- Potência 150W;
- LED SMD 2835 de alta qualidade;
- Grau de Proteção IP 65;
- Ângulo de abertura 120°;
- Frequência 50-60 Hz;
- Alimentação 220V;
- Fator de Potência > 0,9;
- Temperatura de Cor 4000K (Branco Neutro);
- Corpo em alumínio de alta qualidade;
- Vida útil: 30.000h.

A PT piloto de teste do projetor LED foi a PT de Famalicão, tendo o mesmo sido testado durante 4 dias na VVS4, compreendidos entre os dias 12 e 15 de março de 2018. Após período de testes, foram recolhidas as fotos da câmara de vídeo da VVS4 e verificado o seu desempenho ao longo dos 4 dias. A verificação de desempenho consiste em verificar visualmente todas as fotos, comparando os dígitos da matrícula da viatura com o sistema

License Plate Recognition (LPR) ou em português Reconhecimento Automático de Matrícula.

Para os 5 dias de teste, recolheram-se da câmara VVS4 309 fotográficas de viaturas, durante o período noturno, obtendo os dados detalhados na Tabela 23.

Tabela 23 Teste de desempenho de câmara LPR com projetor LED de 150W

Qtd. de fotos verificadas	309
Qtd. de fotos com falha LPR	9
LPR sem sucesso (%)	2,9
LPR com sucesso (%)	97,1

O resultado do teste ilustrado na Tabela 23 é favorável a considerar que o mesmo foi bem-sucedido. O valor de 97% no reconhecimento automático de matrículas corretamente lidas é dentro do desempenho habitual do sistema LPR, comprovando por isso a viabilidade para estender a medida aos restantes 57 locais.

De salientar que, por razões de proteção de dados dos utentes das portagens, não são apresentadas neste relatório as fotos de viaturas recolhidas durante o teste ao sistema LPR.

A implementação da medida de eficiência energética no sistema de cobrança carece de um investimento de 4.640,00 € e estima-se os seguintes dados de económicos, demonstrados na Tabela 24.

Tabela 24 Dados relativos a poupança anual com os projetores de LED

Equipamento	Anual (KWh)	Anual (€)	Poupança/Ano (€)	Retorno Nr. Anos	Redução (%)	CO2 (Ton) (1)
Projetor VV 400W	84 680	5 928				39,8
Projetor VV 150W	31 755	2 223	3 705	1,3	63	15

O cálculo das emissões de CO2 foi obtido de acordo com o Despacho nº 17313/2008, tendo sido atribuída relação de 0,47005 kg CO2 por KWh (*Diário da República, 2ª série - Nº 122, 26 de junho de 2008*)

Analisando a Tabela 24, verifica-se que o retorno de investimento é conseguido ao fim de 1,3 anos obtendo, com esta medida, uma poupança total anual de 3.705,00 €.

4.3.2. SOLUÇÕES PARA MELHORIA NA ILUMINAÇÃO

Para melhoria na eficiência da iluminação considera-se pertinente realizar um estudo que vise a substituição da solução existente por uma solução com recurso à tecnologia LED, no sentido de se estudar as vantagens e poupanças associadas.

Todavia, a continuidade de iluminação tradicional em alguns locais deve ser preservada, quer por limitações técnicas na sua substituição, quer pela inviabilidade económica na migração para LED. Nessas circunstâncias, efetuou-se o estudo da otimização e racionalização do consumo com a iluminação.

As concessões NT e GL contemplam no total 24 PT que devem ser alvo de implementação de medidas de eficiência energética. Ainda assim, dadas as particulares existentes em cada PT, não é viável no âmbito desta dissertação, o levantamento do cadastro de iluminação para todas as PT. Considerou-se, portanto, realizar o levantamento nas PT visadas como piloto de medidas a implementar, sendo elas a portagem de Famalicão e de EN206NO (Tabela 25 e Tabela 26). Foi ainda oportuno o levantamento do cadastro de iluminação das PT de EN205NO e de Belas, remetendo os respetivos dados para o Anexo E.

Tabela 25 Cadastro de iluminação existente na PT de Famalicão

Localização	Tipo de lâmpada	Tipo de armadura (w)	Nº de armaduras	Nº de lâmpadas por armadura	Potência instalada/ armadura (w)	Utilização anual (h)
Copa	Florescente tubular	58	7	3	1 218	5 256
Corredor	Florescente compacta	58	8	1	464	8 760
Sala Controlo OPP	Florescente tubular	58	4	2	464	8 760
Sala Cofre OPP	Florescente tubular	18	1	1	18	3 504
Sala Cash-up	Florescente tubular	18	3	4	216	8 760
Sala de Servidores	Florescente tubular	58	2	4	464	3 504
WC funcionários	Florescente tubular	18	3	2	108	2 628
WC funcionários	Florescente tubular	58	3	2	348	2 628
WC funcionárias	Florescente tubular	18	3	2	108	2 628
WC funcionárias	Florescente tubular	58	3	2	348	2 628
Sala Clientes	Florescente tubular	58	4	2	464	8 760
WC Clientes	Florescente compacta	18	4	2	144	8 760
Dispensa	Florescente tubular	18	1	1	18	2 628
Exterior (projeto de chão)	Halogénio	150	3	1	450	4 380
Exterior edifício e acesso túnel)	Halogénio	150	4	1	600	4 380
Dispensa exterior (ex. baterias)	Florescente tubular	58	1	2	116	876
Sala Gerador	Florescente tubular	58	2	1	116	1 752
Túnel	Florescente tubular	58	23	1	1 334	2 628
Pala	Halogénio	150	24	1	3 600	3 640
Pala VV + placa informativa	Florescente tubular	58	8	1	464	8 760
Narizes das ilhas	LED	5	5	2	50	8 760
Luminárias (colunas)	Vapor de sódio	250	12	2	6 000	3 640
Torres 25m	Vapor de sódio	400	28	1	11 200	3 640
					28 312	

Tabela 26 Cadastro de iluminação existente na PT de EN206NO

Localização	Tipo de lâmpada	Tipo de armadura (w)	Nº de armaduras	Nº de lâmpadas por armadura	Potência instalada/ armadura (w)	Utilização anual (h)
Copa	Florescente tubular	18	5	4	360	5 256
Corredor	Florescente compacta	18	8	2	288	8 760
Sala Controlo OPP	Florescente tubular	36	4	2	288	8 760
Sala Cofre OPP	Florescente tubular	18	1	1	18	3 504
Sala Cash-up	Florescente tubular	18	3	4	216	8 760
Sala de Servidores	Florescente tubular	18	2	4	144	3 504
WC funcionários	Florescente tubular	18	3	2	108	2 628
WC funcionários	Florescente tubular	58	1	2	116	2 628
WC funcionárias	Florescente tubular	18	3	2	108	2 628
WC funcionárias	Florescente tubular	58	1	2	116	2 628
Sala Clientes	Florescente tubular	58	4	2	464	8 760
WC Clientes	Florescente compacta	18	4	2	144	8 760
Dispensa	Florescente tubular	18	1	2	36	2 628
Exterior (projektor de chão)	Halogénio	150	3	1	450	4 380
Exterior edifício e acesso túnel)	Halogénio	150	2	1	300	4 380
Dispensa exterior (ex. baterias)	Florescente tubular	58	1	1	58	876
Sala Gerador	Florescente tubular	58	1	1	58	1 752
Túnel	Florescente tubular	58	15	2	1 740	2 628
Pala	Halogénio	150	12	1	1 800	3 640
Pala VV + placa informativa	Florescente tubular	58	8	1	464	8 760
Narizes das ilhas	LED	5	5	2	50	8 760
Luminárias (colunas 15m)	Vapor de sódio	250	12	2	6 000	3 640
Luminárias (colunas 12m)	Vapor de sódio	250	37	1	9 250	3 640
Luminárias (colunas 9m)	Vapor de sódio	150	-	2	-	3 640
					22 576	

4.3.2.1. LUMINÁRIAS DO GARRAFÃO DE PORTAGEM

O consumo energético da Iluminação Pública (IP) existente no garrafão das portagens representa a maior parcela da fatura de eletricidade das portagens da Ascendi. Nesse contexto, escolheu-se a PT EN206NO por ser habitualmente escolhida nesta dissertação para *trigger* de teste de novas medidas de eficiência energética e ainda a PT de EN206PV, por se encontrar geograficamente próxima da anterior. A IP de ambas as PT tem a particularidade de estar instalada de forma continuada, interligada pelo ramo de autoestrada (Figura 52), contabilizando no total 102 lâmpadas de 250W de vapor de sódio, discriminadas na Tabela 25 e na Tabela 26.

A Figura 52 ilustra a planta de IP das PT EN206NO e EN206PV [Fonte: Ascendi].

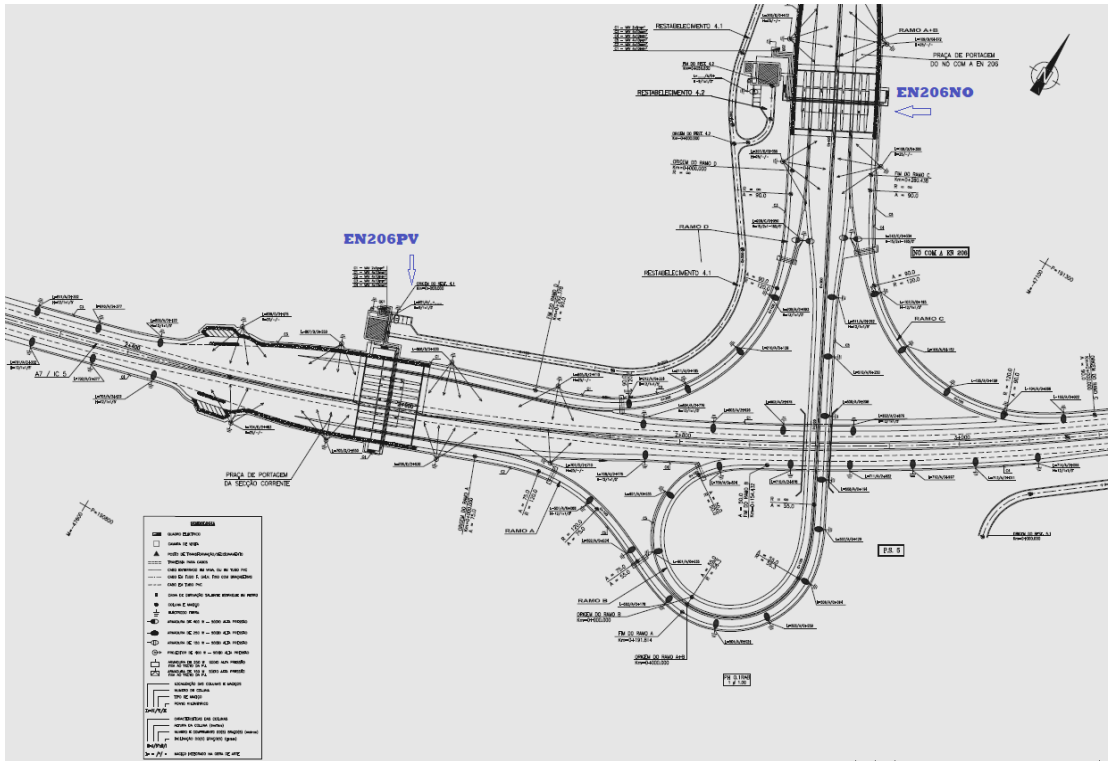


Figura 52 Planta com circuitos IP das PT de EN206NO e PV

A Figura 53 apresenta o consumo de uma semana na PT EN206NO, sendo perceptível que o período noturno representa a maior parcela do consumo energético, justificado pela iluminação ser ativada durante esse período.

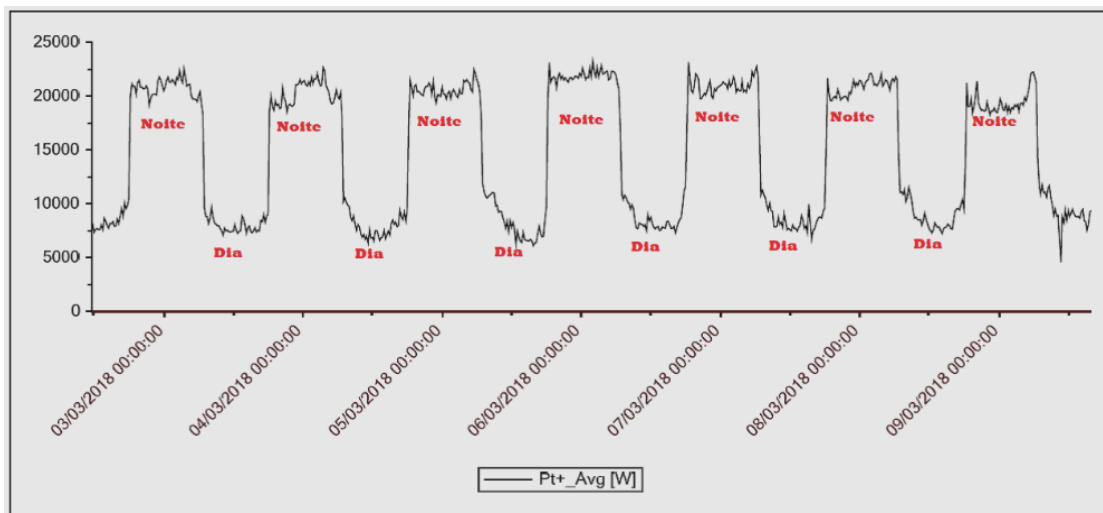


Figura 53 Representação do consumo (KWh) noturno e diurno na EN206NO

A exequibilidade desta alteração requer a classificação da via a fim de determinar a classe IP do local a intervir. Tendo em conta a norma reguladora EN13201 (*Road Lighting - Part 1* 2004), estudada no capítulo 2.4.2, determinou-se que a classe IP das portagens EN206NO e EN206PV é a ME2, aplicável a vias onde se verifique a circulação de veículos motorizados, onde seja praticável velocidade média a alta.

A fim de verificar-se a conformidade da iluminação dos locais se encontra de acordo com os requisitos normativos, recorreu-se ao *software* Dialux (GmbH 2018), indicado para reproduzir variadas situações hipotéticas com diferentes tipos de luminárias, realizando os algoritmos previstos para a determinação dos parâmetros mínimos e máximos estipulados na norma EN 13201 (*Road Lighting - Part 1* 2004), tais como, a luminância média, a uniformidade geral (Uo) e a longitudinal (Ul) ou até o encadeamento perturbador (TI). O incumprimento de um destes requisitos significa a exclusão da instalação dessa mesma luminária.

As luminárias testadas são da marca PHILIPS BGP243 T25 1 xLED130-4S/740 DN10, de 118W e o estudo luminotécnico com o *software* da Dialux apresentou resultados favoráveis à utilização destas lâmpadas LED nos locais pretendidos. As respetivas especificações técnicas da lâmpada e resultados luminotécnicos podem ser consultadas no Anexo L.

A análise económica para o investimento na substituição das 102 lâmpadas da IP é necessária para determinar alguns parâmetros económicos do projeto, nomeadamente:

- *Cash Flows* – Neste caso ao longo de 10 anos, por ser o tempo de vida expetável das lâmpadas propostas. Considerando a poupança com a manutenção das atuais lâmpadas através do histórico de custos com a manutenção das mesmas e um aumento anual de eletricidade de 3%;
- Valor Atual Líquido (VAL) - Somatório de todas as entradas e saídas de dinheiro durante 10 anos, atualizadas para o momento presente com a taxa de desconto de 1.5%;

- Taxa Interna de Retorno (TIR) - Permite comparar o investimento a realizar com eventuais alternativas ao mesmo. Taxa usada como referência quando um investimento pode ter o VAL igual a zero;
- *Pay Back Time* – Período de recuperação do investimento.

A Tabela 27 ilustra os *Cash Flows* de investimento nas luminárias LED nas PT de EN206NO e EN206PV, bem como os demais resultados económicos, salientando o retorno do investimento ao fim de 5 anos e uma redução do consumo de 57%. Destaca-se também que os *Cash Flows* foram calculados considerando inclusive a poupança no sistema de regulação de fluxo luminoso já implementada, descrito no capítulo 4.2.3 - Medidas implementadas no sistema de iluminação.

Tabela 27 *Cash Flows* (esquerda), análise económica (direita)

Ano	Cash flow	Análise económica	
0	- 33 007,9	TIR (10 anos)	15,1
1	5 550,6	VAL (10 anos)	28 881
2	5 717,1	Pay-Back (anos)	5,0
3	6 633,2	Redução consumo (%)	57,0
4	6 065,3	Redução CO2 (Ton)	23
5	8 750,3	Redução consumo (KWh)	47 915
6	6 434,7		
7	6 627,7		
8	7 571,1		
9	7 031,3		
10	9 745,3		
Total	37 118,8		

4.3.2.2. MARCADORES DE LED NO PAVIMENTO DAS VIAS DE PORTAGEM

Com o desenvolvimento desta dissertação, que careceu de vários trabalhos *in loco*, bem como interações com as equipas operacionais, evidenciou-se oportuno o desenvolvimento de uma solução de iluminação que permitisse melhorar a visibilidade de algumas vias verdes da Ascendi. Esta medida tornou-se necessária inclusive por questões de segurança, uma vez que estas vias apresentam um índice de sinistralidade superior às demais.

As PT visadas nesta melhoria são Castelões (vias verdes 04 e 05), localizada no Marco de Canaveses e Belas (vias verdes 12 e 16), localizada em Sintra. A solução pretendida passa por instalar-se um sistema de corredor de LEDs no pavimento, idêntico ao que se identifica nas pistas aeroportuárias, porém adaptadas à realidade das autoestradas.

Para maior precisão das intervenções a realizar foram necessárias visitas aos locais, onde se identificaram as quantidades de marcadores de LEDs a instalar no chão das autoestradas, fez-se o dimensionamento da instalação elétrica, das respetivas proteções e identificou-se as necessidades operacionais a garantir durante o projeto de execução.

Concluído o levantamento mencionado no parágrafo anterior, elaborou-se um caderno de encargos onde, entre outros, se inclui os mapas com os esquemas de instalação (Figura 54) e a lista de características da solução (Figura 55).



Figura 54 Esquemas de instalação de marcadores de LED em Belas (cima) e Castêlões (baixo)

Características comuns a todas as instalações:

- Marcadores de leds constituídos por, no mínimo, 3 leds, com alta resistência a impactos
- Possibilidade de comutação de cada corredor de leds entre ligado/desligado, fixo/intermitente, com armário de comando no túnel de portagem;
- Cablagem elétrica ao longo do rasgo dimensionada em conformidade, constituída por um único cabo de alimentação com elevada qualidade e resistência a impactos
- Prever caixa de derivação estanque em caixa de visita técnica existente na ilha;
- Fornecer as fichas técnicas de todos os materiais e equipamentos propostos;
- Referir na proposta a duração de garantia prevista para os materiais a fornecer;
- Incluir sinalização temporária e cortes de vias e policiamento necessários;
- Referir prazo de fornecimento após a adjudicação bem como prazo de instalação por cada via;
- Apresentar os valores de instalação separados por praça e os valores da sinalização, cortes de via e de policiamento devem igualmente ser detalhados por praça;

Notas: Será disponibilizado pela Ascendi no armário elétrico do túnel, circuitos elétricos dimensionado em conformidade onde deverão ser alimentados os circuitos dos marcadores de leds;

Características particulares de cada instalação:

Portagem de Belas

- VVE 12
 - Instalação de 48 marcadores de leds
 - Substituição de 7 balizadores rebatíveis (atualmente danificados)
- VVE 16
 - Instalação de 18 marcadores de leds
 - Substituição de 14 balizadores rebatíveis (atualmente danificados)

Portagem de Castelões

- VVS 04
 - Instalação de 22 marcadores de leds
 - Instalação de 9 balizadores rebatíveis (atualmente danificados)
- VVE 05
 - Instalação de 16 marcadores de leds
 - Substituição de 15 balizadores rebatíveis (atualmente danificados)

Figura 55 Características e quantidades de matérias das instalações de marcadores de LED em Belas e Castelões

O facto de os marcadores de LEDs serem instalados no pavimento das vias, coloca-os sujeitos a circunstâncias adversas, tais como o clima ou aos esforços mecânicos provocados pelos rodados das viaturas. Estas circunstâncias obrigam a contemplarem características adequadas aos locais a instalar, as quais foram encontradas no marcador de

MODES OF OPERATION	ALWAYS ON FLASHING SEQUENTIAL				
COMMUNICATION PROTOCOL MASTER/SLAVE	COMMUNICATION RS485 (OPTIONAL) COMMUNICATION CAN-BUS (OPTIONAL)				
ELECTRICAL CHARACTERISTICS					
POWER	12VDC / 24VDC				
COLOUR LED	AMBER	RED	WHITE	BLUE	GREEN
CURRENT CONSUMPTION.	80MA				
CABLE CONNECTION					
BROWN	+				
BLUE	-				
OPTICAL CHARACTERISTICS					
NUMBER OF LED'S	8 LED'S 5MM (WHITE, BLUE, GREEN, AMBER, RED)				
TYPE LED	CRCC 5MM		NICIIIA 5MM		
COLOUR LED	AMBER	RED	WHITE	BLUE	GREEN
VIEWING ANGLE	15°	15°	15°	15°	15°
BRIGHTNESS INTENSITY	MIN.:8200MCD MAX.:16800MCD	MIN.:8200MCD MAX.:16800MCD	MIN.:22000MCD MAX.:31000MCD	MIN.:6960MCD MAX.:9750MCD	MIN.:15320MCD MAX.:21650MCD
MECHANICAL CHARACTERISTICS					
DIMENSIONS	DIAMETER: 160,5MM DEPTH: 100,41MM RISING FROM ROAD SURFACE: 7,5MM INSTALLATION DEPTH: 95MM DIMENSIONS (VISIBLE SURFACE): Ø=160,5MM				
BOTTOM PART MATERIAL	ALUMINIUM				
TOP MATERIAL	STAINLESS STEEL				
MECHANICAL RESISTANCE	120 TON				

Figura 57 SR-45 - Especificações elétricas e mecânicas

A ligação elétrica entre os marcadores e o armário de controlo instalado na galeria técnica do túnel de portagem, foi realizada mediante a utilização de um cabo que está igualmente sujeito a fortes impactos. Para efetuar essa ligação foi necessário realizar rasgos ao longo das vias para permitir interligar os componentes, recorrendo a uma ligação série. Este tipo de ligação obriga a dimensionar uma cablagem elétrica resistente, uma vez que uma avaria num único marcador ou na cablagem, pode provocar a indisponibilidade de todo o sistema. A cablagem preconizada para a instalação é da marca Xtrem H07RN-F, do tipo flexível e resistente a impactos, estando as especificações técnicas no Anexo G.

A instalação dos marcadores de LEDs na PT de Castelões e de Belas foi orçamentada em 43 mil euros tendo sido realizada em abril de 2018. A Figura 58 ilustra algumas imagens recolhidas durante a execução dos trabalhos.



Figura 58 Trabalhos de instalação dos marcadores de LED no pavimento

A Figura 59 apresenta uma imagem recolhida durante o período noturno da solução de marcadores de LEDs instalados, neste caso da VV12 da praça de portagem de Belas.

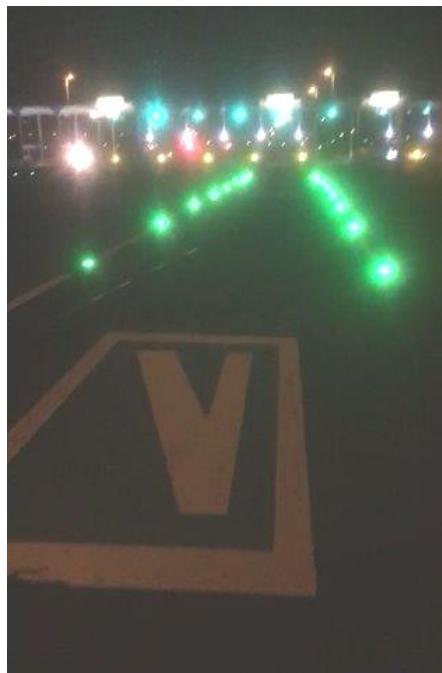


Figura 59 Solução final de marcadores de LED instalada na PT de Belas

4.3.2.3. ILUMINAÇÃO DO EDIFÍCIO E TÚNEL DE PORTAGEM

Os sistemas de iluminação do edifício e do túnel têm uma característica que os distingue dos restantes sistemas de iluminação instalados nas PT. Estes são na sua generalidade operados pelos colaboradores de portagem, ao contrário dos demais que são geridos autonomamente por células crepusculares, reguladores de fluxo e relógios astronómicos. Considera-se, por isso, que esta iluminação se encontra volátil ao menor rigor de utilização por alguns dos colaboradores, gerando por isso desperdício no consumo da energia elétrica. Por consequente, entendeu-se reforçar as medidas de sensibilização dos colaboradores para uma utilização racional dos recursos energéticos.

Posteriormente, após analisar o cadastro de lâmpadas existentes nas PT visadas no estudo, detalhado nas Tabela 25 e Tabela 26 do capítulo 4.3.2, bem como o perfil de utilização dos locais, compilou-se um conjunto de medidas de eficiência energética apresentadas na Tabela 28.

Tabela 28 Medidas de melhoria a implementar na iluminação do edifício e túnel da PT de EN206NO

Localização	Medida	Utilização anual (h)	Potência instalada (KWh)	Redução estimada (KWh Ano)	Economia (€ Ano)	Investimento (€)	Retorno (Anos)	Poupança CO2 (Ton)
Edifício (exterior)	Substituição de projetores de chão exteriores de halogénio de 150w por led de 30w	4380	0,5	1577	158	75	0,5	0,7
Edifício	Controlar a iluminação dos corredores e salas de clientes, atualmente ligados 24h dia, através das células crepusculares existentes	8760	0,9	3270	327	0		1,5
Edifício e Túnel	Substituir blocos automáticos de saída de emergência de 14w por 3w	8760	0,1	482	48	150	3,1	0,2
				5329	533	225		2,5

Além das medidas apresentadas na Tabela 28, foram avaliadas outras soluções de eficiência que faziam parte dos objetivos iniciais desta dissertação, tais como a substituição de todas as lâmpadas por LED e ainda a instalação de tubos solares no túnel e cabines de PT.

Porém, a substituição das lâmpadas fluorescentes do edifício e do túnel por LED deixou de fazer parte das medidas viáveis, devido à utilização pouco intensiva constatada após introdução das medidas de sensibilização. Já a solução de introduzir tubos solares no túnel e cabine de PT foi eliminada após conclusões ao estudo da tecnologia no capítulo 2.2 - Iluminação com tubos solares. A inviabilidade surgiu quando se verificou que a implementação desta tecnologia no túnel necessitava de perfurações complexas na laje do mesmo, parecer de projetista civil e, por consequente, encarecendo a solução. No caso das

cabines, como a cobertura destas se encontra sob a pala de portagem, não recebendo irradiação solar direta, não haveria possibilidade de se obter os níveis de iluminância mínimos para os Operadores de portagem exercerem a sua atividade.

4.3.3. SOLUÇÕES PARA MELHORIA NO AVAC

O sistema AVAC instalado nas PT não tem sido alvo de intervenções significativas que visem a melhoria da eficiência energética. Todavia, nas últimas inspeções rotineiras de manutenção, que decorreram em janeiro de 2018, foi dada atenção ao isolamento da tubagem que interliga o gás entre a máquina exterior e a interior. Dessa inspeção, resultaram a identificação 24 unidades AC das cabines de portagem da concessão GL com fuga de ar refrigerado, tendo sido corrigido de imediato de acordo com o exemplo da Figura 60.



Figura 60 Conduitas AC antes (esquerda) e após (direita) intervenção de isolamento de tubagens

Dado que estes equipamentos se encontram na concessão da Grande Lisboa, por razões geográficas, não foi possível a realização de medições aos consumos de energia antes e após intervenção.

Considera-se, porém, uma estimativa de poupança energética ligeiramente superior a 20%. Este valor foi estimado recorrendo à comparação com a poupança obtida numa intervenção idêntica, realizada em 2016 a um equipamento AC instalado num edifício da Ascendi localizado na Maia, fora do âmbito das portagens.

Aquando a intervenção de isolamento da tubagem AC realizada na Maia em 2016, referida no parágrafo anterior, foi possível medir os consumos com recurso a um

analisador de redes da marca Chauvin Arnoux, modelo Qualistar 8334B, obtendo-se os diagramas de carga da Figura 61.

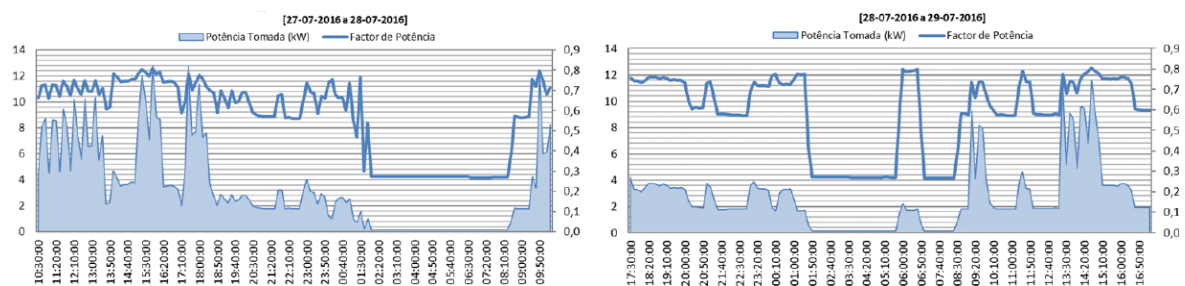


Figura 61 Diagramas de carga da unidade AC antes e após isolamento

Analisando a figura anterior, identifica-se uma redução significativa no consumo da unidade AC após a intervenção de isolamento da tubagem, tendo sido registado uma poupança efetiva de 21.3%, valor este que tem sido de referência desde então para intervenções similares em sistemas idênticos.

Assumindo uma poupança estimada na ordem dos 20%, bem como um investimento de 318 € no isolamento da tubagem de 24 unidades AC, foi possível obter uma poupança anual superior a 2.000 €, recuperando o investimento num curto período de utilização, tal como demonstrado na Tabela 29.

Tabela 29 Dados relativos a poupança anual com o isolamento da tubagem AC

Equipamento	Fator de utilização (%)	Poupança (KW)	Poupança (€)	Investimento (€)	Retorno	%	CO2 (Ton)
	Ano	Ano	Ano		Nr. Anos	Redução	Ano
24 Unidades AC GREE 83510 9500 BTU	33,3 (1)	21 024 (2)	2 102	318	0,15	20	9,88 (3)

(1) Valor calculado atendendo à utilização média de 8 cabines de portagem permanentemente em funcionamento na concessão GL.

(2) Valor calculado atendendo a utilização das unidades AC entre 50% a 60% da sua capacidade nominal.

(3) O cálculo das emissões de CO₂ foi obtido de acordo com o Despacho nº 17313/2008, tendo sido atribuída relação de 0,47005 kg CO₂ por KWh (*Diário da República, 2ª série - Nº 122, 26 de junho de 2008*)

Após a avaliação da poupança demonstrada no quadro anterior, a Ascendi preconiza, desde então, a inspeção das tubagens AC das unidades instaladas nas PT, com a periodicidade de 3 meses.

4.3.4. PROJETO DE UNIDADE DE PRODUÇÃO PARA AUTOCONSUMO

O autoconsumo surge como a oportunidade da Ascendi poder produzir energia para consumo próprio e o excedente ser vendido à rede. A energia produzida é injetada na instalação de consumo e eventuais excedentes de produção instantânea podem ser injetados RESP. O modelo a propor pressupõe a adequação da capacidade de produção ao regime de consumo existente no local, minimizando a injeção de energia na RESP.

A solução deve cumprir com todos os requisitos impostos pela legislação em vigor, referidos na secção 2.4.3 - Enquadramento legal para sistemas de autoconsumo de energia, bem como as seguintes avaliações:

- Espaço disponível e adequado para a instalação de painéis fotovoltaicos (PF);
- Potência de consumo em utilização diurna;
- Seleção e especificação dos equipamentos necessários.

A proposta a apresentar deve contemplar o fornecimento e instalação de sistema de produção de energia elétrica, através do aproveitamento de fontes de energias renováveis – painéis solares fotovoltaicos – para injeção na rede elétrica da portagem com uma potência instalada a especificar, evidenciando, por fim, as análises financeiras associadas ao projeto de investimento.

4.3.4.1. AVALIAÇÃO DO LOCAL

Tal como mencionado no ponto 4.1.2 desta dissertação, o local escolhido para a instalação dos módulos FV, a servir de piloto para as demais PT foi a EN206NO localizada

na nacional 206 na localidade de Vila do Conde, cuja latitude é N 41°23'23"; W 8°41'54" (41.390, -8.698). No sentido de otimizar a instalação, escolheu-se a cobertura da pala de portagem por estar orientada e inclinada a Sul.

A escolha do local recaiu na PT de EN206NO pelas vantagens da exposição solar que apresenta e também por ser um local que está a sofrer obras de reabilitação. Nesta intervenção está prevista a substituição integral da cobertura da pala de portagem, existindo, por isso sinergia de trabalhos para a colocação de painéis fotovoltaicos na cobertura.

A Figura 62 (Fonte: Google maps) corresponde à localização satélite do local escolhido para os PF na cobertura da pala de portagem e a identificação da orientação geográfica, relativa para a inclinação das células fotovoltaicas, atendendo a trajetória solar.



Figura 62 Localização satélite da PT de EN206NO

Para se poder iniciar o planeamento de um sistema fotovoltaico, tendo em vista o seu posterior dimensionamento, é fundamental conhecer bem o local da instalação e efetuar o levantamento das suas características, nomeadamente:

- Área disponível para instalação dos módulos;
- Orientação e inclinação das estruturas disponíveis à colocação do sistema;

- Dados climáticos (irradiação e temperatura média mensal);
- Trajetória solar (altura e azimute).

A Tabela 30 apresenta as características do local a instalar PF, sendo os dados obtidos nas plantas e memórias descritivas das respectivas instalações.

Tabela 30 Características do local a instalar painéis fotovoltaicos

Local	Tipo de cobertura	Comprimento (m)	Largura total (m)	Área total da cobertura (m ²)	A) Largura com inclinação favorável a sul	Área A) (m ²)	B) Largura com inclinação favorável a norte	Área B) (m ²)	Orientação	Inclinação (graus)
EN206NO	Painel Sandwich	34	16,5	561	11,8	194,7	4,7	77,55	Norte e Sul	10

A cobertura da pala de portagem apresenta duas faces, uma virada para Norte e outra para Sul, considera-se pertinente utilizar a que está virada para sul, com uma área disponível de aproximadamente 194,7 m².

A Figura 63 e Figura 64 apresentam respetivamente as plantas do alçado transversal e longitudinal da PT de EN206NO [Fonte: Ascendi].

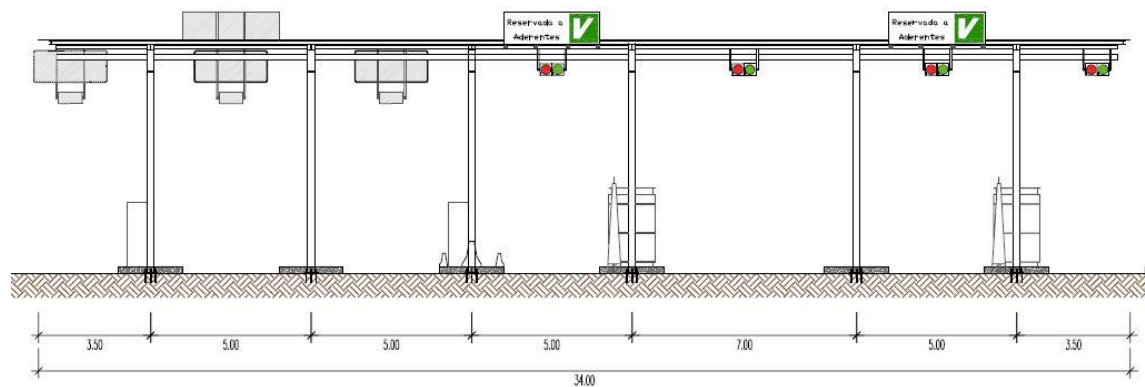


Figura 63 EN206NO – Planta do alçado transversal

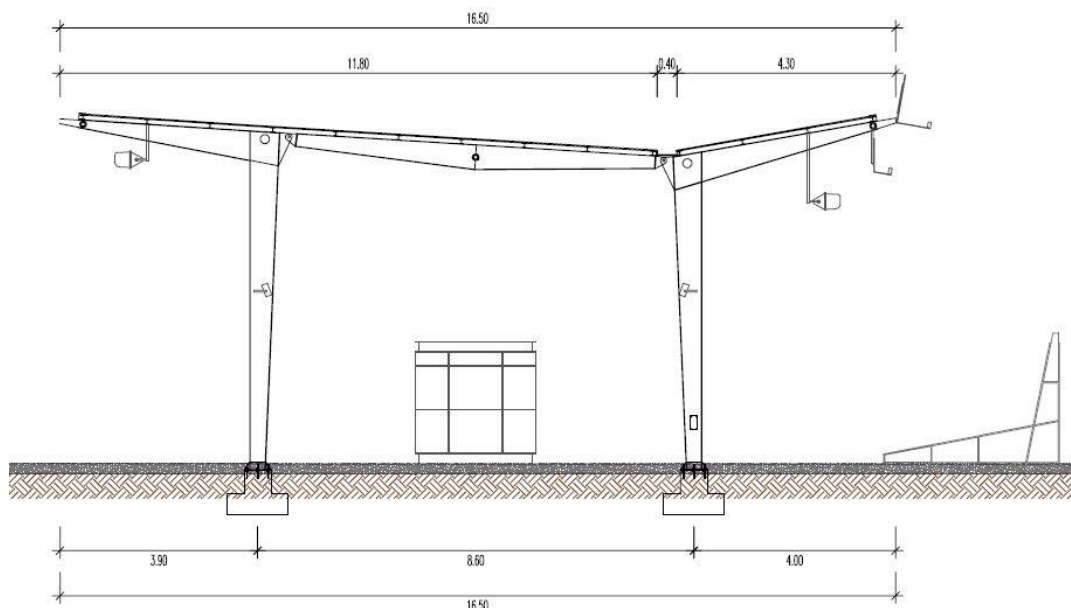


Figura 64 EN206NO – Planta do alçado Longitudinal

4.3.4.2. INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E METEOROLÓGICA

Para recolha dos dados relativos à temperatura e irradiação solar mensal para o local da instalação recorreu-se à aplicação *online* PVGIS (JRC 2017) disponibilizada pela Comissão Europeia. Na Figura 65 apresenta-se a *interface* da aplicação onde foi possível simular e recolher os dados para o ano de 2016 (último ano com dados disponíveis na plataforma).

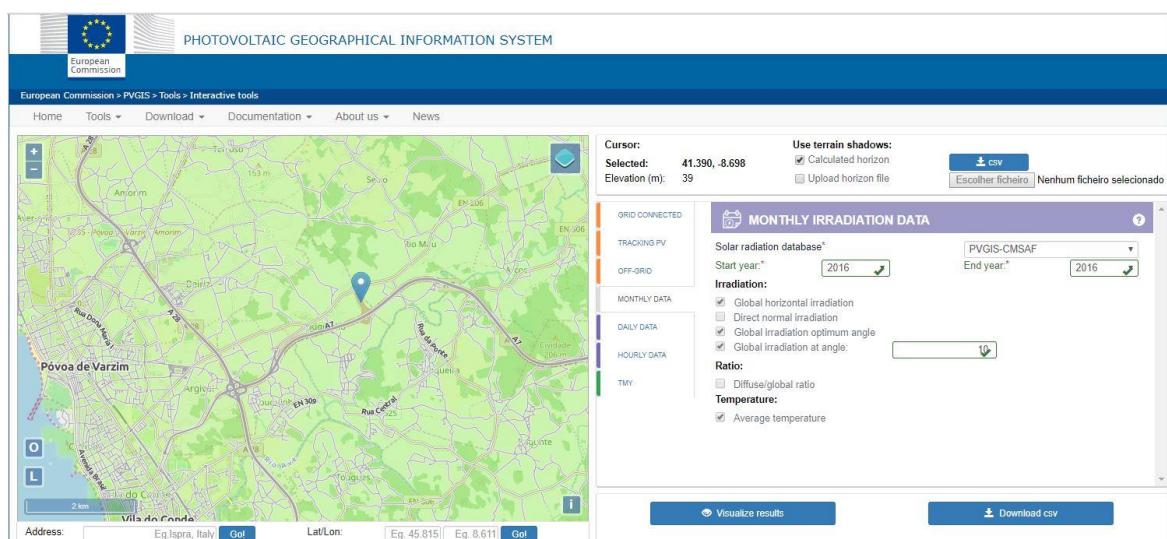


Figura 65 Interface da plataforma *online* PVGIS

Com os valores de irradiação e temperatura obtidos com recurso à plataforma da Figura 65, foi possível obter para o local o gráfico da temperatura ambiente média mensal e da irradiação média mensal, ilustrado na Figura 66. Os dados da irradiação foram obtidos para superfícies fixas com inclinação de 10°. Estes baseiam-se em algoritmos a partir de imagens de satélite realizadas pelo GM-SAF (Geostationary MeteoSat and Polar EUMetSat) (JRC 2017).

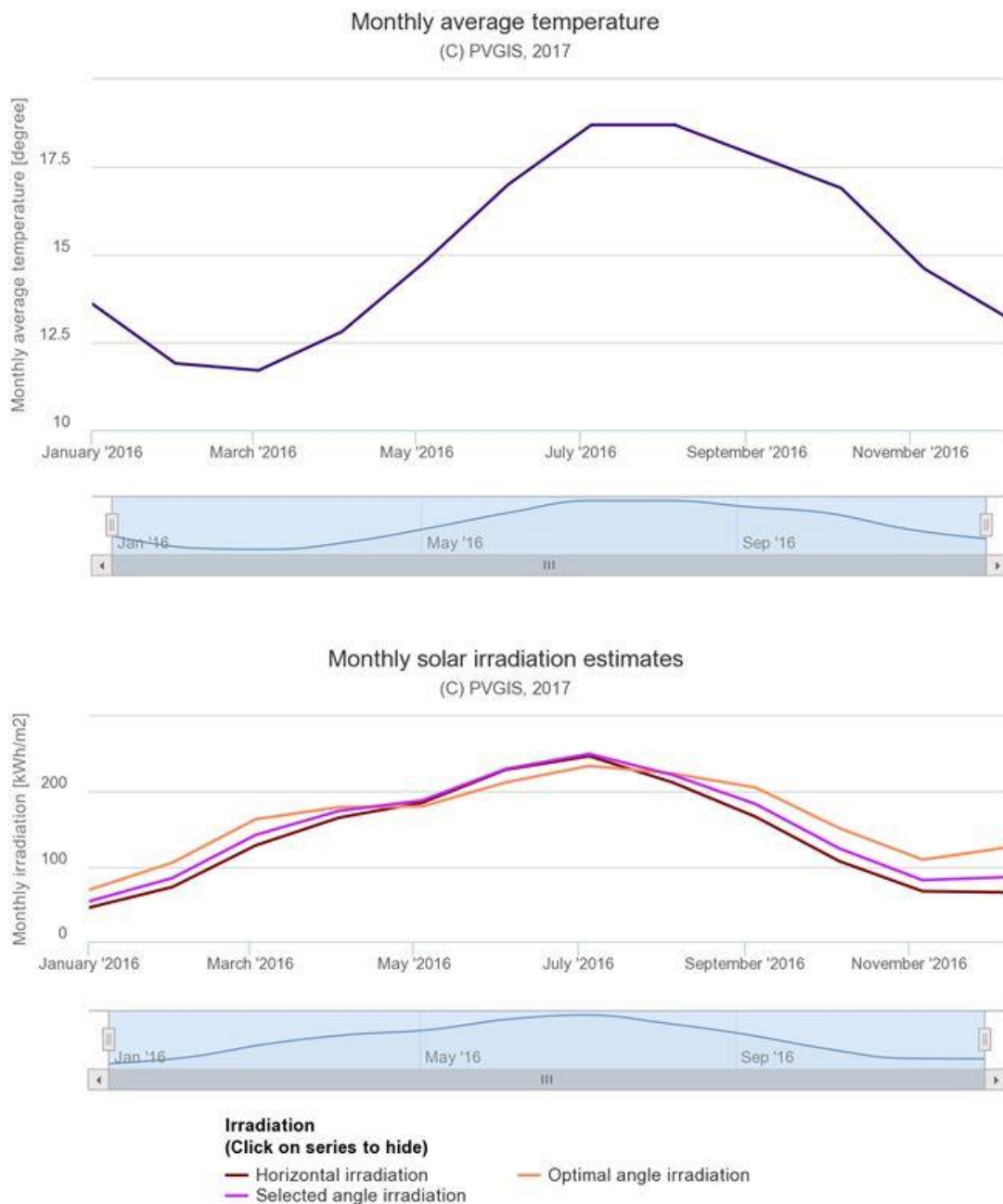


Figura 66 Média mensal da temperatura (cima) e da irradiação solar (baixo) no ano de 2016

Fazendo uma análise dos gráficos da Figura 66, pode verificar-se que a irradiação é superior nos meses de verão, sendo que o mês que apresenta o maior valor é o mês de julho com 250 Kwh/m², e é inferior nos meses de inverno, sendo que o mês que apresenta o menor valor é janeiro com 53,4 Kwh/m².

O detalhe mensal dos dados recolhidos da plataforma PVGIS encontra-se no Anexo H.

4.3.4.3. TRAJETÓRIA SOLAR

Saber a trajetória solar é essencial para prever o potencial do local para captação de energia solar. Desta forma é possível determinar o azimute do local, ou seja, o ângulo formado entre a direção Norte e o seu alinhamento ao sol, contado no sentido horário, sendo a sua variação angular 0° a 360° (Budel 2018). Consequentemente, para permitir a captação máxima, corrige-se o azimute dos painéis para 0°, desta forma o alinhamento dos PF fica a ser o mais direto possível em relação à trajetória solar.

Para obter estes dados, recorreu-se à ferramenta *online* da SunEarthTools, (https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt#top 2018) que permite calcular a posição do Sol em relação à posição geográfica em estudo para o dia do solstício de inverno (21 de dezembro) (<http://www.lusosol.com/fileiras.htm> 2018).

O cálculo é determinado obtendo a trajetória solar nas diferentes horas do dia, desde que nasce até se pôr (Figura 67), obtendo um valor de 171.67° para o azimute (https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt#top 2018).



Figura 67 Trajetória do Sol e determinação do azimute na PT de EN206NO

4.3.4.4. ESPAÇAMENTO ENTE FILEIRAS

Um fator relevante a ter em conta no dimensionamento de qualquer sistema fotovoltaico é a distância entre fileiras ou *strings*, estas devem ficar suficientemente afastadas entre si de modo evitar a existência de sombreamento entre as mesmas.

A existência de sombreamento entre módulos fotovoltaicos pode ser um aspeto negativo, pois mesmo que o sombreamento afete um único painel, poderá originar que todo o sistema fotovoltaico deixe de produzir.

Uma das variáveis para o cálculo da distância entre fileiras é a inclinação dos painéis fotovoltaicos (PF) em relação ao local onde são instalados. Recorrendo à aplicação *online* PVGIS disponibilizada pela Comissão Europeia (JRC 2017) e ilustrada na Figura 68, obtém-se o valor de 36°. Considera-se porém que no local em estudo é pertinente utilizar a inclinação da cobertura existente de 10° favorável a Sul e instalar os PF diretamente sobre a cobertura da portagem. Desta forma, obtém-se uma inclinação favorável à captação do sol, embora possa não ser a ideal, evitam-se custos com a aquisição e manutenção dos suportes triangulares, reduz o peso sobre a pala de portagem e melhora o efeito paisagístico, tornando a solução discreta aos utilizadores da portagem (JRC 2017).

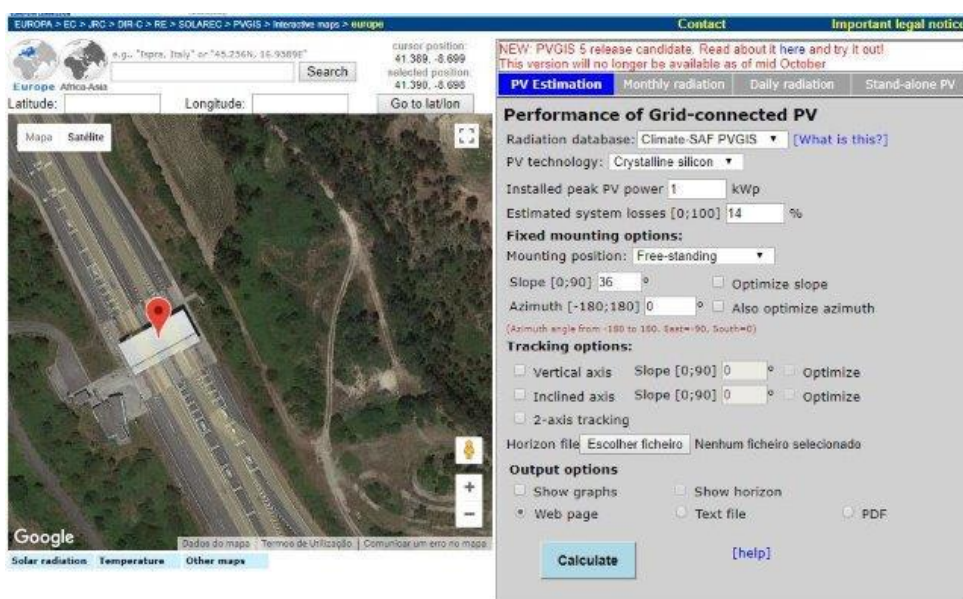


Figura 68 Simulação na plataforma PVGIS para obter a inclinação ótima dos PF

Os dados de estimativa mensal de produção de energia e de irradiação solar no local da instalação, para a inclinação ótima de 36° e de 10°, é obtida na plataforma da PVGIS (JRC 2017). Para uma potência instalada prevista de 13,05 Kwh (valor a detalhar no ponto 4.3.4.6 deste documento), elaborou-se os gráficos da Figura 69 e Figura 70 (JRC 2017), onde “Em” significa produção média mensal em kWh e “Hm” a média mensal de irradiação solar recebida no módulo em kWh/m2. O detalhe destes dados encontram-se no Anexo I.

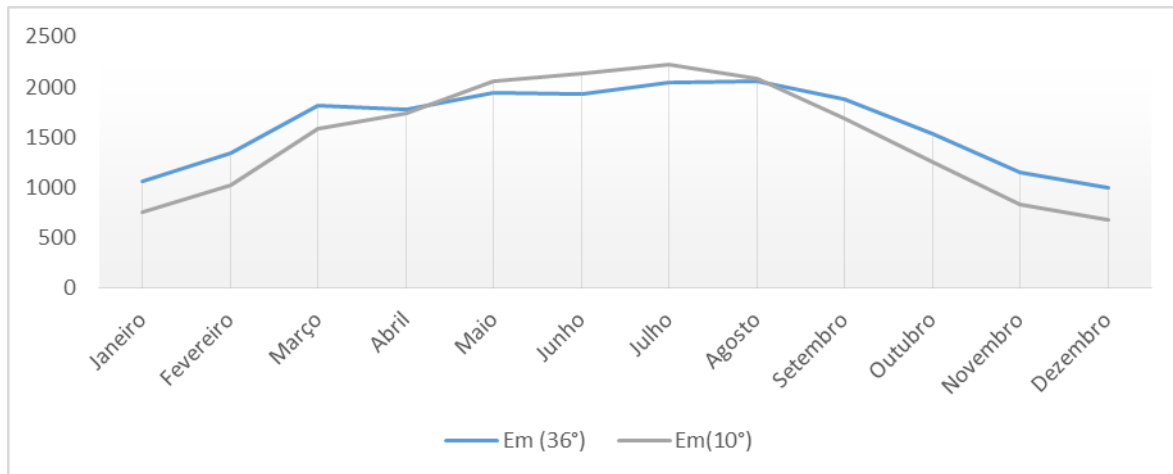


Figura 69 Médias da produção mensal com inclinação de 36° e de 10°

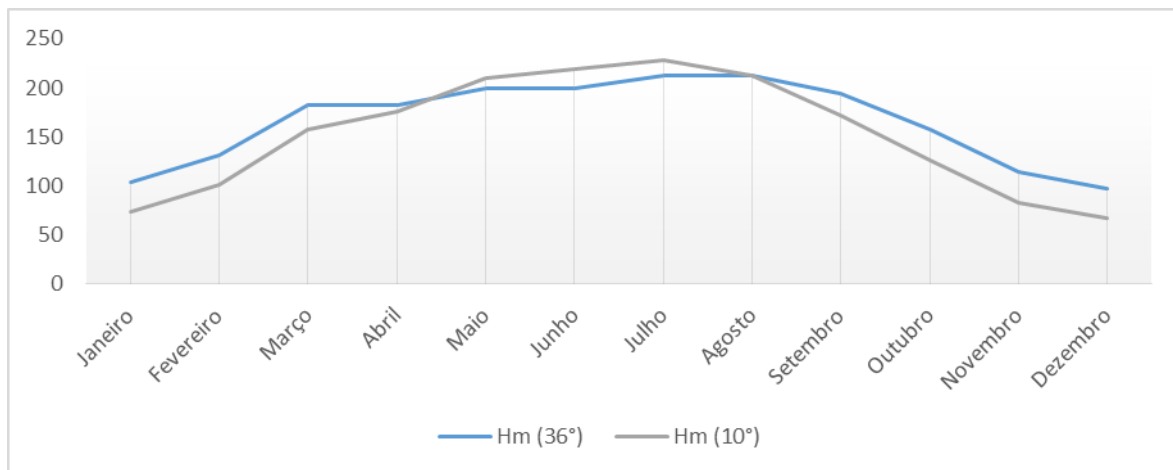


Figura 70 Médias da irradiação solar com inclinação de 36° e de 10°

Através dos gráficos da Figura 69 e Figura 70 é possível verificar que existe maior produção e irradiação solar com a inclinação ótima de 36° para a maior parte do ano, porém, entre abril e agosto, altura do ano que existe maior irradiação solar, a inclinação de

10° consegue melhores resultados. A produção total estimada com a inclinação ótima é de 19.500 KWh, enquanto com a inclinação de 10° estima-se uma produção total de 18.100 KWh.

A Figura 71 apresenta a solução de fixação dos PF pretendida para a PT de EN206NO, sendo perceptível a afixação diretamente no painel *sandwich* da cobertura da pala de portagem (Costa 2018).



Figura 71 Fixação de PF diretamente sobre os painéis da cobertura

Uma vez que os PF serão colocados diretamente sobre a cobertura de portagem, não se esperam problemas com sombreamento provocado entre PF, todavia, far-se-á o exercício de cálculo para determinar o afastamento mínimo entre fileiras. Considera-se as medidas habituais dos PF, que se compreendem entre 165*100*0.35 cm (comprimento * largura * espessura). Considera-se também que a instalação é na horizontal (Figura 62), pois consegue-se maior aproveitamento de espaço, diminui a resistência ao vento e melhora o efeito paisagístico.

Uma outra variável a considerar no cálculo do espaçamento entre fileiras é o ângulo do Sol às 12h00 do dia de solstício de inverno, sendo a mesma 24,72°, de acordo com a ferramenta disponibilizada *online* pela empresa da especialidade Sun Earth Tools («https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt#top» 2018), já referida anteriormente.

Apresentam-se os dados recolhidos na ferramenta Sun Earth Tools na Tabela 31.

Tabela 31 Elevação do Sol e azimute no dia de solstício de inverno

Data: 21/12/2017 GMT-1		
coordenar: 41.389644, -8.6983896		
local: E805, 4480 Touguinhó, Portugal		
Hora	Elevacao	Azimute
07:57:31	-0.833°	121.15°
8:00:00	-0.44°	121.56°
9:00:00	8.57°	131.99°
10:00:00	16.12°	143.76°
11:00:00	21.68°	157.07°
12:00:00	24.72°	171.67°
13:00:00	24.87°	186.82°
14:00:00	22.11°	201.52°
15:00:00	16.78°	214.97°
16:00:00	9.4°	226.9°
17:00:00	0.52°	237.44°
17:08:28	-0.833°	238.84°

Após reunir os dados das variáveis referidas nos parágrafos anteriores, é possível apresentar o esboço na Figura 72, onde através do teorema de Pitágoras, se obteve o valor de 7,6 cm para a distância mínima entre fileiras de PV.

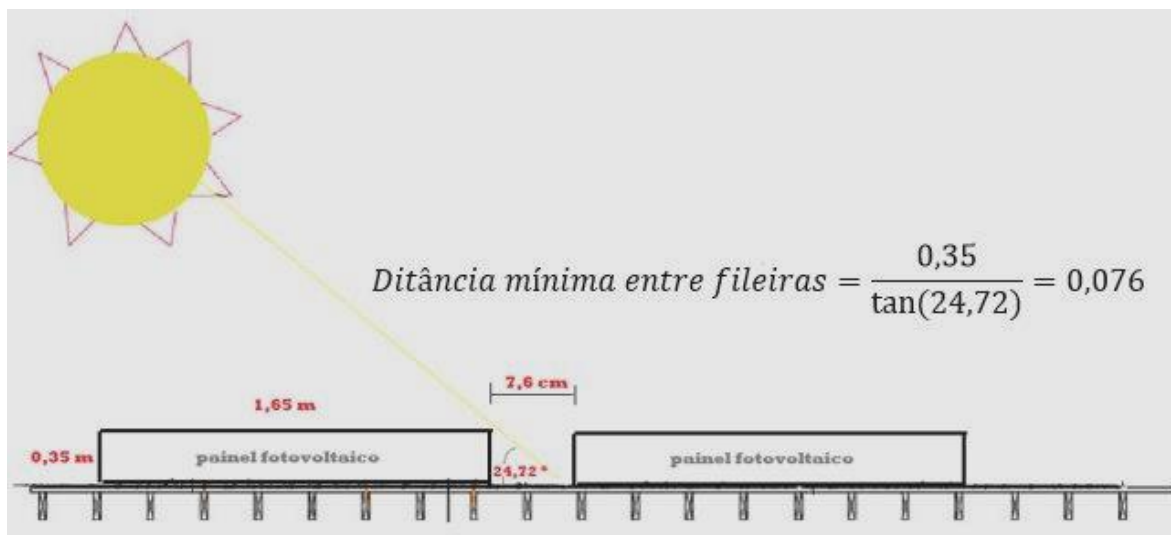


Figura 72 Cálculo do espaçamento mínimo entre fileiras

O valor de 7,6 cm obtido para a distância mínima entre fileiras é consideravelmente baixo, justificado pela metodologia simples de fixação dos PF diretamente sobre a cobertura de portagem. Caso contrário, poder-se-ia facilmente chegar a valores de 1 ou 1,5 metros.

4.3.4.5. ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS

Nesta fase, torna-se possível escolher os equipamentos necessários a instalar. Esta escolha deve ter sempre em consideração uma relação preço/qualidade, sendo que a qualidade deve recair sobre características do material e à sua eficiência.

A escolha dos módulos fotovoltaicos é o primeiro equipamento que deve ser definido, pois é a partir deste que os restantes vão ser dimensionados.

Nesta pesquisa, os módulos que recaíram sobre uma melhor opção, quanto às características, são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32 Lista comparativa de módulos fotovoltaicos

Fornecedor	Marca /Modelo do Painel Fotovoltaico	Tecnologia	Potência (Wp)	W/m2	Dimensão (m2)	Modulo Eficiencia (%)	Degradação	Garantia de Produção (anos)	Garantia de fabrico (anos)
A	Solarworld / Mono PERC	Monocristalina	290	172,95	1,68	17	0,7% / ano	25	20
A	Futura SUN / FU270P	Policristalina	270	165,29	1,63	16,53	1% / ano	25	15
B	JA Solar / P6(K)-60 270	Policristalina	270	165,12	1,64	16,51	1% / ano	25	12

A analisando a Tabela 32, verifica-se que o módulo da Solarworld apresenta a tecnologia mais avançada, comprovado pela maior potência de pico, maior potência por m2, maior eficiência e menor degradação. Aliado a estas vantagens, o módulo da Solarworld contempla uma garantia de fabrico contra defeitos de 20 anos, enquanto a segunda melhor opção é de 15 anos. Considera-se, portanto, que analisando as características técnicas, a escolha do módulo recai para o da Solarworld, a fornecer pelo fornecedor “A”. Os detalhes das especificações técnicas deste módulo podem ser consultadas no Anexo J.

Os PF têm como característica a produção de eletricidade em corrente contínua, sendo por isso necessário a inclusão de um equipamento no sistema FV que tenha como função converter a corrente contínua produzida pelos PF em corrente alternada.

Tal como foi elaborado na escolha dos painéis solares, aqui também se procurou que o inversor seja o mais adequado possível e, após essa procura, identificou-se os seguintes modelos que se apresentam na Tabela 33.

Tabela 33 Lista de inversores

Fornecedor	Marca /Modelo do Inversor	Potência nominal (KW)	Tensão máxima em DC (V)	Potência máxima em DC (KW)	Eficiência (%)	Tipologia de ligação	Dimensão (mm)	Garantia de fabrico (anos)
A	Huawei / SUN2000-15KTL	15	1000	17	98,3	Bidirecional	520*610*266	5
B	SMA/STP 15000 TL-20	15	1000	15,33	98	Bidirecional	661*682*264	5

Fazendo a comparação entre características de ambos inversores, constata-se que apresentam dados semelhantes. Contudo, o inversor com melhor potência máxima admitida em DC e com melhor eficiência é o da Huawei. Este inversor tem ainda a vantagem de contemplar três reguladores MPPT, possibilitando, dessa forma, a existência de fileiras com quantidades diferentes de PF. As especificações deste inversor podem ser consultadas no *datasheet* do fabricante no Anexo K.

4.3.4.6. DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento da potência da UPAC é limitada pela potência contratada de 46.50 KW e pela área disponível para a colocação dos painéis fotovoltaicos que nesta portagem é de 194.7 m², demonstrado na Tabela 30- Características do local a instalar painéis fotovoltaicos.

Para a área disponível referida, é possível instalar 180 painéis, 18 painéis por cada 10 filas. Este dimensionamento teve em conta o espaçamento mínimo entre fileiras previamente calculado no ponto 4.3.4.4, acrescentando uma folga de 12 cm para permitir o manuseamento da cablagem durante a instalação e ações de manutenção futuras (Figura 73).

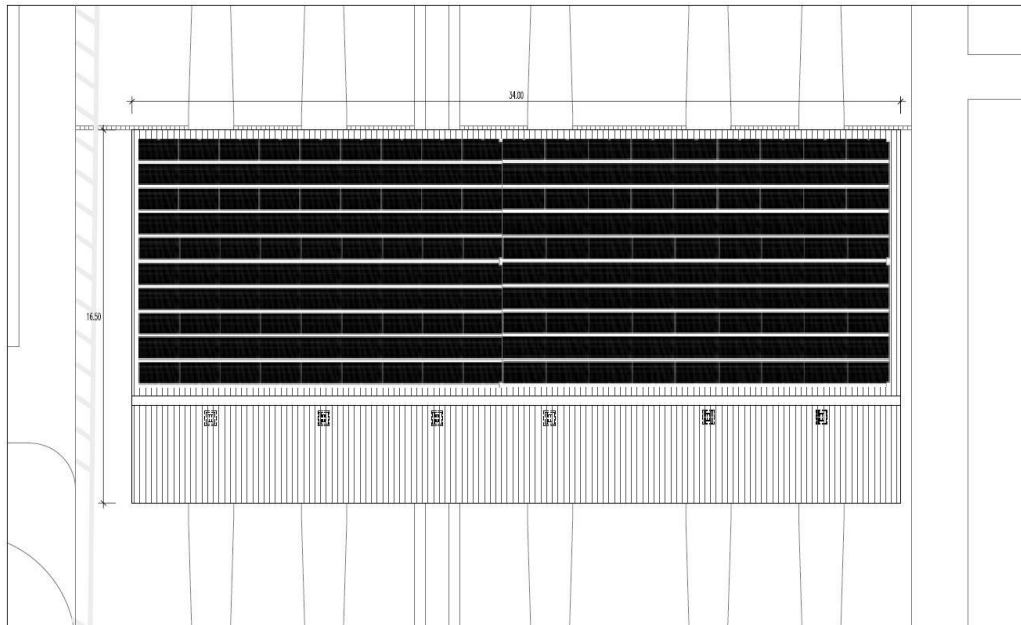


Figura 73 Quantidade máxima de PF possível instalar na pala de portagem

Para quantidade de PF prevista e assumindo que cada painel tem uma potência de 290 Wp se for de tecnologia monocristalina e de 270 Wp caso seja policristalina, será possível instalar uma potência de 52.2 KW ou 48.6 KW, respetivamente. Todavia, a potência da UPAC não poderá ser superior à potência contratada, ficando por isso limitada ao valor de 46.50 KW.

Ainda que seja possível implementar uma UPAC com 46.5 KW, é pretensão da Ascendi instalar uma UPAC de menor dimensão, com produção inferior ao consumo instantâneo da instalação, mas que permite a venda do excedente à rede, caso exista. Atendendo a estes requisitos, bem com aos dados do diagrama de cargas desta portagem, considerou-se a potência de 13 kW para a UPAC. Desta forma, é possível consumir toda a energia produzida durante o inverno, enquanto no verão poderá ser necessário vender à RESP cerca de 20% da energia. A Figura 74 apresenta a estimativa obtida no simulador PV*SOL_Premium_2018, desenvolvido pela Valentin Software (Valentin 2018), com os dados dos consumos diários recolhidos no local através do analisador de redes, mencionado no ponto 4.1.3.

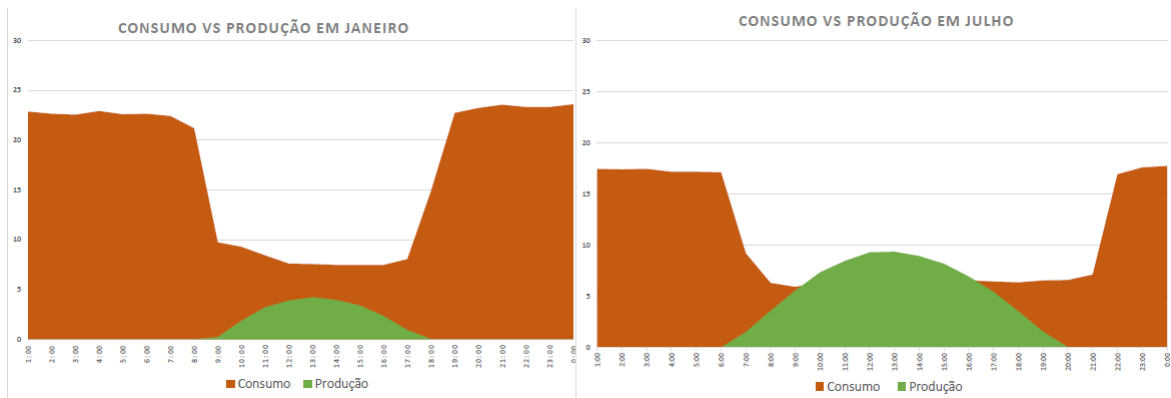


Figura 74 Estimativa de produção da UPAC de 13,05 KW

A Figura 74 evidencia o consumo e a produção diária na instalação da PT de EN206NO, onde se identifica a produção de energia fotovoltaica entre os períodos horários das 09:00 e 17:30 durante o inverno e das 06:00 às 20:00 durante o verão. Esta simulação foi realizada com este *software* por possibilitar a simulação com as características dos PF Solarword e o inversor Huawei, propostos pelo fornecedor A.

Determinada a potência da UPAC, é necessário definir a organização das fileiras de módulos FV, atribuindo a quantidade de PF ligados em série e paralelo. Esta atribuição deve ter em conta as características técnicas dos equipamentos definidos no ponto 4.3.4.5.

Para obtenção da quantidade mínima e máxima de PF por fileira, é necessário saber alguns parâmetros a consultar nos *datasheets* do PF e do inversor, detalhados no Anexo J e no Anexo K, respetivamente:

- Painel fotovoltaico
 - Temperatura mínima e máxima de funcionamento: [-40°C a +85°C];
 - Valor do coeficiente de temperatura da tensão ΔU (%): -0.39%/K;
 - Tensão equivalente ao ponto máximo de potência nas condições *standard* $V_{MPP(STD)}$: 31.9V;
 - Tensão em circuito aberto do módulo $V_{oc}(STD)$: 39.6V;
 - Corrente máxima do módulo: $I_{MPP} = 7.43$ A.

- Inversor
 - Tensão mínima e máxima de funcionamento: [200 V a 1000 V];
 - Corrente máxima do inversor: 18 A.

O número mínimo de módulos em série na fileira obtém-se através do quociente entre a tensão mínima de funcionamento do inversor e a tensão mínima de funcionamento do módulo. A tensão mínima de funcionamento do módulo ocorre quando este funciona à temperatura máxima (Leonardo 2004)

Cálculo da tensão mínima do módulo FV:

$$V_{MPP(85^{\circ}C)} = 1 + \frac{\Delta T * \Delta U(\%)}{100} * V_{MPP(STD)}$$

$$V_{MPP(85^{\circ}C)} = 1 + \frac{(85 - 25) * (-0.39)}{100} * (31.9) \Leftrightarrow V_{MPP(85^{\circ}C)} = 31.2 V$$

Cálculo do número mínimo de painéis em série numa fileira (Leonardo 2004):

$$N_{min} = \frac{V_{min(inv)}}{V_{MMP(85^{\circ})}} \Rightarrow N_{min} = \frac{200}{31.2} \Leftrightarrow N_{min} = 6.4 = 7$$

Tendo em conta o resultado anterior, o número mínimo de módulos em série nas fileiras é de 7.

Para o cálculo do número máximo de módulos em série é necessário o valor máximo da tensão que o módulo poderá atingir. Para tal, aplica-se o quociente entre a tensão máxima de funcionamento do inversor e a tensão máxima de funcionamento do módulo. Essa tensão é atingida à temperatura mínima de funcionamento do módulo e é calculada pela expressão seguinte:

Cálculo da tensão máxima do módulo FV (Leonardo 2004):

$$V_{OC(-40^{\circ} C)} = 1 - \frac{\Delta T * \Delta U(\%)}{100} * V_{OC(STD)}$$

$$V_{OC(-40^{\circ} C)} = 1 - \frac{(-40 - 25) * (-0.39)}{100} * 39.6 \Leftrightarrow V_{OC(-40^{\circ} C)} = 49.6 V$$

Cálculo do número máximo de painéis em série numa fileira (Leonardo 2004):

$$N_{max} = \frac{V_{max(inv)}}{V_{OC(-40^{\circ})}} \Rightarrow N_{max} = \frac{1000}{49.6} \Leftrightarrow N_{min} = 20.1 = 20$$

Tendo em conta o resultado anterior, o número máximo de módulos em série nas fileiras é de 20.

Para completar o dimensionamento, deve-se determinar o número máximo de fileiras em paralelo que podem ser ligadas ao inversor. Para isso, deve ser verificado se em algum momento se a corrente que percorre as fileiras ultrapassa o limite máximo da corrente de entrada do inversor. O número máximo de ligações em paralelo de fileiras, deverá ser igual ao quociente entre os valores máximos da corrente do inversor e da fileira de módulos (Leonardo 2004).

$$N_{Fileira} \leq \frac{I_{max(inv)}}{I_n(fileira)}$$

$$N_{Fileira} \leq \frac{25.2}{7.43} \Leftrightarrow N_{Fileira} \leq 3,4 \Leftrightarrow N_{Fileira} \leq 3$$

Tendo em conta o resultado anterior, o número máximo de fileiras em paralelo é de 3.

A Tabela 34 apresenta o dimensionamento pretendido para a UPAC a instalar na portagem de EN206NO.

Tabela 34 Dimensionamento da UPAC da PT de EN206NO

Tecnologia dos painéis	Monocristalina
Potência unitária (kW)	0,29
Quantidade	45
Espaçamento mínimo entre fileiras (cm)	7,6
Potência Instalada (Kw)	13,05
Instalação com possibilidade de venda à RESP	Sim
Número mínimo de módulos por fileira	7
Número máximo de módulos por fileira	20
Número máximo de fileiras em paralelo	3

4.3.4.7. PROPOSTAS E ANÁLISE DE INVESTIMENTO

Foram solicitadas propostas a três empresas fornecedoras de soluções de produção de energia elétrica para autoconsumo, todavia só foram consideradas duas das empresas devido a não cumprimento do detalhe técnico da solução de uma terceira empresa. O pedido de proposta consiste na obtenção de soluções do tipo “chave na mão”, com o fornecimento e instalação de todos os equipamentos, considerado ainda a taxa de registo da UPAC com injeção de potência na RESP.

Nas seguintes tabelas é apresentada a análise técnica e económica das propostas rececionadas. De realçar que, para proteção de identidade dos fornecedores, nesta dissertação os mesmos são designados por “fornecedor A” e “fornecedor B”.

Tabela 35 Análise técnica das propostas para autoconsumo

Equipamento		Fornecedor A (opção1)	Fornecedor A (opção2)	Fornecedor B
Painel Fotovoltaico	Marca	Solar Word	Futura SUN	JA Solar P6 (K) - 60 270
	Tipo	Monocristalino	Policristalino	Policristalino
	P. Unitária (Wp)	290	270	270
	QTD.	45	48	48
	P. Instalada (KW)	13,05	12,96	12,96
	Degradação (%)	0,7 Ano	1 Ano	1 Ano
	W/ m2	172,95	165,29	165,12
	Eficiência (%)	17	16,53	16,51
	Garantia (anos)	20	15	12
Suporte painel	Suporte painel	Coplanar ALU Sistema rebitar		Coplanar
Inversor	Marca	Huawei SUB2000-15KTL		SMA STP 15000 TL-20
	Garantia (anos)	5		5

A eficiência e o rácio da potência instalada por m² (W/m²) são os indicadores que fornecem a informação útil a avaliar a eficiência por área utilizada para produção de energia elétrica, o que significa que a opção 1 do fornecedor A é a que apresenta melhor resultado. A tecnologia do painel desta opção em estrutura monocristalina permite que a instalação tenha menos 3 painéis que as demais opções que recorrem à tecnologia policristalina, representando 7% a menos de área de instalação e manutenção. Assim sendo, a nível técnico, a opção 1 do fornecedor A é a que apresenta a melhor escolha. Para além disso, esta opção é a única que garante uma diminuição igual ou inferior a 0,7%/ano na produção fotovoltaica e uma garantia contra defeitos de fabrico de 20 anos.

A análise económica é fundamental para permitir avaliar a viabilidade de qualquer projeto de investimento. Considera-se, por essa razão, a necessidade de realizar quatro análises neste âmbito. Na Tabela 36 surge a análise aos *Cash Flows* ao longo de 25 anos, por ser o tempo de vida útil dos PF. Na Tabela 37 apresenta-se a análise da Taxa Interna de Retorno (TIR), que permite comparar o investimento a realizar com eventuais alternativas ao mesmo, a análise ao Valor Atual Líquido (VAL), que evidencia o valor da riqueza conseguida com o projeto no final de 25 anos e ainda o *Pay Back Time* do investimento inicial, que antecipa a estimativa em anos necessários para que o financiamento seja anulado pela poupança conseguida.

Tabela 36 Comparação dos *Cash Flows* de investimento

Ano	Fornecedor A (opção1)	Fornecedor A (opção2)	Fornecedor B
0	-15 300,00 €	-13 400,00 €	-14 047,60 €
1	2 059,00 €	2 044,80 €	2 205,21 €
2	2 099,00 €	2 084,52 €	2 042,49 €
3	2 140,00 €	2 125,24 €	2 052,34 €
4	2 182,50 €	2 167,45 €	2 062,28 €
5	2 225,50 €	2 210,15 €	2 072,32 €
6	2 269,00 €	2 253,35 €	2 082,45 €
7	2 314,00 €	2 298,04 €	2 092,68 €
8	2 359,50 €	2 343,23 €	2 103,00 €
9	2 406,00 €	2 389,41 €	2 113,42 €
10	2 454,00 €	2 437,08 €	2 073,94 €
11	2 502,00 €	2 484,74 €	2 134,55 €
12	2 551,00 €	2 533,41 €	2 145,25 €
13	2 601,00 €	2 583,06 €	2 156,06 €
14	2 653,00 €	2 634,70 €	2 166,95 €
15	2 705,00 €	2 686,34 €	2 177,95 €
16	2 758,00 €	2 738,98 €	2 189,04 €
17	2 813,00 €	2 793,60 €	2 200,23 €
18	2 868,00 €	2 848,22 €	2 211,52 €
19	2 925,00 €	2 904,83 €	2 222,90 €
20	2 982,00 €	2 961,43 €	2 184,38 €
21	3 132,25 €	3 132,25 €	2 245,96 €
22	3 132,25 €	3 132,25 €	2 257,64 €
23	3 132,25 €	3 132,25 €	2 269,42 €
24	3 132,25 €	3 132,25 €	2 281,29 €
25	3 287,00 €	3 287,00 €	2 293,26 €
Total	50 382,50 €	51 938,59 €	39 988,93 €

Tabela 37 Análise económica das propostas para autoconsumo

	Fornecedor A (Opção 1)	Fornecedor A (Opção 2)	Fornecedor B
Investimento (€)	15 300,00	13 400,00	14 048,00
TIR (10 anos)	7,5	10,2	8,0
TIR (25 anos)	14,7	16,7	14,5
VAL (€)	37 759,00	39 343,00	30 141,00
<i>Pay Back Time</i> (anos)	7	6,2	6,7

Neste cenário, a tecnologia do painel com estrutura monocristalina do fornecedor A apresenta, em relação aos restantes, um investimento mais elevado, justificado pela tecnologia mais eficiente ser também a mais dispendiosa. Avaliando os *Cash Flows*, TIR e VAL das propostas rececionadas, constata-se que a opção 2 do fornecedor A é a que apresenta melhor proposta, antecipando inclusive um retorno do investimento ligeiramente mais cedo, em pouco mais de 6 anos, seguido da opção 1 do mesmo fornecedor, com valores de VAL e TIR ligeiramente inferiores e o retorno ao final de 7 anos.

Tendo em conta as análises técnicas e económicas mencionadas, considera-se que o fator tecnológico e a garantia dos equipamentos têm maior peso, dando por isso preferência a solução com painéis fotovoltaicos de estrutura monocristalina, proposta na opção 1 do fornecedor A. Considera-se inclusive que a diferença de 1.900,00 € no investimento nesta tecnologia é pouco relevante, dada a garantia superior, oferecida nesta propostas.

4.3.4.8. SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta fase do projeto, pretende-se realizar uma simulação computacional o mais próxima possível do sistema a implementar, Para isso, recorreu-se ao programa PVSOL Premium 2018 (Valentin 2018), da Valentin Software, por permitir configurar a simulação com os equipamentos principais preconizados na solução, neste caso os PF da Solarworld e o inversor da Huawei. De referir que este simulador profissional é pago, tendo conseguido uma versão experimental durante 30 dias, ativada oportunamente na fase dos testes finais da dissertação.

Com este simulador é possível obter muito mais do que uma previsão de energia produzida anualmente. Torna-se possível implementar a disposição real dos módulos no terreno, prever o efeito dos sombreamentos no desempenho dos sistemas, permitindo assim resolver problemas de dimensionamento e levar à otimização de sistemas fotovoltaicos.

Em concreto, através da imposição de pressupostos teóricos, permitirá verificar a funcionalidade do sistema projetado ao nível da compatibilidade entre o inversor escolhido e o tipo de ligações série e paralelo dos módulos, permitirá ainda obter as produções diárias, mensais e anuais dos sistemas.

Nas Figura 75 e Figura 76 (Valentin 2018) é possível verificar a configuração de alguns parâmetros da simulação na plataforma PVSOL. A configuração de parâmetros é ainda complementada com a introdução dos valores reais de consumos horários recolhidos pelo analisador de redes e pelas faturas de energia.



Figura 75 Configuração dos parâmetros técnicos da produção FV no PVSOL

Tipo de sistema, clima e rede

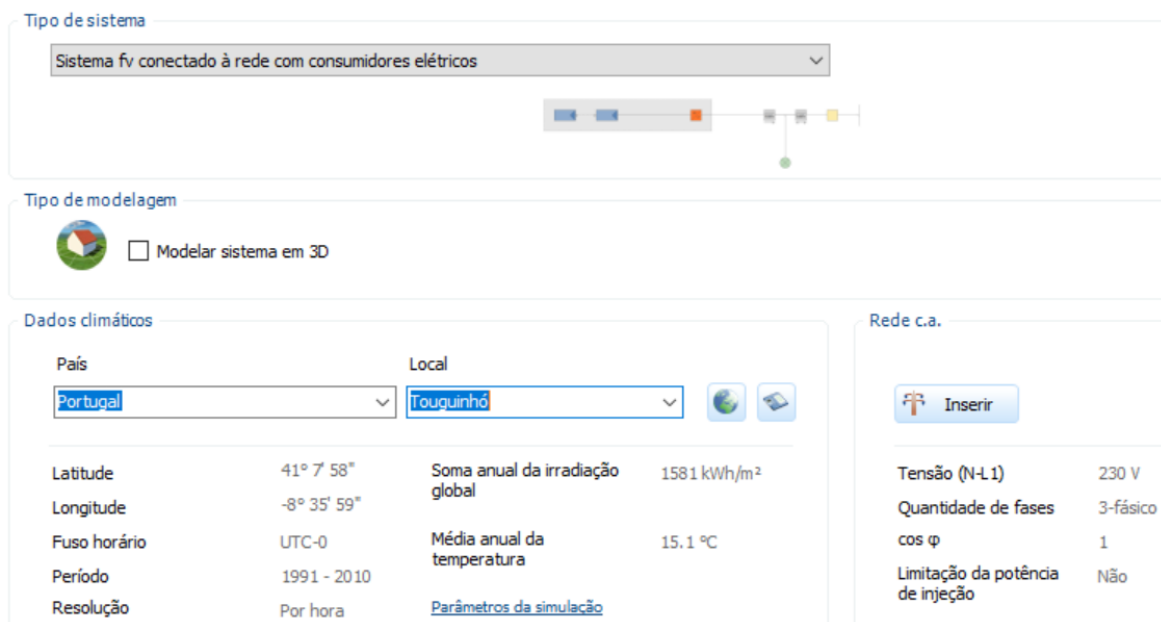


Figura 76 Configuração de parâmetros da localidade na plataforma PVSOL

Após concluída a parametrização no PVSOL (Valentin 2018), foi possível recolher os dados da simulação para Microsoft Excel e produzir o gráfico da produção anual com distribuição mensal (Figura 77), bem como o gráfico de produção diária dos meses de janeiro, abril e julho, ou seja, no inverno, primavera e verão (Figura 78).

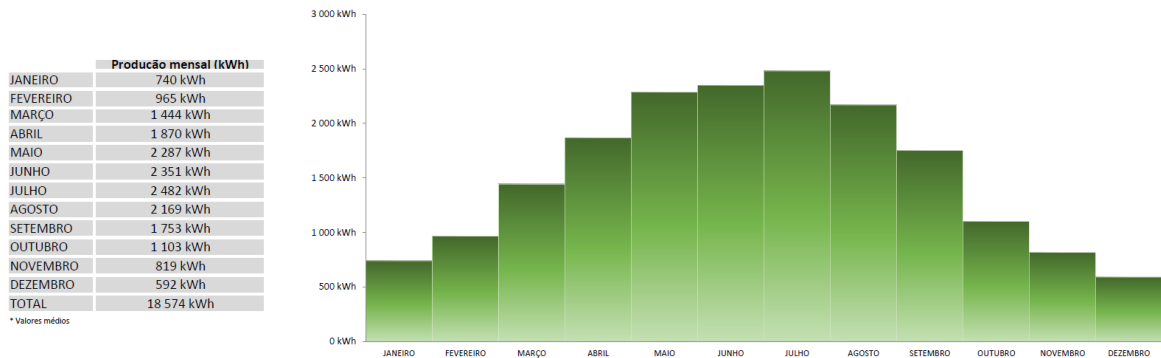


Figura 77 Estimativa de produção anual na PT de EN206NO

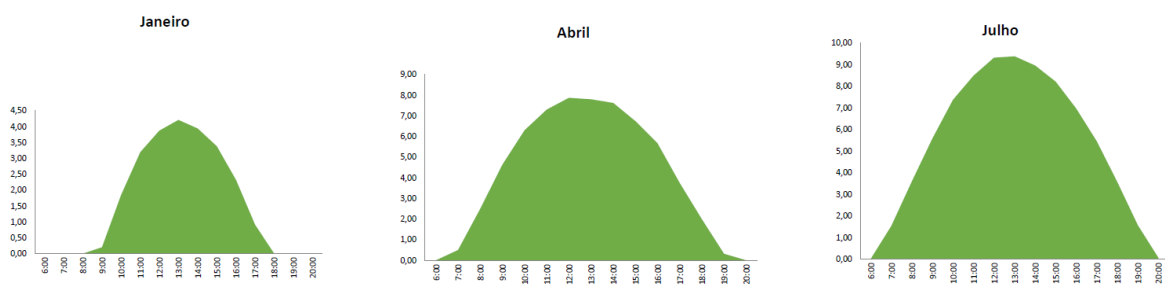


Figura 78 Estimativa de produção diária nos meses de janeiro, abril e julho

Analisando estes dados constata-se que a produção anual de 18.574 KWh obtidos na simulação com os parâmetros dos equipamentos escolhidos, é ligeiramente superior aos 18.100 KWh estimados durante o cálculo no ponto 4.3.4.4 - Espaçamento ente fileiras. Esta diferença justifica-se por terem sido utilizados simuladores distintos em ambas as fases e também pela maior eficiência dos equipamentos utilizados na última simulação. A produção de 18.574 KWh em produção com recurso a energia “limpa” representa ainda uma redução de 8,7 toneladas em emissões anuais de CO₂ (*Diário da República, 2^a série - Nº 122, 26 de junho de 2008*).

4.3.5. SÍNTESE DAS OPORTUNIDADES DE RACIONALIZAÇÃO DE CONSUMO

As medidas de eficiência energética estudadas resultam em níveis de poupança consideráveis nas faturas de eletricidade e de consciência ambiental. Os resultados obtidos foram gerados de acordo com o perfil de consumo do local em estudo e considerando que todos os equipamentos se encontravam em pleno funcionamento. Para algumas das intervenções preconizadas, poderá não provocar efeito na poupança estimada

comparativamente ao ano transato, justificado, por exemplo, por se terem identificados vários blocos automáticos de emergência e lâmpadas do garrafão de portagem em avaria. Ora, estando estes equipamentos em avaria não estariam a gerar consumo, o que não foi considerado durante o estudo.

A Tabela 38 apresenta o quadro resumo das medidas de eficiência energética identificadas.

Tabela 38 Síntese das medidas de eficiência energética estudadas

ID	Medida	Portagem	Redução estimada (KWh Ano)	Economia (€ Ano)	Investimento (€)	Retorno TIR VAL	Poupança CO2 (Ton)	Ponto de situação
1	Substituir projetor de vapor de sódio nas câmaras LPR do Sistema de Cobrança por LED	Todas	20 006	3 705	4 640	1,2	24,8	A decorrer a instalação
2	Alterar luminárias exteriores do garrafão de Portagem com fator de utilização de 3640 h/ano do garrafão de portagem por LED	EN206NO EN206PV	47 758	5 551	33 008	5 15.1 2 8881	37,5	Em fase de aprovação superior
3	Instalação de marcadores de LED no pavimento das vias verdes de Portagem	Castelões Belas	n.a	n.a	43 000	Não aplicável	Não aplicável	Concluído
4	Reduzir fator de utilização das luminárias do interior do edifício e túnel de Portagem	EN206NO	3 270	327	0	n.a.	1,5	Concluído
5	Alteração iluminação exterior do edifício com fator de utilização de 8760h/ano	Todas	37 848	3 792	1 800	0,5	17,8	A decorrer a instalação
6	Alteração dos blocos automáticos de emergência	Todas da Concessão NT	183	1 008	3 150	3,1	0,2	Concluído
7	Isolar conduta saída de ar refrigerado das unidades AC das cabines de Portagem (24 Unidades)	Todas da Concessão GL	21 024	2 102	318	0,20	9,9	Concluído
8	Instalação de unidade de produção para autoconsumo	EN206NO	18 574	2 059	15 300	5.2 14.7 37 750	8,7	Em fase de aprovação superior
Total das medidas			148 663	18 544	101 216		100,4	

n.a. – Não aplicável

Da análise à Tabela 38 destaca-se a poupança anual aproximada de 149 mil KWh e 18.5 mil € na fatura da eletricidade. Quanto às emissões de CO2 estima-se uma redução de 100 toneladas em emissões nos locais visados com estas medidas.

5. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Neste capítulo, será apresentada a conclusão do trabalho de dissertação desenvolvido na empresa Ascendi, nomeadamente nas portagens da concessão Norte e da Grande Lisboa.

Serão ainda abordadas as perspetivas futuras, apresentando algumas sugestões a desenvolver, não só no âmbito da eficiência energética das 24 portagens, mas também nos restantes 419 pontos de consumo de energia elétrica que a Ascendi dispõem nos edifícios e ao longo das autoestradas que concessionaria.

5.1. CONCLUSÕES

Foi objetivo desta dissertação encontrar formas de otimizar os custos com energia nas portagens e implementar, num estudo de caso, as soluções alternativas que se evidenciaram eficientes e economicamente viáveis.

A concretização deste objetivo em ambiente empresarial proporcionou uma perspetiva real da complexidade existente na implementação de mudanças numa determinada organização, uma vez que carece de cumprimento orçamental, pareceres de variadas áreas, e.g. no caso de trabalhos em portagens de autoestradas, carece de autorizações a nível de segurança rodoviária, requisição de serviços de sinalização de Brigadas Policiais, etc. Estas necessidades tornam imprescindível a implementação e controlo de um rigoroso planeamento de tarefas.

A avaliação das medidas realizadas em anos anteriores revelou-se importante, realçando a regulação de fluxo luminoso das luminárias do garrafão de portagem e a substituição da iluminação de pala para LED, na medida em que se mensurou economicamente o sucesso das mesmas, estimulando a continuidade de implementação de medidas que visam a eficiência energética.

A análise dos consumos e faturas de energia permitiu a desagregação dos mesmos em grupos de consumo e encontrar 8 medidas de eficiência energética para as portagens piloto. Destacando-se a substituição de lâmpadas de vapor de sódio e de halogénio por LED em alguns locais e, ainda, o projeto de uma UPAC com sistemas fotovoltaicos. Para implementação destas medidas, foi importante consolidar a informação normativa e legislativa aplicável em cada situação, nomeadamente na determinação da classe IP ME2 para as luminárias do garrafão de portagem e no projeto de uma UPAC com ligação à rede para venda do excedente de produção. Foi ainda possível adquirir conhecimentos em *softwares* profissionais de apoio ao desenvolvimento e de simulação de sistemas fotovoltaicos.

A avaliação ambiental e económica de cada investimento proposto permitiu validar o sucesso das medidas, estimadas numa poupança aproximada de 100 toneladas de CO₂ e de 18.5 mil euros por ano na fatura de eletricidade. Os resultados de retorno, TIR e VAL são igualmente favoráveis aos investimentos propostos.

5.2. PERSPETIVAS FUTURAS

Como trabalho futuro, será desafiante dar continuidade à implementação destas medidas nas restantes portagens, estimando para as mesmas um investimento total inferior

a 900 mil euros e uma poupança anual de 128 mil euros (Tabela 39). Estas estimativas carecem, no entanto, de desenvolvimento para cada local, uma vez que foram calculadas atribuindo um fator multiplicativo de acordo com as respetivas dimensões.

Tabela 39 Estimativas das medidas identificadas para as restantes PT

ID	Medida	Portagem	Redução estimada (KWh Ano)	Economia (€ Ano)	Investimento (€)	Poupança CO2 (Ton)
2	Alterar luminárias exteriores do garrafão de Portagem com fator de utilização de 3640 h/ano do garrafão de portagem por LED	Restantes	654 000	64 000	440 000	307
4	Reduzir fator de utilização das luminárias do interior do edifício e túnel de Portagem	Restantes	75 210	7 521	-	35
8	Instalação de unidade de produção para autoconsumo	Restantes	512642	56 828	422 280	241
Total das medidas			1 241 852	128 349	862 280	584

Numa perspetiva geral dos consumos de eletricidade, os 443 pontos de consumo da Ascendi representaram em 2017, um custo total de 1.7 milhões de euros. Entende-se por isso que, num conceito de gestão especializada e centralizada dos sistemas de energia de toda a empresa, poderá resultar numa eficiência sustentada e lucrativa. Por outro lado, a Ascendi tem à disposição uma vasta área útil, em terrenos, coberturas de edifícios e ainda, 750 km de autoestradas com vários taludes que poderão ser utilizados numa abordagem de produção de energia para autoconsumo ou venda com recurso a fontes “limpas”.

O presente trabalho de dissertação provou ser uma oportunidade de extrema valia de enriquecimento e desenvolvimento de competências e aplicação prática dos conhecimentos teóricos adquiridos. Permitiu ainda continuar a desenvolver capacidades de análise, sentido crítico, gestão de tempo e resistência ao *stress*. O contacto direto com as necessidades e dificuldades normais existentes no trabalho permitiu evoluir a auto motivação e determinação em atingir os objetivos propostos.

Referências Bibliográficas

- A-Eletrificadora. 2018. «Catálogo de Produtos ELERI9». <https://ael.com.pt/catalogos/eleri9.pdf>.
- Almeida, Cinthia. 2015. «Qual a diferença entre lâmpada: incandescente, fluorescente e led?» *Fique Ligado!* (blog). 2015. <https://blogligacaohomecenter.wordpress.com/2015/07/08/qual-a-diferenca-entre-lampada-incandescente-fluorescente-e-led/>.
- Amazon. 2018. «Amazon.com: GRV T10 921 194 24-5050 SMD LED Bulb lamp Super Bright Warm White AC/DC 12V -24V Pack of 2: Automotive». 19 de Janeiro de 2018. <https://www.amazon.com/GRV-24-5050-Super-Bright-White/dp/B00EKMHH2I>.
- Artes. 2004. «Fontes Luminosas». http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%e2mpadas/Fontes_Lumin.pdf.
- Ascendi. 2018. «Ascendi». 29 de Janeiro de 2018. <http://ascendi.pt/apresentacao/>.
- Azuos. 2015. «LUMINOTÉCNICA - PARTE 03/08: temperatura de cor e reprodução da cor da luz». 5 de Abril de 2015. <http://alessandroazuos.blogspot.pt/2015/04/luminotecnica-parte-0308-temperatura-de.html>.
- Barbosa, Isaías. 2012. «Luminotécnica». Technology. <https://www.slideshare.net>.
- Braun, Postado por Fabiola Johann. 2013. «LED “Pequenino encantador de multidões”». 15 de Maio de 2013. <http://fabiolajb.blogspot.com/2013/05/led-pequenino-encantador-de-multidoes.html>.
- Budel, Fernando. 2018. «Azimute e Rumo - Como calcular o azimute e o rumo em mapas ou fotos». <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFcr8AC/azimute-rumo>.
- Chantron. 2017. «Tubo Solar iluminação 100% Natural». CHATRON. <https://www.chatron.pt/pt/articles/super-tubo-solar->.
- Costa, Vítor. 2018. «ERTEC - Proposta Técnica para fornecimento de Sistema de Autoconsumo empresas».
- Decreto-Lei 34/2011, de 03 de março de*. 2011. <https://dre.pt>.
- Decreto-Lei 363/2007 de 2 de novembro de*. 2007. <https://dre.pt/application/conteudo/629412>.

Decreto-Lei n.º 153/2014 - Diário da República n.º 202/2014, Série I de 20 de outubro de 2014. <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/58406974/details/maximized>.

DGEG. 2017. «DGEG- estatísticas rápidas - n.º 153 - julho de 2017». <Http://www.apren.pt/contents/publicationsothers/estatisticas-rapidas--renovaveis-julho-2017-dgeg.pdf>. <http://www.apren.pt/contents/publicationsothers/estatisticas-rapidas--renovaveis-julho-2017-dgeg.pdf>.

Diário da República, 2ª série - Nº 122, 26 de junho de 2008. <https://dre.pt/application/dir/pdf2sdip/2008/06/122000000/2791227913.pdf>.

EDP. 2016. «Manual de Iluminação Pública». <https://www.edpdistribuicao.pt/pt/profissionais/Pages/ManualIluminacaoPublica.aspx>.

Garrido, Emanuel. 2010a. «Luminárias convencionais». https://paginas.fe.up.pt/~ee03096/index_ficheiros/Page704.htm.

———. 2010b. «Tecnologia Fotovoltaica». https://paginas.fe.up.pt/~ee03096/index_ficheiros/Page830.htm.

GmbH, DIAL. 2018. *DIALux*. <https://www.dial.de/en/dialux/>.

Habidom. 2018. «marcadores-de-pavimento Habidom». <https://www.habidom.com/pt-PT/produtos/0/marcadores-de-pavimento/20/marcador-sr-45>.

«History of LED - Development of Light-Emitting Diodes». sem data. Acedido 28 de Dezembro de 2017. <http://www.historyoflighting.net/light-bulb-history/history-of-led/>.

«<https://www.edp.pt/particulares/servicos/energia-solar/baterias/>». 2018. edp - eletricidade e gás no mercado livre. 14 de Junho de 2018. <https://www.edp.pt/particulares/servicos/energia-solar/baterias/>.

«<https://www.jameco.com/Jameco/workshop/Howitworks/how-organic-light-emitting-diodes-work.html?CID=HPWOLED>». 2018. 20 de Janeiro de 2018. <https://www.jameco.com/Jameco/workshop/Howitworks/how-organic-light-emitting-diodes-work.html?CID=HPWOLED>.

«https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt#top». 2018. 2018. https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt#top.

«<http://www.circuitstoday.com/invention-history-of-light-emitting-diode-led>». 2017. Electronic Circuits and Diagram-Electronics Projects and Design. 27 de Dezembro de 2017. <http://www.circuitstoday.com/invention-history-of-light-emitting-diode-led>.

«<http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led>». 2017. 27 de Dezembro de 2017. <http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led>.

«<http://www.lusosol.com/fileiras.htm>». 2018. 2018. <http://www.lusosol.com/fileiras.htm>.

- «<http://www.solarlightsmanufacturer.com/cob-led-smd-led/>». 2018. Solar Lights Manufacturer. 19 de Janeiro de 2018. <http://www.solarlightsmanufacturer.com/cob-led-smd-led/>.
- Huawei. 2017. «Huawei SUN2000-10KTL». <http://solar.huawei.com/en-GB/download?p=%2F~%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2Ffeu%2Fservice%2Fdownload%2FSUN2000%208-28KTL%20User%20Manual.pdf>.
- International Energy Agency. 2017. «International Energy Agency». <https://www.iea.org/search/?q=Key+world+energy+statistics#gsc.tab=0&gsc.q=Key%20world%20energy%20statistics&gsc.page=1>.
- JRC. 2017. *JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission* (versão 2017). http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#MR.
- Kalogirou, Soteris. 2009. «Solar Energy Engineering: Process And Systems». https://books.google.pt/books?id=wYRqAAAQBAJ&pg=PA539&lpg=PA539&dq=Kalogirou+%2B+2014+%2B+fotovoltaic&source=bl&ots=LaB-FSLQRQ&sig=O8f2keG5tA4aLCKUpM0TugZ4_PY&hl=pt-PT&sa=X&ved=0ahUKEwj7IL_FpavbAhUFEpoKHbCWuIQ6AEITzAH#v=onepage&q=Kalogirou%20%2B%202014%20%2B%20fotovoltaic&f=false.
- Karzazi, J. 2013. «Organic Light Emitting Diodes: Devices and Applications». *Laboratory of Applied Chemistry CNRST-URAC-18, Faculty of Sciences, B.P. 4808, 60 046 Oujda, Setembro*.
- Leonardo. 2004. *Energia Fotovoltaica - manual sobre tecnologias, projeto e instalação*. 3 vols. http://www.jgduarte.com/download/greenpro_fotovoltaico.pdf.
- Luxart. 2017. «Catalogo - LUXART». [http://www.sinalarte.pt/catalogo/LUXART%20\(web\).pdf](http://www.sinalarte.pt/catalogo/LUXART%20(web).pdf).
- Marjoya. 2018. «Relojes con sistema de energía solar | Marjoya.com». 2018. <http://www.marjoya.com/blog/2016/01/25/relojes-sistema-energia-solar/>.
- Mega. 2017. «Tecnologia LED,História do LED,Lampadas LED». <https://www.mega8.pt/tag/iluminacao-2/?print=pdf-search>.
- Orbis. 2004. «Orbis Xeolum Modular - Instruções de utilização». Fornecedor Orbis.
- OSRAM. 2018. «POWERSTAR HQI-TS HQI-TS 400W/NDL | OSRAM DS». https://www.osram.pt/ds/ecat/POWERSTAR%20HQI-TS-L%C3%A2mpadas%20de%20vapores%20met%C3%A1licos%20com%20tecnologia%20de%20quartzo-L%C3%A2mpadas%20de%20descarga%20de%20alta%20intensidade-L%C3%A2mpadas/pt/pt/GPS01_1028074/PP_EUROPE_Europe_eCat/ZMP_58219/.
- Pinto, Filipe. 2015. «Regime Jurídico Unidades de Produção(UP) Distribuída». Em . Ordem dos Engenheiros.

Portaria-14-2015 - Diário da República, 1.ª série — N.º 16 — 23 de janeiro de 2015.
<http://www.lusosol.com/autoconsumo-info.htm>.

Road Lighting - Part 1. 2004.
http://www.arpa.fvg.it/export/sites/default/istituzionale/servizi/inquinamento_luminoso/allegati/cen_tr_13201-1_2004.pdf.

Road Lighting - Part 2. 2004.
<https://infostore.saiglobal.com/preview/is/en/2015/i.s.en13201-2-2015.pdf?sku=1843911>.

Road Lighting - Part 3. 2004. <http://svstsv.com/assets/files/content/norms/bur/EN-13201-3.pdf>.

Rodrigues, Rodrigo. 2016. «TROIA AR CONDICIONADO».

Schreder. 2018. «Fluxo luminoso - HOME». <http://www.schreder.com/pt-pt/learningcenter/conceitosbasicosdeiluminacao/luminous-flux>.

Schubert, Fred. 2006. *LIGHT-EMITTING DIODES*. 2ND ed. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. www.cambridge.org/9780521865388.

Solarworld. 2017. «Solarworld Sun Module Sw». https://www.solarworld.de/fileadmin/swi_downloads/produkte/sunmodule/datenblaetter/en/swi_db_sunmodule_plus_290-300_mono_en.pdf.

The Royal Swedish Academy. 2014. «The 2014 Nobel Prize in Physics - Press Release». Em . https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/press.html.

Valentin. 2018. *PV Software PV*SOL premium | Valentin Software*. <https://www.valentin-software.com/en/products/photovoltaics/57/pvsol-premium>.

Viva, Ciência. 2012. «Ciência Viva: Estações do Ano». *Ciência Viva* (blog). 2 de Maio de 2012. <http://portalcienciaviva.blogspot.com/2012/05/estacoes-do-ano.html>.

Xeolum. 2018. *XeoLum - Orbis*. <http://xeolum.orbis.com.es/>.

Websites

«<https://www.edp.pt/particulares/servicos/energia-solar/baterias/>». 2018. edp - eletricidade e gás no mercado livre. 14 de Junho de 2018. <https://www.edp.pt/particulares/servicos/energia-solar/baterias/>.

«<https://www.jameco.com/Jameco/workshop/Howitworks/how-organic-light-emitting-diodes-work.html?CID=HPWOLED>». 2018. 20 de Janeiro de 2018. <https://www.jameco.com/Jameco/workshop/Howitworks/how-organic-light-emitting-diodes-work.html?CID=HPWOLED>.

«https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt#top». 2018. 2018. https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt#top.

«<http://www.circuitstoday.com/invention-history-of-light-emitting-diode-led>». 2017. Electronic Circuits and Diagram-Electronics Projects and Design. 27 de Dezembro de 2017. <http://www.circuitstoday.com/invention-history-of-light-emitting-diode-led>.

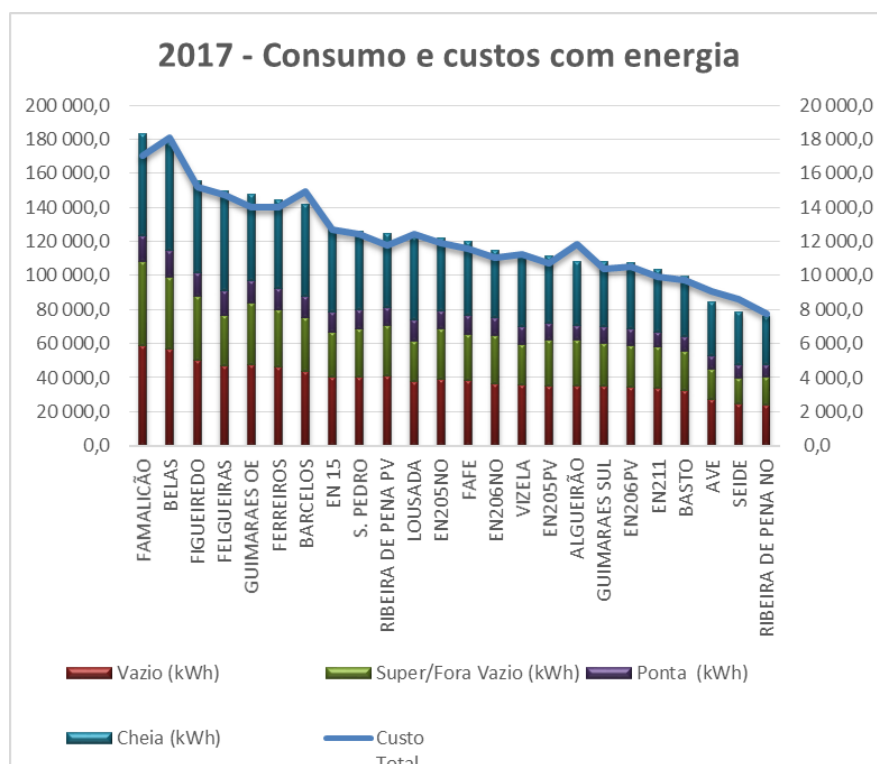
«<http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led>». 2017. 27 de Dezembro de 2017. <http://www.inmesol.pt/blog/quem-inventou-o-led>.

«<http://www.lusosol.com/fileiras.htm>». 2018. 2018. <http://www.lusosol.com/fileiras.htm>.

«[Http://Www.Solarlightsmanufacturer.Com/Cob-Led-Smd-Led/](http://www.Solarlightsmanufacturer.Com/Cob-Led-Smd-Led/)». 2018. Solar Lights Manufacturer. 19 de Janeiro de 2018. <http://www.solarlightsmanufacturer.com/cob-led-smd-led/>.

Anexo A. Consumos de energia elétrica nas 24 praças de portagem em 2017

Praça de Portagem	Potência Contratada	Custo Janeiro	Custo Fevereiro	Custo Março	Custo Abril	Custo Maio	Custo Junho	Custo Julho	Custo Agosto	Custo Setembro	Custo Outubro	Custo Novembro	Custo Dezembro	Consumo Total (KWh)	Custo Total (€)
BELAS	116,25	1 667,44	1 486,88	1 572,42	1 410,49	1 326,94	1 234,17	1 450,07	1 574,61	1 609,47	1 714,74	1 799,31	1 230,64	178 092,27	18 077,18
FAMALICÃO	74,40	1 797,62	1 495,73	1 489,43	1 196,42	1 170,53	1 091,41	1 263,69	1 361,57	1 358,66	1 472,54	1 612,33	1 736,81	183 039,26	17 046,74
FIGUEIREDO	74,40	1 692,90	1 387,26	1 400,11	1 041,90	1 045,32	985,14	1 060,25	1 180,00	1 120,19	1 235,37	1 449,24	1 632,70	155 794,68	15 230,38
BARCELOS	74,40	1 732,03	1 584,36	1 514,97	1 161,10	1 053,59	965,49	1 067,94	1 146,14	1 148,09	1 214,85	1 076,61	1 300,00	141 786,55	14 965,17
FELGUEIRAS	74,40	1 723,53	1 423,12	1 394,06	1 044,06	1 002,23	909,08	995,63	1 065,51	1 092,95	1 259,85	1 482,96	1 341,41	149 758,98	14 734,39
FERREIROS	74,40	1 407,63	1 209,26	1 201,82	975,70	976,00	958,00	1 116,86	1 175,61	1 128,13	1 206,94	1 337,77	1 350,26	144 762,23	14 043,98
GUIMARAES OE	46,50	1 620,95	1 372,21	1 299,56	1 002,85	984,90	890,70	978,83	1 031,88	1 006,57	1 165,38	1 395,04	1 277,31	147 947,01	14 026,18
EN 15	74,40	1 412,71	1 184,97	1 146,41	886,84	868,27	814,71	893,94	960,37	963,58	1 113,50	1 272,44	1 151,08	127 238,67	12 668,82
S. PEDRO	74,40	1 157,80	1 024,62	1 079,13	930,37	945,72	889,49	991,85	1 053,80	1 065,29	1 039,29	1 104,97	1 157,88	126 132,27	12 440,21
LOUSADA	74,40	1 423,82	1 207,08	1 155,21	906,80	892,84	836,45	897,37	963,85	928,18	1 030,11	1 129,13	1 042,00	122 836,67	12 412,84
EN205NO	46,50	1 316,91	1 055,51	1 062,09	912,69	905,34	810,74	819,89	886,12	886,02	984,42	1 135,63	1 148,04	122 124,19	11 923,40
ALGUEIRÃO	74,40	1 214,68	1 056,42	1 063,41	944,77	914,25	867,53	969,33	1 022,43	1 014,24	1 069,72	693,66	1 000,00	108 314,25	11 830,44
RIBEIRA DE PENHA PV	46,50	1 334,01	1 133,32	1 066,49	892,06	830,40	777,78	881,73	943,96	942,67	1 065,78	1 205,60	695,72	124 801,59	11 769,52
FAFE	46,50	1 314,72	1 069,78	1 004,37	789,65	795,59	778,86	893,37	929,37	859,58	972,25	1 085,52	1 053,49	119 784,85	11 546,55
VIZELA	46,50	1 193,30	991,57	930,89	717,39	696,95	663,25	755,21	872,71	1 105,00	1 221,23	1 122,41	962,68	112 865,82	11 232,59
EN206NO	46,50	1 183,46	979,96	995,94	811,09	797,92	716,35	801,55	854,02	834,67	952,61	1 100,56	1 015,27	114 768,82	11 043,40
EN205PV	46,50	1 044,01	932,59	989,22	844,34	825,27	735,79	804,91	867,12	824,65	935,20	943,68	948,02	111 531,08	10 694,80
EN206PV	46,50	1 153,67	898,85	896,10	768,86	756,59	704,10	795,61	839,65	776,68	899,53	1 031,30	988,51	107 213,87	10 509,45
GUIMARAES SUL	46,50	1 138,00	946,52	915,16	752,89	755,88	702,59	784,26	845,21	816,82	886,34	926,81	896,33	108 078,61	10 366,81
EN211	46,50	1 019,30	899,43	879,04	719,59	715,16	699,59	780,76	830,75	769,93	828,13	918,10	889,21	103 398,84	9 948,99
BASTO	46,50	1 054,63	906,26	883,14	741,70	691,54	655,56	752,72	788,49	762,67	854,57	974,91	682,98	99 353,41	9 749,17
AVE	46,50	1 013,36	834,69	802,20	692,94	683,32	656,44	718,58	762,43	758,85	838,62	913,04	384,28	84 699,85	9 058,75
SEIDE	46,50	1 012,30	844,24	810,38	670,19	649,34	617,89	663,19	687,37	672,18	767,69	905,50	288,95	78 734,46	8 589,22
RIBEIRA DE PENHA NO	46,50	944,74	839,12	827,74	638,37	583,51	572,54	618,35	660,26	613,37	584,73	90,17	811,54	76 021,16	7 784,44
TOTAL		31 573,52	26 763,75	26 379,29	21 453,06	20 867,40	19 533,65	21 755,89	23 303,23	23 058,44	25 313,39	26 706,69	24 985,11	2 949 079,40	291 693,42



Anexo B. Especificações técnicas e calibrações do aparelho de medida



GSC53N - GSC57 - ZG47

15.3. GENERAL SPECIFICATIONS

15.3.1. Mechanical Data

Dimensions: 225 (L) x 165 (W) x 105 (H)mm
Weight: 1,2Kg approx

15.3.2. Power supply

Batteries: 6 x 1.5-LR6-AA-AM3-MN 1500
Battery Life: LOW Ω : approx: 800 test
M Ω : approx: 500 test
RCD AC and A Type: approx: 1000 test
LOOP P-P, P-N, P-PE: approx: 1000 test
Ra \downarrow : approx: 1000 test
EARTH: approx: 1000 test
LOW Ω 10A: approx: 1000 test
PHASE SEQUENCE: approx: 1000 test
AUX (recording): approx: 20 Hours
ANALYSER (recording): approx: 20 Hours
Code A0050 (only for ANALYSER and AUX function, optional for GSC57)

External Power Supply Adapter:

Voltage supply: 230VAC – 50Hz (only for LOW Ω 10A)

15.3.3. Display

Display Type: Graphic with Backlight
Resolution: 128x128
Visible Area: 73mm x 73mm

15.3.4. Memory

Safety Test Memory: 999 measurement
ANALYSER: 2MByte (with 63 channels select and Integration Period = 15min ->more than 30 days).

15.4. ENVIRONMENT

Reference Temperature: 23° ± 5°C
Working Temperature Range: 0° + 40°C
Working Humidity: < 80%
Storage Humidity Range: -10 + 60°C
Storage Humidity: < 80%

Selos de calibração do aparelho:



Anexo C. Especificações técnicas do relógio astronómico Orbis 178012

Descripción	Caract. técnicas	Documentación y descargas
	<ul style="list-style-type: none">• Alimentación: 120 ó 230 V ac, 50-60 Hz 12, 24 ó 48 V ac / dc, 50-60 Hz• Poder de ruptura: 16 (10) A 250 V ac• Temp. funcionamiento: -10 °C a +45 °C según EN 60730-2-7• Grado de protección: IP 20 según EN 60529• Sección máxima: 4 mm²• Montaje: sobre carril DIN según EN60715• Módulos de anchura: 2• Cargas máximas<ul style="list-style-type: none">◦ Lámparas incandescentes: 3000 W◦ Fluorescentes: 1200 VA◦ Halógenos baja tensión: 2000 VA◦ Halógenos (230V AC): 3000 W◦ Lámparas bajo consumo: 400 VA◦ Lámparas leds: 90 VA	

Anexo D. Poupança estimada nas PT com os reguladores de fluxo luminoso

Considerações e Pressuposto: Lâmpadas 12 horas diárias acesas; Custo de energia - 0,075€/KWh; redução de 40% para lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão										
Concessão CN	Instalação Manvia/Esdoni (€)	Cons. Anual (KW/h)	Custo anual actual (€)	Custo anual comunicações (€)	Poupança anual estimada (€)	Retorno (anos)	Poup. Estimada a 5 anos (€)	Poup. Estimada a 10 anos (€)		
A7	EN 206 P/V	4.571,13€	1.985€	12€	782€	5,85	3.909€	7.818€		
A7	EN 206 N6	4.650,42€	3.332€	12€	1.321€	3,52	6.604€	13.208€		
A7	Portagem de Famalição	5.401,89€	3.550€	12€	1.408€	3,84	7.041€	14.082€		
A7	Portagem de Ceide	4.571,13€	1.707€	12€	671€	6,81	3.354€	6.708€		
A7	Portagem de Ave	4.571,13€	2.144€	12€	846€	5,41	4.228€	8.456€		
A7	Portagem de Guimarães Sul	4.650,42€	2.986€	12€	1.182€	3,93	5.912€	11.824€		
A7	Portagem de Fafe Sul	4.650,42€	3.036€	12€	1.202€	3,87	6.012€	12.024€		
A7	Portagem de Basto	4.650,42€	3.004€	12€	1.190€	3,91	5.948€	11.897€		
A7	Nó de Basto (PT do Nó)	4.650,42€	3.218€	12€	1.275€	3,65	6.376€	12.753€		
A7	Ribeira de Pena N6	4.571,13€	2.348€	12€	693€	6,60	3.463€	6.926€		
A7	Ribeira de Pena P/V	5.401,89€	4.074€	12€	1.618€	3,34	8.088€	16.176€		
A11	Portagem da EN 205 P/V	4.650,42€	2.813€	12€	1.113€	4,18	5.566€	11.132€		
A11	Portagem da EN 205 N6	4.650,42€	3.250€	12€	1.288€	3,61	6.440€	12.880€		
A11	Portagem de Barcelos	4.650,42€	2.790€	12€	1.104€	4,21	5.521€	11.041€		
A11	Portagem de Ferreiros	5.401,89€	4.611€	12€	1.832€	2,95	9.162€	18.324€		
A11	Figueiredo	5.401,89€	4.265€	12€	1.694€	3,19	8.470€	16.940€		
A11	Portagem de Guimarães Oeste	4.650,42€	3.141€	12€	1.244€	3,74	6.222€	12.443€		
A11	Portagem de Vizela	4.571,13€	1.639€	12€	643€	7,10	3.217€	6.435€		
A11	Portagem de Felgueiras	4.650,42€	3.004€	12€	1.190€	3,91	5.948€	11.897€		
A11	Portagem de Lousada	4.571,13€	1.789€	12€	704€	6,50	3.518€	7.035€		
A11	Portagem da EN 15	4.650,42€	2.991€	12€	1.184€	3,93	5.921€	11.842€		
A11	Portagem da EN 211 (Castelões)	4.571,13€	3.380€	12€	989€	4,62	4.947€	9.894€		
Total	104.760,09€	847.915	63.594€	264€	25.173€	4,16	125.867€	251.734€		
Concessão GL										
A16	Port. Belas	4.750,42€	7.013€	12€	2.793€	1,70	13.967€	27.934€		
A16	Port. Algueirão	4.671,13€	3.285€	12€	1.302€	3,59	6.510€	13.020€		
A16	Port. S. Pedro	4.671,13€	3.581€	12€	1.420€	3,29	7.101€	14.203€		
TOTAIS	14.092,68€	185.055	13.879€	36€	5.516€	2,56	27.578€	55.157€		

Anexo E. Cadastro da iluminação das PT de EN205NO e de Belas

	Localização	Tipo de lâmpada	Tipo de armadura (w)	Nº de armaduras	Nº de lâmpadas por armadura	Potência instalada/ armadura (w)	Utilização anual (h)	
EN205NO	Copa	Florescente tubular	18	5	4	360	5256	
	Corredor	Florescente compacta	18	8	2	288	8760	
	Sala Controlo OPP	Florescente tubular	36	4	2	288	8760	
	Sala Cofre OPP	Florescente tubular	18	1	1	18	3504	
	Sala Cash-up	Florescente tubular	18	3	4	216	8760	
	Sala de Servidores	Florescente tubular	18	2	4	144	3504	
	WC funcionários	Florescente tubular	18	3	2	108	2628	
	WC funcionários	Florescente tubular	58	2	1	116	2628	
	WC funcionárias	Florescente tubular	18	3	2	108	2628	
	WC funcionárias	Florescente tubular	58	2	1	116	2628	
	Sala Clientes	Florescente tubular	58	4	2	464	8760	
	WC Clientes	Florescente compacta	18	5	1	90	8760	
	Dispensa	Florescente tubular	18	1	2	36	2628	
	Exterior (projektor de chão)	Halogénio	150	3	1	450	4380	
	Exterior edifício e acesso túnel)	Halogénio	150	3	1	450	4380	
	Dispensa exterior (ex. baterias)	Florescente tubular	58	1	1	58	876	
	Sala Gerador	Florescente tubular	58	2	1	116	1752	
	Túnel	Florescente tubular	58	15	1	870	2628	
	Pala	Halogénio	150	8	1	1200	3640	
	Pala VV + placa informativa	Florescente tubular	58	4	1	232	8760	
	Narizes das ilhas	LED	5	3	2	30	8760	
	Luminárias (colunas)	Vapor de sódio	250	16	1	4000	3640	
							9758	

	Localização	Tipo de lâmpada	Tipo de armadura (w)	Nº de armaduras	Nº de lâmpadas por armadura	Potência instalada/ armadura (w)	Utilização
Belas	Copa	Florescente tubular	18	7	4	504	5256
	Corredor	Florescente compacta	18	8	2	288	8760
	Sala Controlo OPP	Florescente tubular	36	4	2	288	8760
	Sala Cofre OPP	Florescente tubular	58	1	1	58	3504
	Sala Cash-up	Florescente tubular	18	3	4	216	8760
	Sala de Servidores	Florescente tubular	18	2	4	144	3504
	WC funcionários	Florescente tubular	18	1	2	36	2628
	WC funcionários	Florescente tubular	58	2	1	116	2628
	WC funcionários	fluorescente compacta	18	3	1	54	2628
	WC funcionárias	Florescente tubular	18	1	2	36	2628
	WC funcionárias	Florescente tubular	58	2	1	116	2628
	WC funcionários	fluorescente compacta	18	3	1	54	2628
	Sala Clientes	Florescente tubular	36	4	2	288	8760
	WC Clientes	Florescente compacta	18	5	1	90	8760
	Dispensa	Florescente tubular	18	1	2	36	2628
	Exterior (projektor de chão)	Halogénio	150	3	1	450	4380
	Exterior edifício e acesso túnel)	Halogénio	150	3	1	450	4380
	Dispensa exterior (ex. baterias)	Florescente tubular	58	1	1	58	876
	Sala Gerador	Florescente tubular	58	2	1	116	1752
	Túnel	Florescente tubular	58	32	1	1856	2628
	Pala	Halogénio	150	34	1	5100	3640
	Pala VV + placa informativa	Florescente tubular	58	6	1	348	8760
	Narizes das ilhas	LED	5	16	2	160	8760
	Luminárias (Torres)	Vapor de sódio	400	1	6	2400	3640
	Luminárias (Torres)	Vapor de sódio	400	2	4	3200	3640
	Luminárias (Torres)	Vapor de sódio	400	5	3	6000	3640
Luminárias (colunas)	Vapor de sódio	250	2	2	1000	3640	
						23462	

Anexo F. Ficha Técnica do marcador de LED SR-45



PRODUCT IDENTIFICATION

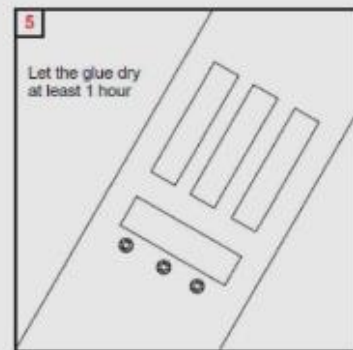
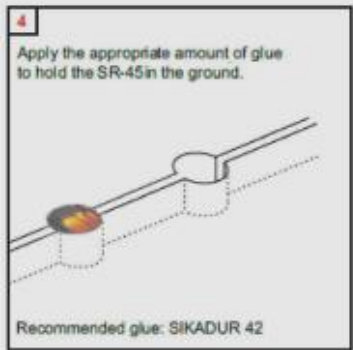
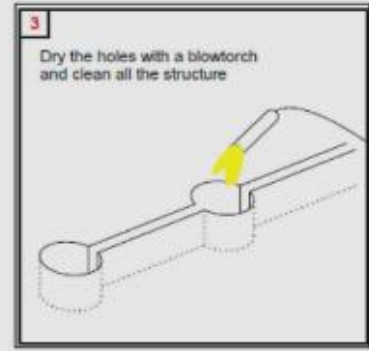
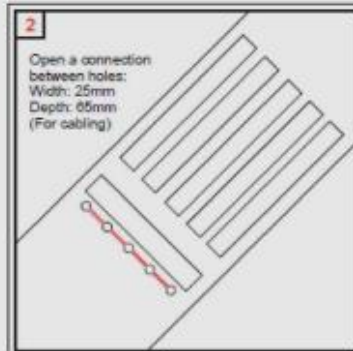
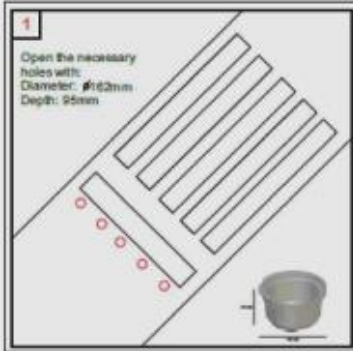
PRODUCT	SR-45
FUNCTIONAL CHARACTERISTICS	STAINLESS STEEL WIRED ROAD STUD

CHARACTERISTICS

ADVANTAGES	<p>IDEAL FOR AREAS OF SNOW.</p> <p>ROBUST CONSTRUCTION, SUITABLE FOR HARSH CONDITIONS.</p> <p>HIGH BRIGHTNESS DAY OR NIGHT.</p> <p>100% WATERPROOF.</p> <p>LED'S HIGH BRIGHTNESS WITH COLOR CALIBRATION WITH DIFFERENT COLORS (WHITE, RED, AMBER, ...)</p> <p>SYSTEM WIRED FOR SOLAR POWER OR GRID.</p> <p>POSSIBILITY OF CONNECTION OF N ELEMENTS.</p> <p>VARIABLE DISTANCE CABLES.</p> <p>LOW MAINTENANCE.</p> <p>POSSIBILITY OF INTEGRATION WITH DEVICE CONTROL TRAFFIC.</p> <p>UNIDIRECTIONAL OPERATION.</p> <p>LEDS PROTECTED BY POLYCARBONATE WINDOW.</p> <p>MULTIPLES MODE OF OPERATION.</p> <p>VERY EASY REPLACEMENT: BASE (FIXED ON THE GROUND), MAIN BODY (REMOVABLE).</p> <p>PROGRAMMABLE FUNCTIONS.</p> <p>PC REMOTE CONTROLLING.</p>
-------------------	---

<p>COMMUNICATION PROTOCOL.</p> <p>VARIABLE BRIGHTNESS.</p> <p>OPERATING TIME PROGRAMMABLE.</p> <p>DUTY - CYCLE.</p>					
MODES OF OPERATION	ALWAYS ON FLASHING SEQUENTIAL				
COMMUNICATION PROTOCOL MASTER/SLAVE	COMMUNICATION RS485 (OPTIONAL) COMMUNICATION CAN-BUS (OPTIONAL)				
ELECTRICAL CHARACTERISTICS					
POWER	12VDC / 24VDC				
COLOUR LED	AMBER	RED	WHITE	BLUE	GREEN
CURRENT CONSUMPTION.	80MA				
CABLE CONNECTION					
BROWN	+				
BLUE	-				
OPTICAL CHARACTERISTICS					
NUMBER OF LED'S	8 LED'S 5MM (WHITE, BLUE, GREEN, AMBER, RED)				
TYPE LED	CREE 5MM		NICHIA 5MM		
COLOUR LED	AMBER	RED	WHITE	BLUE	GREEN
VIEWING ANGLE	15°	15°	15°	15°	15°
BRIGHTNESS INTENSITY	MIN.:8200MCD MAX.:16800MCD	MIN.:8200MCD MAX.:16800MCD	MIN.:22000MCD MAX.:31000MCD	MIN.:6960MCD MAX.:9750MCD	MIN.:15320MCD MAX.:21650MCD
MECHANICAL CHARACTERISTICS					
DIMENSIONS	DIAMETER: 160,5MM DEPTH: 100,41MM RISING FROM ROAD SURFACE: 7,5MM INSTALLATION DEPTH: 95MM DIMENSIONS (VISIBLE SURFACE): Ø=160,5MM				
BOTTOM PART MATERIAL	ALUMINIUM				
TOP MATERIAL	STAINLESS STEEL				
MECHANICAL RESISTANCE	120 TON				

STANDART INSTALLATION PROCEDURES:



Anexo G. Ficha Técnica do cabo eléctrico para os marcadores de LED

XTREM H07RN-F



XTREM H07RN-F

Cable flexible de goma, para uso industrial.
UNE-EN 50525-2-21 / IEC 60245-4



DISEÑO

Conductor

Cobre electrolítico, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228.

Aislamiento

Goma EPR.

La identificación normalizada de los conductores aislados es la siguiente:

1 x	Natural
2 x	Azul + Marrón
3 G	Azul + Marrón + Amarillo/Verde
4 G	Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde
5 G	Marrón + Negro + Gris + Azul + Amarillo/Verde
6 ó más cond.	Negros numerados + Amarillo/Verde

Cubierta

Goma flexible de color negro.

APLICACIONES

Gracias a su extraordinaria flexibilidad y resistencia, el cable Xtrem H07RN-F es ideal para uso industrial tanto en instalación fija como en servicio móvil. Este cable de goma ha sido fabricado usando polímeros mejorados respecto a las especificaciones de norma, lo que lo convierte en un cable altamente polivalente, con una temperatura y tensión de servicio superiores a los indicados en las normativas internacionales. Se admite empleo hasta 1.000 V en montaje fijo protegido. Los cables H07RN-F de Top Cable están diseñados para suministrar energía a todo tipo de equipos eléctricos, incluidos motores y bombas sumergibles en instalaciones de aguas profundas (AD8).





CARACTERÍSTICAS



Características eléctricas

BAJA TENSION 450/750 V



Norma de referencia

UNE-EN 50525-2-21 / IEC 60245-4



ITC y certificaciones

ITC: 29/30/31/32/33/34/41/42

Certificados

CE
SEC
HAR
AENOR
DNV
RoHS



E_g



Características térmicas

Temp. máxima del conductor: 90°C
Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s).
Temp. mínima de servicio: -40°C (estático con protección) y -25°C (servicio móvil).



Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1.
Reacción al fuego CPR, E_g según la norma EN 50575



Características mecánicas

Radio de curvatura: 3 x Ø exterior hasta 12 mm de Ø y 4 x Ø exterior a partir de 12 mm de Ø.
Resistencia a los impactos: AG2 Medio.



Características químicas

Resistencia a grasas y aceites: excelente.
Resistencia a los ataques químicos: excelente.



Presencia de agua

Presencia de agua: AD8 sumergida.
Apto para bombas sumergibles.
Apto para pozos profundos.
Apto para agua potable.



Otros

Marcaje: metro a metro.



Condiciones de instalación

Al aire.



Aplicaciones

Uso industrial.
Servicio móvil.
Robótica.
Aerogeneradores.
Provisionales y temporales de obra.



Embalaje

Disponible en rollos con film retractilado (longitudes de 50 y 100 m) y bobinas.

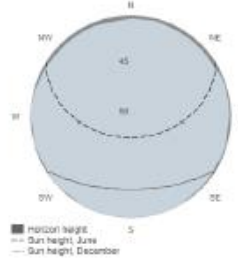
Anexo H. Dados da irradiação e temperatura - PVGIS-5 - temporal irradiation database



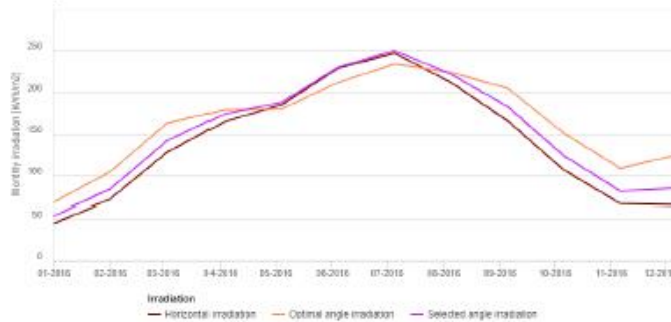
PVGIS-5 geo-temporal irradiation database

Provided inputs
 Latitude/Longitude: 41.390, -8.698
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-CMSAF
 Start year: 2016
 End year: 2016
Variables included in this report:
 Global horizontal irradiation: Yes
 Direct normal irradiation: No
 Global irradiation optimum angle: Yes
 Global irradiation at 10°: Yes
 Diffuse/global ratio: No
 Average temperature: Yes

Outline of horizon at chosen location:



Monthly solar irradiation estimates



Global horizontal irradiation		Global irradiation optimum angle		Global at user angle	
Month	2016	Month	2016	Month	2016
January	45	January	88.7	January	53.4
February	72.5	February	105	February	84.5
March	128	March	163	March	142
April	165	April	179	April	174
May	185	May	180	May	188
June	229	June	212	June	230
July	247	July	234	July	250
August	212	August	224	August	222
September	166	September	205	September	185
October	107	October	151	October	124
November	66.9	November	109	November	81.7
December	65.4	December	125	December	85.7

PVGIS ©European Union, 2001-2017.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2018/07/17



Monthly average temperature



Monthly average temperature

Month	2018
January	10.9
February	10.9
March	11.7
April	12.8
May	14.8
June	17
July	18.7
August	18.7
September	17.8
October	16.9
November	14.6
December	13.2

The European Commission maintains this website to ensure public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. Therefore, if you are brought to our attention, we will try to correct them.

However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site. The information is of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity. It is not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date. It sometimes links to external sites over which the Commission exercises no control and for which the Commission accepts no responsibility. It is not professional or legal advice. If you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional.

Some data or information on this site may have been changed, or substituted, or taken or formed, that are not shown. The website cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

PVGIS ©European Union, 2001-2017.

Reproduction is authorized, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2018/07/17

Joint
Research
Centre

Anexo I. Dados comparativos de simulação da produção com inclinação de 36° e 10° do PVGIS

Performance of Grid-connected PV

Location: 41°23'23" North, 8°41'34" West, Elevation: 39 m a.s.l., Solar radiation database used: PVGIS-CM3A1F

Nominal power of the PV system: 13.1 kW (crystalline silicon)
 Estimated loss due to angular reflectance: 9.6% (using local ambient temperature)
 Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%
 Combined PV system losses: 24.3%

Fixed system: inclination=36°, orientation=0°

Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	34.20	1060	3.35	104
Feb	47.90	1340	4.70	132
Mar	58.40	1810	5.88	182
Apr	59.20	1780	6.06	182
May	63.70	1940	6.45	199
Jun	64.40	1930	6.65	199
Jul	66.10	2030	6.82	212
Aug	66.50	2060	6.89	213
Sep	62.70	1880	6.45	194
Oct	49.70	1540	5.05	157
Nov	38.20	1150	3.79	114
Dec	32.20	999	3.15	97.8
Yearly average	53.5	1630	5.44	165
Total for year		19500		1980

Z_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)
 Z_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)
 H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)
 H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Performance of Grid-connected PV

Radiation database: Climate-SAF PVGIS [What is this?]
 PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power: 13.05 kWp
 Estimated system losses [0:100]: 14 %

Fixed mounting options:
 Mounting position: Free-standing Optimize slope
 Slope [0:90]: 36 ° Optimize azimuth
 Azimuth [-180:180]: 0 ° Also optimize azimuth

Tracking options:
 Vertical axis Slope [0:90]: 0 ° Optimize
 Inclined axis Slope [0:90]: 0 ° Optimize
 2-axis tracking

Horizon file: Escolher ficheiro | Nenhum ficheiro selecionado

Output options
 Show graphs Show horizon
 Web page Text file PDF

Calculate [help]

Latitude: Longitude: Search

Map: Satellite

Solar radiation Temperature Other maps

[JRC](#) | [Inseguro](#) | [re:jrc.ec.europa.eu/pv/gis/apps4/pvest.php?lang=en%7B%7D&map=europa](#) | [CM SAF](#) | [Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps](#) | [Contact](#) | [Important legal notice](#)

NEW: PVGIS 5 release candidate. Read about it here and try it out!
 This version will no longer be available as of mid-October.

PV Estimation | Monthly radiation | Daily radiation | Stand-alone PV

Performance of Grid-connected PV

Radiation databases: Climate-SAF PVGIS [What is this?]
 PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power [3.05 kWp
 Estimated system losses [0:100] 14 %

Fixed mounting options:
 Mounting position: Free-standing Optimize slope
 Slope [0:90] 10 Also optimize azimuth
 Azimuth [-180:180] 0 Also optimize azimuth
(Azimuth steps from 150 to 180, East=90, South=0)

Tracking options:
 Vertical axis Slope [0:90] 0 Optimize
 Inclined axis Slope [0:90] 0 Optimize
 2-axis tracking

Horizon file: Escolher ficheiro Nenhum ficheiro selecionado

Output options
 Show graphs Show horizon PDF
 Web page Text file PDF

[Calculate](#) [\[help\]](#)

Performance of Grid-connected PV
NOTE: before using these calculations for anything serious, you should read [this](#)

PVGIS estimates of solar electricity generation
 Location: 41°23'23" North, 8°41'54" West, Elevation: 39 m a.s.l.,
 Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 13.1 kW (crystalline silicon)
 Estimated losses due to temperature and low irradiance: 8.6% (using local ambient temperature)
 Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.3%
 Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%
 Combined PV system losses: 24.0%

Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	24.30	754	2.38	73.9
Feb	36.90	1030	3.60	101
Mar	51.20	1590	5.09	158
Apr	57.90	1740	5.86	176
May	66.40	2060	6.76	210
Jun	71.70	2140	7.31	219
Jul	71.70	2220	7.36	228
Aug	67.00	2080	6.88	213
Sep	56.40	1690	5.75	172
Oct	40.20	1250	4.06	126
Nov	27.70	832	2.75	82.4
Dec	22.00	683	2.17	67.4
Yearly average	49.5	1500	5.00	152
Total for year		18100		1830

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)
 E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)
 H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh.m⁻²)
 H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh.m⁻²)

PVGIS © European Communities, 2001-2012
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged
 See the disclaimer [here](#)

Anexo J. Ficha técnica do módulo Fotovoltaico SolarWorld Mono PERC

Sunmodule⁺ Plus
SW 290 / 300 MONO



Data sheet



HIGH QUALITY ENGINEERING BY SOLARWORLD

More than 40 years of technology expertise, ongoing innovation and continuous optimization create the foundation for the performance of SolarWorld's high-quality modules. We guarantee our customers the highest quality during all steps of production. Our modules are extremely flexible when it comes to their application and provide optimal solutions for installation and non-stop performance – worldwide.

- Extremely tough and stable, despite its light weight – able to handle loads up to 8.5 kN/m².
- Tested in extreme weather conditions – hail impact tested and resistant to salt spray, frost, ammonia, dust and sand.
- Proven guarantee against hotspots and PID- free to IEC 62804-1.
- Highly-efficient cells (mono PERC) for the highest possible yields.
- Patented corner design with integrated drainage for optimized self-cleaning.
- High-transmissive front glass and anti-reflective coating.
- Long-term safety and guaranteed top performance – At least 97% of nominal power in the first year – 25-year linear performance warranty – 20-year product warranty.



www.solarworld.com

Sunmodule Plus

SW 290 / 300 MONO



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

		SW 290	SW 300
Maximum power	P_{max}	290 Wp	300 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	39.6 V	40.0 V
Maximum power point voltage	U_{mpp}	31.9 V	32.6 V
Short circuit current	I_{sc}	9.75 A	9.83 A
Maximum power point current	I_{mpp}	9.20 A	9.31 A
Module efficiency	η_m	17.30 %	17.89 %

Measuring tolerance (P_{max}) +/- 2 %

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		SW 290	SW 300
Maximum power	P_{max}	279.6 Wp	226.7 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	36.7 V	37.0 V
Maximum power point voltage	U_{mpp}	29.5 V	30.2 V
Short circuit current	I_{sc}	7.99 A	8.06 A
Maximum power point current	I_{mpp}	7.43 A	7.52 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m², 97% (+/-3%) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.

PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION

Power sorting	-0 Wp / +10 Wp
Maximum system voltage IEC/NEC	1000 V / 1000 V
Maximum reverse current	25 A
Number of bypass diodes	3
Operating range	-40°C - +85°C
Maximum Design Loads (Two rail system)*	+5.4 kN/m ² / -3.1 kN/m ²
Maximum Design Loads (Three rail system)*	+8.5 kN/m ² / -3.1 kN/m ²

*Please refer to the Sunmodule installation instructions for the details associated with these load cases.



COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60
Cell type	Mono crystalline PERC
Cell dimensions	156 mm x 156 mm
Front	Tempered safety glass (EN 12150)
Back	Film, white
Frame	Black anodized aluminum
J-Box	IP65
Connector	Amphenol H4 UTX

DIMENSIONS / WEIGHT

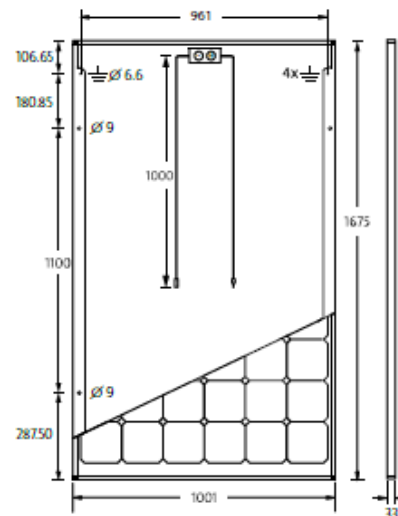
Length	1675 mm
Width	1001 mm
Height	33 mm
Weight	18.0 kg

THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46 °C
TK I_{sc}	0.070 %/K
TK U_{oc}	-0.29 %/K
TK P_{mpp}	-0.39 %/K

ORDERING INFORMATION

Order number	Description
82000482	Sunmodule Plus SW 290 mono
82000432	Sunmodule Plus SW 300 mono



CERTIFICATES AND WARRANTIES

Certificates	IEC 61730	IEC 61215	UL 1703
	IEC 62716	IEC 60068-2-68	IEC 61701
Warranties	Product Warranty	20 years	
	Linear Performance Guarantee	25 years	

SolarWorld Industries GmbH reserves the right to make specification changes without notice. This data sheet complies with the requirements of EN 50380.

9.0002528 | V12017-0-19-EN

(Solarworld 2017)

Anexo K. Ficha técnica do inversor Huawei SUN2000-15KTL

SUN2000 (8KTL-28KTL)
User Manual

10 Technical Specifications

Input

Technical Specifications	SUN2000-8KTL	SUN2000-10KTL	SUN2000-12KTL	SUN2000-15KTL	SUN2000-17KTL	SUN2000-20KTL	SUN2000-23KTL	SUN2000-28KTL
Maximum input power	9000 W	11,400 W	13,500 W	17,000 W	19,100 W	22,500 W	23,600 W	28,200 W
Maximum input voltage	1000 V							
Maximum input current (per MPPT)	18 A							
Maximum short-circuit current (per MPPT)	25 A							
Maximum operating voltage	950 V							
Minimum operating/startup voltage	200 V/250 V							

Output

Technical Specifications	SUN2000-8KTL	SUN2000-10KTL	SUN2000-12KTL	SUN2000-15KTL	SUN2000-17KTL	SUN2000-20KTL	SUN2000-23KTL	SUN2000-28KTL
Rated active power	8000 W	10,000 W	12,000 W	15,000 W	17,000 W	20,000 W	23,000 W	27,500 W
Maximum apparent power	8800 VA	11,000 VA	13,200 VA	16,500 VA	18,700 VA	22,000 VA	23,000 VA	27,500 VA
Maximum active power (cosφ = 1)	8800 W	11,000 W	13,200 W	16,500 W	18,700 W	22,000 W	23,000 W	27,500 W
Rated output voltage	220 V-230 V/380 V-400 V, 3W + N + PE							277 V/480 V, 3W+PE
Adapted grid frequency	50 Hz/60 Hz							
Maximum output current	13.4 A	17 A	20 A	25.2 A	28.5 A	33.5 A		
Power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging							
Maximum total harmonic distortion (rated power)	< 3%							

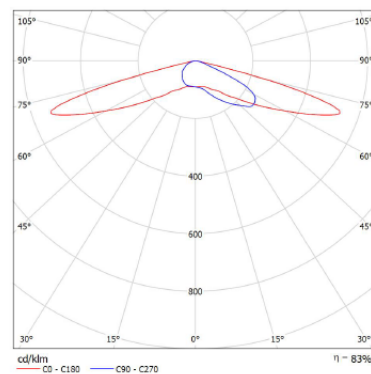
(Huawei 2017)

Anexo L. Estudo luminotécnico - Iluminação Pública

PHILIPS BGP204 T25 1 xLED200-4S/740 DW50 / Folha de dados de luminária

É favor escolher uma imagem de luminária em nosso catálogo de luminárias.

Emissão luminosa 1:



Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 23 59 95 100 83

Não é possível representar tabela UGR para esta luminária porque faltam propriedades de simetria.

UniStreet – simple, cost-effective road-lighting range At relatively low initial cost, the highly efficient LED-based UniStreet luminaire offers significant cost savings compared with conventional street lighting, ensuring full payback within a short period of time. Available in a choice of lumen packages, UniStreet allows point-to-point replacement of outdated conventional light sources and luminaires. The compact, slim luminaire is made of quality recyclable materials. And being a LED solution, it requires little maintenance. Core version design for high-volume projects at relatively low initial budget. Offer limited range of optics. Performer version design for customers who are preparing big renovation projects. TCO oriented

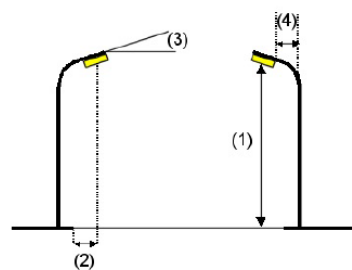
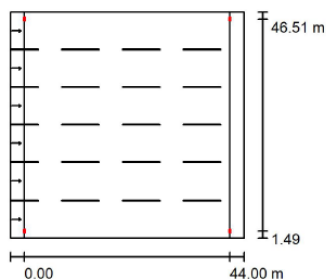
Praça da Portagem / Dados de planeamento

Perfil da rua

Pista de rodagem 1 (Largura: 48.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 6, Pavimento: R3, q0: 0.070)

Factor de manutenção: 0.90

Distribuições de luminárias



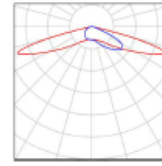
Luminária: PHILIPS BGP204 T25 1 xLED200-4S/740 DW50
Corrente luminosa (Luminária): 16600 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 20000 lm
Potência luminosa: 118.0 W
Distribuição: dos dois lados frente a frente
Distância entre postes: 44.000 m
Altura de montagem (1): 15.098 m
Altura do ponto de luz: 14.999 m
Pendor (2): 1.500 m
Inclinação do braço extensor (3): 5.0 °
Comprimento do braço extensor (4): 2.133 m

Valor máximo da potência luminosa
a 70°: 560 cd/klm
a 80°: 87 cd/klm
a 90°: 1.09 cd/klm
Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Sem potência luminosa acima de 95°.
A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G3.
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.4.

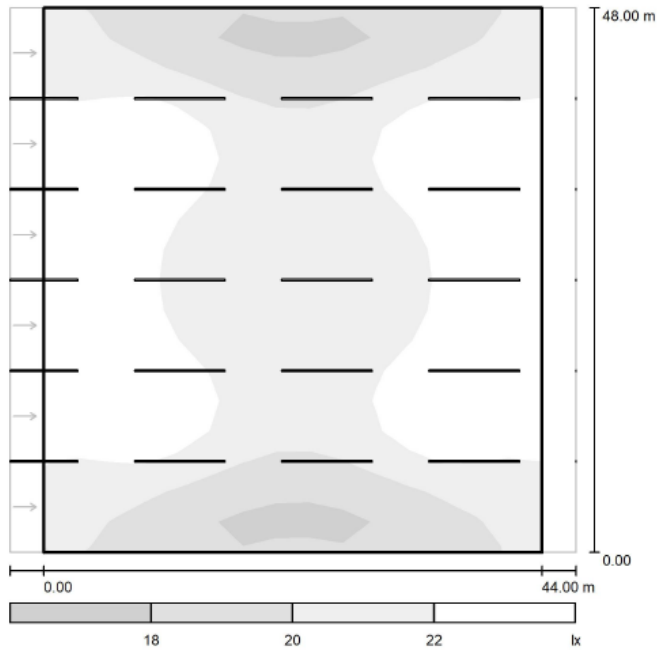
Praça da Portagem / Lista de luminárias

PHILIPS BGP204 T25 1 xLED200-4S/740 DW50
 N° do artigo:
 Corrente luminosa (Luminária): 16600 lm
 Corrente luminosa (Lâmpadas): 20000 lm
 Potência luminosa: 118,0 W
 Classificação de luminárias conforme CIE: 100
 Código de Fluxo (CIE): 23 59 95 100 83
 Lâmpada (s): 1 x LED200-4S/740 (Factor de correcção 1.000).

É favor escolher uma imagem de luminária em nosso catálogo de luminárias.



Praça da Portagem / Campo de avaliação Pista de rodagem 1 / Níveis de cinzento (E)



Escala 1 : 408

Grelha: 15 x 18 Pontos

E_m [lx]
21

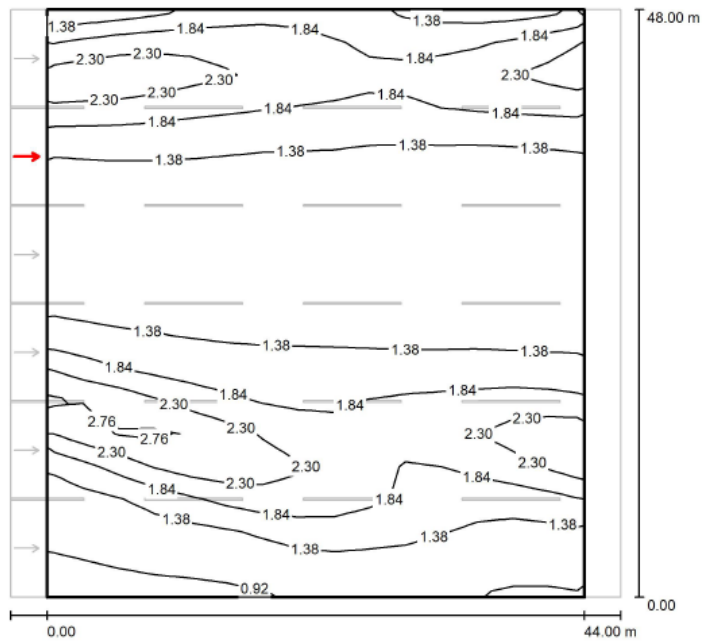
E_{min} [lx]
17

E_{max} [lx]
23

E_{min} / E_m
0.820

E_{min} / E_{max}
0.745

Praça da Portagem / Campo de avaliação Pista de rodagem 1 / Observador 5 / Linhas isográficas (L)



Valores em Candela/m², Escala 1 : 376

Grelha: 15 x 18 Pontos
 Posição do observador: (-60.000 m, 36.000 m, 1.500 m)
 Pavimento: R3, q0: 0.070

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Valores reais segundo o cálculo:	1.58	0.53	0.91	9
Valores nominais segundo a classe ME2:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓

(GmbH 2018)

