

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Iluminação Pública em Nós de Auto-Estradas

Diogo Castro Henriques Castro

PARA APRECIÇÃO POR JÚRI

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Professor Doutor António Carlos Sepúlveda Machado e Moura

Co-orientador: Fernando Ferreira Ramos

22 de Janeiro de 2018

Resumo

Nos dias que correm, é imperativa a recorrência à gestão dos recursos energéticos com a intenção de criar uma “simbiose” entre a vertente económica com a ecológica e também a garantia do funcionamento adequado do serviço em causa.

Esta dissertação remete para esse mesmo tema, e em particular para a iluminação pública de auto-estradas nos nós de Nozelos, de Custóias e de Santo Tirso.

O estudo realizado debruçou-se nos consumos energéticos de cada nó, nos seus respetivos tarifários e procurar possíveis soluções tarifárias para cada situação.

Quanto ao nó de Custóias, foi realizado um estudo com a finalidade de substituir as atuais luminárias de vapor de sódio de alta pressão por luminárias LED, tendo em conta os custos de aquisição das luminárias, a manutenção e também o espaço de tempo necessário para a recuperação do investimento.

Em relação ao nó de Santo Tirso, o estudo efetuado teve em conta a substituição das atuais luminárias de vapor de sódio de alta pressão com regulação de fluxo, por luminárias LED, também atendendo aos custos inerentes de aquisição e manutenção e o tempo previsto para a recuperação do investimento realizado.

Relativamente ao nó de Nozelos foi ponderada a possibilidade da instalação de um sistema fotovoltaico com o intuito de este ser capaz de reduzir os custos dos consumos energéticos. Ainda foram realizadas análises dos custos de investimento deste sistema e do tempo de retorno monetário deste mesmo.

Juntamente aos casos analisados, foram explorados os pressupostos e conceitos teóricos que levam à compreensão dos estudos levados a cabo.

Palavras-Chave: Iluminação Pública, Eficiência Energética, LED, Sistema Fotovoltaico, VSAP, EN13201, Tarifário, Auto-estrada, Gestão, Consumo, Energia, UPP.

Abstract

The recurrence of energy resource management is imperative in recent days with the intention of creating a 'symbiosis' between the economic and ecological aspects and also ensuring the proper functioning of the service in question.

This dissertation refers to this same theme, and in particular to the public lighting of auto-roads in the nodes of Nozelos, Custóias and Santo Tirso.

The study carried out looked at the energy consumptions of each node, their respective tariffs and look for possible tariff solutions for each situation.

As for the Node de Custóias, a study was carried out to replace the existing high-pressure sodium vapor lamps with LED luminaires, taking into account the costs of purchasing the luminaires and maintenance and also the time required for the investment recovery.

In relation to the Santo Tirso Node, the study carried out took into account the replacement of current high pressure sodium vapor lamps with flow regulation by LED luminaires, also taking into account the inherent acquisition and maintenance costs and the expected time for the recovery of these expenses.

Regarding the node of Nozelos, the possibility of installing a photovoltaic system was considered in order to be more independent of the electricity grid and the energy consumption expenses. Analyzes of the investment costs of this system and the monetary return time of this system were also carried out.

Together with the cases analyzed, the theoretical assumptions and concepts that led to the understanding of the studies carried out were explored.

Keywords: Public Lighting, Energy Efficiency, LED, Photovoltaic System, VSAP, EN13201, Tariff, Freeway, Management, Consumption, Energy.

Agradecimentos

A realização desta dissertação não seria possível sem o precioso incentivo e apoio de várias pessoas, às quais não poderia deixar de prestar os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, um sincero agradecimento ao meu Orientador, o Professor Doutor António Carlos Sepúlveda Machado e Moura, pela sua disponibilidade, por todos os conhecimentos que me transmitiu ao longo do meu curso e acima de tudo, pelo seu carácter e humanidade que sempre me transmitiu.

Um agradecimento especial ao meu Co-orientador, o Engenheiro Fernando Ferreira Ramos pela sua paciência, ajuda e dedicação que depositou em mim ao longo destes meses de trabalho.

Ao Engenheiro Óscar Seabra, que agradeço, de igual forma, pela sua disponibilidade, ajuda e transmissão de conhecimentos que guardarei para o começo de uma nova etapa na minha vida.

Aos meus amigos e colegas de curso que me acompanharam ao longo do curso e que me aconselharam sempre para o meu bem-estar.

Ao meu colega e amigo Daniel Pinhel, agradeço pelo apoio que me prestou, por me ter acompanhado durante todos estes meses.

À minha namorada Noelia, que apesar de estar distante, está sempre perto para os melhores momentos e para os mais difíceis. Sempre.

Por fim à minha família, ao meu "quase" cunhado João, e em especial, à minha mãe e à minha irmã a quem estou eternamente grato, pois tudo o que sou e alcancei, devo-o a elas.

Diogo Castro Henriques Castro

*“Só com o passar dos anos é que nos apercebemos
dos momentos extraordinários já vividos.”*

Manoel de Oliveira

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Objetivos da Dissertação	2
1.2	Estrutura da Dissertação	2
1.3	Ferramentas Utilizadas	3
1.4	A Manvia	3
1.5	A Ascendi	4
2	Iluminação: Conceitos Gerais	5
2.1	Iluminação	5
2.2	Grandezas Luminotécnicas	5
2.2.1	Fluxo Luminoso	5
2.2.2	Intensidade Luminosa	6
2.2.3	Luminância	7
2.2.4	Iluminância	7
2.2.5	Encadeamento Perturbador	8
2.3	Características das Lâmpadas	9
2.3.1	Rendimento luminoso	9
2.3.2	Temperatura de cor	9
2.3.3	Restituição de cor	10
2.3.4	Duração média de vida	10
2.3.5	Uniformidade	11
2.4	Tipos de Lâmpadas	12
2.4.1	Lâmpadas Incandescentes	12
2.4.2	Lâmpadas de descarga	13
2.4.3	Lâmpadas de Indução	21
2.4.4	LED's	22
2.4.5	Balanço do rendimento luminoso das lâmpadas	24
2.4.6	Classes de eficiência energética das lâmpadas	25
2.5	Luminárias	27
2.6	Balastros	28
2.6.1	Balastros Eletromagnéticos	29
2.6.2	Balastros Eletrônicos	30
2.7	Drivers de LED	31
2.8	Sistemas de Controlo e Gestão	32
2.8.1	Relógio Astronómico	33
2.8.2	Tecnologias de Regulação de Fluxo	35
2.8.3	Sistemas de Telegestão	37
2.8.4	Solução de Telegestão Integrada na Arquitetura Inovgrid	38

3	Sistema Tarifário	39
3.1	Liberalização do Setor Elétrico	39
3.2	Mercados e Modelos Tarifários	39
3.3	Tarifários	41
3.3.1	Períodos Tarifários	41
3.3.2	Tipos de Ciclo	42
3.3.3	Tarifas transitórias em Portugal Continental	44
4	Sistema Fotovoltaico	45
4.1	Panorama fotovoltaico no Mundo e em Portugal	45
4.2	Componentes	49
4.2.1	Painel Solar	50
4.2.2	Controlador de Carga	50
4.2.3	Bateria	50
4.2.4	Inversor	51
5	Iluminação Pública: Legislação e Critérios de Projeto	53
5.1	Norma Europeia para a Iluminação Pública: EN 13201	53
5.1.1	EN 13201-1: Escolha das classes de iluminação	54
5.1.2	EN 13201-2: Parâmetros fotométricos recomendados	55
5.1.3	EN 13201-3: Cálculo dos parâmetros fotométricos	58
5.1.4	EN 13201-4: Métodos de medição das performances fotométricas	59
5.2	Arquitetura de uma instalação de IP	59
5.3	Manutenção	62
5.3.1	Gestão da Manutenção	62
5.3.2	Objetivos	63
5.3.3	Normas	63
5.3.4	Tipos de Manutenção	64
5.3.5	Manutenção de uma Instalação de Iluminação Pública	66
6	Casos de Estudo	71
6.1	Nó de Nozelos	71
6.1.1	Caraterização do Nó	71
6.1.2	Classificação da Via	72
6.1.3	Análise das Faturas Energéticas	73
6.1.4	Luminárias	81
6.1.5	Projeto Fotovoltaico de Pequena Produção (UPP)	82
6.2	Nó de Custóias	104
6.2.1	Caracterização do Nó	104
6.2.2	Classificação da Via	105
6.2.3	Análise das Faturas Energéticas	106
6.2.4	Substituição das Luminárias	108
6.2.5	Luminárias Existentes	109
6.2.6	Soluções para Novas Luminárias	116
6.2.7	Luminárias Escolhidas	124
6.3	Nó de Santo Tirso	125
6.3.1	Caracterização do Nó	125
6.3.2	Classificação da Via	126
6.3.3	Análise das Faturas Energéticas	126

6.3.4	Substituição das Luminárias	129
6.3.5	Luminárias Existentes	130
6.3.6	Soluções Para Novas Luminárias	136
6.3.7	Luminárias Escolhidas	142
6.4	Análise Económica	144
6.4.1	Nó de Nozelos	144
6.4.2	Nó de Custóias	149
6.4.3	Nó de Santo Tirso	154
7	Conclusões e Trabalho Futuro	159
7.1	Fatura Energética	159
7.2	Sistema Fotovoltaico	160
7.3	Iluminação	160
7.4	Trabalho Futuro	162
A	Faturas Energéticas	163
A.1	Nó de Nozelos	164
A.2	Nó de Custóias	166
A.3	Nó de Santo Tirso	171
B	Luminárias	177
B.1	Nó de Nozelos	178
B.2	Nó de Custóias	184
B.2.1	Ficha Técnica da Luminária VSAP	184
B.2.2	Ficha Técnica da Luminária LED na Plena Via	187
B.2.3	Ficha Técnica da Luminária LED no tipo do Ramo A	189
B.2.4	Ficha Técnica da Luminária LED no tipo do Ramo B	191
B.3	Nó de Santo Tirso	193
B.3.1	Ficha Técnica da Luminária VSAP	193
B.3.2	Ficha Técnica da Luminária LED na Plena Via	194
B.3.3	Ficha Técnica da Luminária LED nos Ramos	196
C	Plantas	199
C.1	Nó de Nozelos	200
C.2	Nó de Custóias	201
C.3	Nó de Santo Tirso	203
C.4	Nó de Nozelos com o Sistema Fotovoltaico	205
D	Sistema Fotovoltaico	207
D.1	Painel Fotovoltaico	208
D.2	Inversor	210
D.3	Fusível DC	213
D.4	Interruptor DC	214
D.5	Fusível AC	215
D.6	Disjuntor AC	216
D.7	Interruptor Omnipolar Geral	217
D.8	Interruptor Diferencial	218
D.9	Corta-Circuitos Porta Fusíveis	219
D.10	Vetor Estanque	220

Referências

221

Lista de Figuras

2.1	Fluxo Luminoso	6
2.2	Intensidade luminosa e curva de distribuição de intensidade luminosa nos planos transversal (linha contínua) e longitudinal (tracejado)	6
2.3	Luminância	7
2.4	Iluminância	8
2.5	A ocorrência de encadeamento é possível ao olhar diretamente para a lâmpada	8
2.6	Tabela de rendimento luminoso para tipos de lâmpadas	9
2.7	Uniformidade geral e longitudinal	11
2.8	Lâmpada incandescente de filamento	12
2.9	Lâmpada de halogéneo	13
2.10	Lâmpada de luz mista	14
2.11	Diagrama de uma lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão	16
2.12	Lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos	17
2.13	Exemplo de uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão	18
2.14	Tipos de lâmpadas fluorescentes (tubulares)	19
2.15	Lâmpada fluorescente compacta	19
2.16	Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão	21
2.17	Lâmpada de indução	21
2.18	Lâmpada LED	22
2.19	Gráfico comparativo dos rendimentos luminosos das várias lâmpadas [1]	24
2.20	Gráfico das extensões dos Índices de Restituição de Cor (IRC) das várias lâmpadas [2] [1] [3]	24
2.21	Etiqueta da eficiência energética nas lâmpadas	26
2.22	Luminárias para iluminação de auto-estrada	27
2.23	Balastro Eletromagnético	29
2.24	Balastro Eletrónico	30
2.25	Driver de LED	31
2.26	Esquema de um driver de LED	32
2.27	Variação da exposição solar com as diferentes estações do ano	33
2.28	Período de funcionamento de uma rede IP no hemisfério norte com relógio astronómico	34
2.29	Relógio astronómico	34
2.30	Funcionamento de um regulador de fluxo durante um período noturno	35
2.31	Componentes de um sistema de telegestão sem CS (à esquerda) e com CS (à direita)	38
3.1	Ciclo diário em Portugal Continental (BTE e BTN)	42
3.2	Ciclo semanal em Portugal Continental	42
3.3	Ciclo semanal opcional em Portugal Continental	43

3.4	Tarifa transitória de venda a clientes finais em MT (Portugal Continental)	44
4.1	Produção fotovoltaica mundial de 2005 a 2015 por região (TWh)	46
4.2	Produção fotovoltaica por região em 2005 e 2015 (TWh)	46
4.3	Gráfico referente às produções e potências instaladas PV mundiais por país	47
4.4	Gráfico das percentagens mundiais de produção total e doméstica por país	47
4.5	Gráfico da percentagem de produção de energias renováveis por fonte na União Europeia [4]	48
4.6	Constituição de um sistema fotovoltaico	49
5.1	Requisitos fotométricos para a classe M	54
5.2	Requisitos fotométricos para a classe C	54
5.3	Requisitos fotométricos para a classe P	55
5.4	Fluxograma para a determinação da classe de iluminação de uma via	56
5.5	Fatores de peso para a determinação da classe de iluminação de uma via	57
5.6	Valores de referência para a determinação da classe de iluminação de uma via	58
5.7	Topologia tipo de redes de IP	62
5.8	Valores do FMLL	67
5.9	Valores do FSL	67
5.10	Valores do FML	69
6.1	Localização do Nó de Nozelos	71
6.2	Imagem de Satélite do Nó de Nozelos	72
6.3	Gráfico dos Consumos Mensais do Nó de Nozelos entre Janeiro e Dezembro de 2016	74
6.4	Gráfico da Energia Ativa Faturada no Nó de Nozelos entre Janeiro e Dezembro de 2016	74
6.5	Local da Instalação (Vista por Satélite)	83
6.6	Local da Instalação	83
6.7	Comparação entre a irradiação no local com plano horizontal e com ângulo ótimo (33 graus)	84
6.8	Altura do painel com inclinação de 33 graus	87
6.9	Disposição dos painéis fotovoltaicos e das <i>strings</i> no nó de Nozelos	89
6.10	Dimensionamento dos painéis e inversor (<i>Sunny Design 3</i>)	90
6.11	Dimensionamento dos Cabos DC no <i>textitSunny Design 3</i>	92
6.12	Dimensionamento do cabo AC desde o inversor até ao quadro elétrico no <i>Sunny Design 3</i>	95
6.13	Dimensionamento do cabo AC desde o quadro elétrico ao QGBT no <i>Sunny Design 3</i>	96
6.14	Desenho do projeto final do Sistema Fotovoltaico no nó de Nozelos	102
6.15	Localização do Nó de Custóias	104
6.16	Imagem de Satélite do Nó de Custóias	104
6.17	Gráfico dos Consumos Mensais do Nó de Custóias entre Janeiro e Dezembro de 2016	107
6.18	Gráfico da Energia Ativa Faturada no Nó de Custóias entre Janeiro e Dezembro de 2016	107
6.19	Potência luminosa na pista de rodagem da pena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	110
6.20	Densidade de luminância na pista de rodagem seca na plena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	110

6.21	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da pena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	110
6.22	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da pena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	111
6.23	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	111
6.24	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	111
6.25	Potência luminosa na pista de rodagem do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	112
6.26	Densidade de luminância na pista de rodagem seca do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	112
6.27	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	113
6.28	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	113
6.29	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	113
6.30	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	113
6.31	Potência luminosa na pista de rodagem do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	114
6.32	Densidade de luminância na pista de rodagem seca do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	114
6.33	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	115
6.34	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	115
6.35	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	115
6.36	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)	115
6.37	Potência luminosa na pista de rodagem da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	117
6.38	Densidade de luminância na pista de rodagem seca da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	117
6.39	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	117
6.40	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	118
6.41	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	118
6.42	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	118

6.43	Potência luminosa na pista de rodagem do ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	119
6.44	Densidade de luminância na pista de rodagem seca do ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	120
6.45	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador do ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	120
6.46	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador do ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	120
6.47	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem do Ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	120
6.48	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) do Ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	121
6.49	Potência luminosa na pista de rodagem do ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	122
6.50	Densidade de luminância na pista de rodagem seca do ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	122
6.51	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador do ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	122
6.52	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador do ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	123
6.53	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem do Ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	123
6.54	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) do Ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	123
6.55	Localização do Nó de Santo Tirso	125
6.56	Imagem de Satélite do Nó de Santo Tirso	125
6.57	Gráfico dos Consumos Mensais do Nó de Santo Tirso entre Janeiro e Dezembro de 2016	127
6.58	Gráfico da Energia Ativa Faturada no Nó de Santo Tirso entre Janeiro e Dezembro de 2016	128
6.59	Potência luminosa na pista de rodagem (sentido Matosinhos/Espinho) da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)	130
6.60	Densidade de luminância na pista de rodagem seca (sentido Matosinhos/Espinho) da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)	131
6.61	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Matosinhos/Espinho	131
6.62	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Matosinhos/Espinho	131
6.63	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Matosinhos/Espinho	132
6.64	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Matosinhos/Espinho	132
6.65	Potência luminosa na pista de rodagem (sentido Espinho/Matosinhos) da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)	132

6.66	Densidade de luminância na pista de rodagem seca (sentido Espinho/Matosinhos) da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)	133
6.67	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Espinho/Matosinhos	133
6.68	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Espinho/Matosinhos	133
6.69	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Espinho/Matosinhos	133
6.70	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Espinho/Matosinhos	134
6.71	Potência luminosa na pista de rodagem de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)	134
6.72	Densidade de luminância na pista de rodagem seca de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)	135
6.73	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)	135
6.74	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)	135
6.75	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)	135
6.76	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)	136
6.77	Potência luminosa na pista de rodagem (sentido Matosinhos/Espinho) da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	137
6.78	Densidade de luminância na pista de rodagem seca (sentido Matosinhos/Espinho) da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	137
6.79	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Matosinhos/Espinho	137
6.80	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Matosinhos/Espinho	138
6.81	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Matosinhos/Espinho	138
6.82	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Matosinhos/Espinho	138
6.83	Potência luminosa na pista de rodagem (sentido Espinho/Matosinhos) da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	139
6.84	Densidade de luminância na pista de rodagem seca (sentido Espinho/Matosinhos) da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	139
6.85	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Espinho/Matosinhos	139
6.86	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Espinho/Matosinhos	139
6.87	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Espinho/Matosinhos	140

6.88	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Espinho/Matosinhos	140
6.89	Potência luminosa na pista de rodagem dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	141
6.90	Densidade de luminância na pista de rodagem seca dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	141
6.91	Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	141
6.92	Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	141
6.93	Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	142
6.94	Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	142
6.95	Informações do Projeto Fotovoltaico	146
6.96	Rendimento energético mensal do sistema fotovoltaico	146
6.97	Preços da eletricidade em Portugal, de 2005 a 2017 [5]	147
6.98	Poupança efetiva do sistema fotovoltaico	148
7.1	Poupança no consumo com a substituição para luminárias LED no nó Custóias	160
7.2	Poupança no consumo com a substituição para luminárias LED no nó Santo Tirso	161
A.1	Tarifa e custo da fatura anual no nó de Nozelos em MT (EDP Serviço Universal) em curtas utilizações	164
A.2	Custos da fatura anual no nó de Nozelos em MT (EDP Serviço Universal) em médias e longas utilizações	165
A.3	Custos anuais no nó de Custóias em MT com a fatura atual (Iberdrola)	166
A.4	Custos da fatura anual no nó de Custóias em MT da Fenosa (à esquerda) e da LUZBOA (à direita)	167
A.5	Custos da fatura anual no nó de Custóias em MT da Hen (à esquerda) e da Energia Simples (à direita)	168
A.6	Tarifa e custo da fatura anual no nó de Custóias em MT (EDP Serviço Universal) em curtas utilizações	169
A.7	Custos da fatura anual no nó de Custóias em MT (EDP Serviço Universal) em médias e longas utilizações	170
A.8	Custos anuais no nó de Santo Tirso em MT com a fatura atual (Iberdrola)	171
A.9	Custos da fatura anual no nó de Santo Tirso em MT da Fenosa (à esquerda) e da LUZBOA (à direita)	172
A.10	Custos da fatura anual no nó de Santo Tirso em MT da Hen (à esquerda) e da Energia Simples (à direita)	173
A.11	Tarifa e custo da fatura anual no nó de Santo Tirso em MT (EDP Serviço Universal) em curtas utilizações	174
A.12	Custos da fatura anual no nó de Santo Tirso em MT (EDP Serviço Universal) em médias e longas utilizações	175
B.1	Ficha técnica da luminária <i>Exporlux RoadLED 90</i> (1)	178
B.2	Ficha técnica da luminária <i>Exporlux RoadLED 90</i> (2)	179

B.3	Ficha técnica da luminária <i>Exporlux RoadLED 180</i> de 162 W (1)	180
B.4	Ficha técnica da luminária <i>Exporlux RoadLED 180</i> de 162 W (2)	181
B.5	Ficha técnica da luminária <i>Exporlux RoadLED 180</i> de 197 W (1)	182
B.6	Ficha técnica da luminária <i>Exporlux RoadLED 180</i> de 197 W (2)	183
B.7	Ficha técnica da luminária <i>Schröder SAPPHIRE</i> (1)	184
B.8	Ficha técnica da luminária <i>Schröder SAPPHIRE</i> (2)	185
B.9	Ficha técnica da luminária <i>Schröder SAPPHIRE</i> (3)	186
B.10	Ficha técnica da luminária <i>Philips DigiStreet</i> (1)	187
B.11	Ficha técnica da luminária <i>Philips DigiStreet</i> (2)	188
B.12	Ficha técnica da luminária <i>Philips UniStreet</i> (1)	189
B.13	Ficha técnica da luminária <i>Philips UniStreet</i> (2)	190
B.14	Ficha técnica da luminária <i>Philips ClearWay</i> (1)	191
B.15	Ficha técnica da luminária <i>Philips ClearWay</i> (2)	192
B.16	Ficha técnica da luminária <i>Schröder CITEA MIDI</i>	193
B.17	Ficha técnica da luminária <i>Philips UniStreet</i> (1)	194
B.18	Ficha técnica da luminária <i>Philips UniStreet</i> (2)	195
B.19	Ficha técnica da luminária <i>Philips ClearWay</i> (1)	196
B.20	Ficha técnica da luminária <i>Philips ClearWay</i> (2)	197
C.1	Planta do Nó de Nozelos	200
C.2	Planta do Nó de Custóias (1)	201
C.3	Planta do Nó de Custóias (2)	202
C.4	Planta do Nó de Santo Tirso (1)	203
C.5	Planta do Nó de Santo Tirso (2)	204
C.6	Planta do Nó de Nozelos com o sistema fotovoltaico implementado	205
D.1	Ficha técnica do painel fotovoltaico (1)	208
D.2	Ficha técnica do painel fotovoltaico (2)	209
D.3	Ficha técnica do inversor (1)	210
D.4	Ficha técnica do inversor (2)	211
D.5	Ficha técnica do inversor (3)	212
D.6	Ficha técnica do fusível DC	213
D.7	Ficha técnica do interruptor DC	214
D.8	Ficha técnica do fusível AC	215
D.9	Ficha técnica do disjuntor AC	216
D.10	Ficha técnica do interruptor omnipolar geral	217
D.11	Ficha técnica do interruptor diferencial	218
D.12	Ficha técnica do corta-circuitos porta fusíveis	219
D.13	Ficha técnica do vetor estanque	220

Lista de Tabelas

2.1	Classificação da temperatura de cor	10
2.2	Classes do IRC	10
2.3	Características das lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão	15
2.4	Outras características das lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão [6]	15
2.5	Características das lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos [7] [3]	16
2.6	Características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão [7]	17
2.7	Outras características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão [6]	18
2.8	Características das lâmpadas fluorescentes	18
2.9	Características das lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão [7]	20
2.10	Outras características das lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão [6]	20
2.11	Características das lâmpadas LED [1]	23
2.12	Classes de eficiência das lâmpadas	26
3.1	Tarifários divididos por tensão, em Portugal	41
5.1	Esquematisações usuais da disposição dos postes nas vias de circulação (a)	60
5.2	Esquematisações usuais da disposição dos postes nas vias de circulação (b)	61
5.3	Esquematisações usuais da disposição dos postes nas vias de circulação (c)	62
6.1	Classe de iluminação do nó de Nozelos (Pista de Rodagem e Pista de Acostamento)	72
6.2	Consumos Mensais do Nó de Nozelos entre Janeiro e Dezembro de 2016	73
6.3	Custo do consumo do nó de Nozelos com a fatura atual (Iberdrola)	75
6.4	Tarifa e custos totais da fatura da Fenosa (MT)	76
6.5	Tarifa e custos totais da fatura da LUZBOA (MT)	77
6.6	Tarifa e custos totais da fatura da HEN (MT)	78
6.7	Custos totais da fatura da EDP Serviço Universal (MT)	79
6.8	Tarifa e custos totais da fatura da Energia Simples (MT)	80
6.9	Análise final das faturas energéticas para o nó de Nozelos	81
6.10	Algumas especificações técnicas do painel solar <i>Mprime G Séries GENIUS 4BB 260</i>	85
6.11	Algumas especificações técnicas do inversor <i>Sunny Tripower 25000TL-20</i>	88
6.12	Equipamentos a instalar no sistema fotovoltaico no nó de Nozelos e as quantidades respetivas	103
6.13	Classe de iluminação do nó de Custóias (Pista de Rodagem e Pista de Acostamento)	105
6.14	Consumos Mensais do Nó de Custóias entre Janeiro e Dezembro de 2016	106
6.15	Análise final das faturas energéticas para o nó de Custóias	108
6.16	Características das luminárias consideradas para possível substituição na plena via	116
6.17	Características das luminárias consideradas para possível substituição no ramo A	119
6.18	Características das luminárias consideradas para possível substituição no ramo B	121
6.19	Luminárias escolhidas para a instalação no Nó de Custóias	124

6.20	Classe de iluminação do nó de Santo Tirso (Pista de Rodagem e Pista de Acostamento)	126
6.21	Consumos Mensais do Nó de Santo Tirso entre Janeiro e Dezembro de 2016 . . .	127
6.22	Análise final das faturas energéticas para o nó de Santo Tirso	129
6.23	Características das luminárias consideradas para possível substituição na plena via do nó de Santo Tirso	136
6.24	Características das luminárias consideradas para possível substituição nos ramos do nó de Santo Tirso	140
6.25	Luminárias escolhidas para a instalação no Nó de Santo Tirso	143
6.26	Orçamento para o projeto fotovoltaico no nó de Nozelos	145
6.27	Investimentos realizados para o nó de Custóias	149
6.28	Potências totais das zonas do nó de Custóias e o seu somatório	150
6.29	Consumos no nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	151
6.30	Custo anual no nó de Custóias com as novas luminárias (LED)	152
6.31	Investimentos realizados para o nó de Santo Tirso	154
6.32	Potências totais das zonas do nó de Santo Tirso e o seu somatório	155
6.33	Consumos no nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	156
6.34	Custo anual no nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)	157

Abreviaturas e Símbolos

A	Ampére
AC	<i>Alternate Current</i>
AT	Alta Tensão
BTE	Baixa Tensão Especial
BTN	Baixa Tensão Normal
CC	Corrente Contínua
DC	<i>Direct Current</i>
cd/m^2	Candela por metro quadrado
CO_2	Dióxido de Carbono
CREP	Circular Regional Externa do Grande Porto
DALI	<i>Digital Addressable Lighting Interface</i>
DSI	<i>Digital Serial Interface</i>
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
EN	<i>European Norm</i>
ENE20	Estratégia Nacional de Energia 2020
FEE	Fundo de Eficiência Energética
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FM	Fator de Manutenção
FML	Fator de Manutenção da Luminária
FMLL	Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso
FSL	Fator de Sobrevivência da Lâmpada
GEE	Gases de Efeito de Estufa
IRC	Índice de Restituição de Cores
IMT	Instituto da Mobilidade e dos Transportes
IP	Índice de Proteção
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
K	Kelvin
km/h	Quilómetro por hora
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt hora
L	Luminância
lm	Lúmen
lm/W	Lúmen por watt
m	Metro

MAT	Muito Alta Tensão
MT	Média Tensão
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PEX	Polietileno Reticulado
PPEC	Plano de Promoção da Eficiência no Consumo
PT	Posto de Transformação
QE	Quadro Elétrico
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
QREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional
s	Segundo
TA	Tarifa de Acesso às Redes
TC	Tarifa de Comercialização
TE	Tarifa de Energia
TI	Encadeamento Perturbador
TUGS	Tarifa de Uso Global do Sistema
TURD	Tarifa de Uso da Rede de Distribuição
TURT	Tarifa de Uso da Rede de Transporte
TWh	Terawatt hora
U_1	Uniformidade Longitudinal
U_o	Uniformidade Geral
UPP	Unidade de Pequena Produção
V	Volt
VCI	Via de Cintura Interna
VMAP	Lâmpada de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão
VMIM	Lâmpada de Vapor de Mercúrio de Iodetos Metálicos
VRI	Via Regional Interior
VSAP	Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão
VSBP	Lâmpada de Vapor de Sódio de Baixa Pressão
W	Watt
μ/m^3	Micrograma por metro cúbico
ϕ	Fluxo Luminoso

Capítulo 1

Introdução

Devido ao constante aumento da população mundial e um conseqüente aumento no consumo de energia elétrica, há que por em prática medidas cada vez mais sustentáveis e eficazes em função de um planeta mais “limpo”.

Atualmente, esta necessidade ainda é satisfeita maioritariamente através de combustíveis fósseis, tais como o petróleo, o carvão e o gás natural (estes três recursos representam 81,4% do total da energia fornecida a nível mundial). O ritmo que estes recursos são consumidos é, portanto, extremamente elevado e, sendo estes finitos e ao mesmo tempo contribuem para o aquecimento global e para mudanças no clima do planeta, o seu uso tem um impacto profundamente negativo [8].

Como tal, esta dependência deve ser travada o quanto possível a fim de impedir que se atinja um “ponto de não retorno” ou seja, o limite do período de reversão dos efeitos dos gases de estufa. Medidas de prevenção já são tomadas há vários anos, tais como a criação de energias renováveis como a Solar, ou a Eólica, o Protocolo de Quioto, assinado em 1997, em que vários países se comprometem a reduzir emissões de gases poluentes, metas criadas pela União Europeia aos seus estados-membros e agora mais recentemente, o Acordo de Paris de 2015 com medidas, em termos ambientais, mais ambiciosas do que outro acordo determinado anteriormente porém, estas providências continuam a não ser suficientes. É imperativo que se tomem mais providências para ultimar este grande problema, como uma aposta mais forte em fontes de origem renovável e medidas de sustentabilidade mais rigorosas.

Assim sendo, nos dias que correm, a questão da eficiência energética é cada vez mais importante e praticada em todos os sectores que possuam consumos energéticos, nomeadamente no sector industrial, habitação e serviços públicos.

1.1 Objetivos da Dissertação

Na presente dissertação realizou-se a análise das condições atuais e o estudo da eficiência energética dos sistemas de iluminação pública em auto-estradas, em particular em três casos, sendo eles o nó de Nozelos, o nó de Custóias e o nó de Santo Tirso. Uma das principais finalidades é apresentar soluções que viabilizem sistemas de iluminação mais eficientes, com uma redução na fatura dos consumos dos municípios, jamais menosprezando a segurança dos utentes rodoviários. Assim sendo, estudou-se detalhadamente todos os investimentos realizados nos casos apresentados e o tempo que será necessário para liquidar os custos totais iniciais das instalações.

No estudo que foi efetuado foram contidos os seguinte objetivos:

- Recolha e análise dos sistemas de iluminação nos nós de Nozelos, de Custóias e de Santo Tirso;
- Estudo do tarifário utilizado nos nós e análise aos possíveis tarifários a aplicar com a finalidade de obter o melhor tarifário para os três casos;
- Definição da classe de iluminação dos nós de Nozelos, de Custóias e de Santo Tirso de acordo com a norma europeia EN 13201;
- Instalação de um sistema fotovoltaico no nó de Nozelos, com o objetivo de redução da fatura energética e da dependência energética;
- Substituição das luminárias de vapor de sódio de alta pressão por luminárias LED, no nó de Custóias;
- Substituição do sistema atual do nó de Santo Tirso com luminárias de vapor de sódio de alta pressão e tecnologia de regulação de fluxo, com luminárias LED;
- Apresentar as diligências que melhor se adequam a cada caso, através de uma análise económica e achar o período de retorno dos investimentos para cada um dos nós;

1.2 Estrutura da Dissertação

Para além da introdução, esta dissertação contém mais 8 capítulos.

No capítulo 2, é descrito o panorama energético, tanto a nível mundial, como nacional, o futuro da energia e também medidas de promoção à eficiência energética.

No capítulo 3, são abordados vários conceitos fundamentais de iluminação, que serão aplicados nesta dissertação, como grandezas luminotécnicas, tipos de lâmpadas e suas características, acessórios de iluminação e sistemas inteligentes de gestão.

O capítulo 4 retrata o sistema tarifário em Portugal, como é regulado e os tarifários existentes.

No capítulo 5 estão expostos os conceitos teóricos sobre um sistema fotovoltaico e os componentes necessários para o seu devido funcionamento.

Quanto ao capítulo 6, discutem-se as legislações existentes na iluminação pública, como a norma europeia EN 13201, os modos de instalação de um sistema de iluminação pública e a sua manutenção.

O capítulo 7 aborda o conceito de manutenção, os seus objetivos e processos e os diferentes tipos de manutenção existentes.

O casos de estudo encontram-se no capítulo 8, que onde são realizadas as análises técnicas (o projeto fotovoltaico no nó de Nozelos e a análise luminotécnica nos nós de Custóias e de Santo Tirso) e as respetivas rentabilidades.

Por fim, é no capítulo 9 que são retiradas as conclusões finais acerca dos casos de estudo e das soluções encontradas para cada um deles. Também são descritos alguns possíveis trabalhos posteriores em cada nó, a fim de atingir um maior nível de eficiência.

1.3 Ferramentas Utilizadas

No decorrer desta dissertação foram usadas as seguintes ferramentas:

- *Microsoft Excel* — para a construção de gráficos e cálculos;
- *AutoCad* — software para a visualização das plantas dos “nós” em estudo e para o desenho do sistema fotovoltaico, no nó de Nozelos;
- *DiaLux* — software utilizado para a obtenção das melhores soluções de luminárias para cada “nó”;
- *Sunny Design 3* — software utilizado para a implementação do sistema fotovoltaico no nó de Nozelos;

1.4 A Manvia

A Manvia é uma empresa portuguesa que inaugurou os seus serviços no ano de 1998 no ramo da manutenção, sendo que em 2000 associou-se ao grupo Mota-Engil, colocando-a numa nova posição no mercado da manutenção.

É de realçar que a Manvia foi a principal impulsionadora no ramo da manutenção, em Portugal, obtendo assim, uma elevada reputação não só a nível nacional, como também a nível internacional.

As atividades em que a Manvia se encontra integrada são variadas, preocupando-se com a gestão dos seus serviços (edifícios, transportes, iluminação pública, indústrias ou unidades de saúde), a eficiência energética no sentido de formular estratégias que protegem o ambiente e que visam o futuro e a otimização dos recursos (máximo rendimento) em prol do ambiente e da energia.

Como foi dito anteriormente, esta empresa também possui atividades fora do país e a aposta numa maior internacionalização é também um dos objetivos da Manvia. Com um aumento constante da reputação que foi ganhando ao longo dos anos, esta encontra-se em 14 países em África e na Europa, obtendo assim, um crescimento médio anual de 19%.

É então, possível afirmar que a Manvia é uma empresa inovadora, competente e proativa nas suas áreas de trabalho, desempenhando-as com elevado grau de competência.

Alguns dos parceiros da Manvia são a Ascendi, CTT – Correios de Portugal, a EDP, a FEUP (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto) ou a Parque Escolar, num total de mais de 650 colaboradores [9].

1.5 A Ascendi

A Ascendi é uma empresa que nasceu em 2007 (anteriormente chamada Aenor) em colaboração com os grupos Mota-Engil e Espírito Santo [10]. Trata-se de uma empresa direcionada tanto para a gestão e manutenção das infraestruturas rodoviárias, como também para o controlo de serviços de cobrança de portagens nas suas próprias concessões sendo elas:

- Concessão Norte;
- Concessão Costa de Prata;
- Concessão Beiras Litoral e e Alta;
- Concessão Grande Porto;
- Concessão Grande Lisboa;
- Subconcessão Douro Interior;
- Subconcessão Pinhal Interior;

Os objetivos a Ascendi são a otimização de a produtividade e da eficiência na construção, exploração e na manutenção das suas vias rodoviárias, nunca esquecendo a qualidade dos serviços prestados aos utentes rodoviários e os impactos sociais e ambientais em todas as suas operações [11].

Capítulo 2

Iluminação: Conceitos Gerais

Neste capítulo serão introduzidos alguns conceitos e grandezas fundamentais para melhor compreensão deste estudo e que serão falados ao longo desta dissertação [12].

2.1 Iluminação

A iluminação é um conceito cada vez mais importante em todo o tipo de instalações no sentido da procura de maior conforto e o bem-estar para a visão de todos os usufruidores. É assim, imperativo que se encontrem soluções que tenham boa comodidade e que, ao mesmo tempo, com a melhor qualidade e o menor custo possível.

2.2 Grandezas Luminotécnicas

2.2.1 Fluxo Luminoso

É a quantidade total de energia luminosa emitida em um segundo, por uma fonte de luz à tensão nominal (230V). Tem como unidade o lúmen (lm) e o seu símbolo é o ϕ . Um conceito mais técnico do fluxo luminoso é a radiação total da fonte luminosa entre os comprimentos de onda no espectro visível (380 nm e 780 nm). Esta grandeza tem grande importância na escolha de lâmpadas com diferentes características.

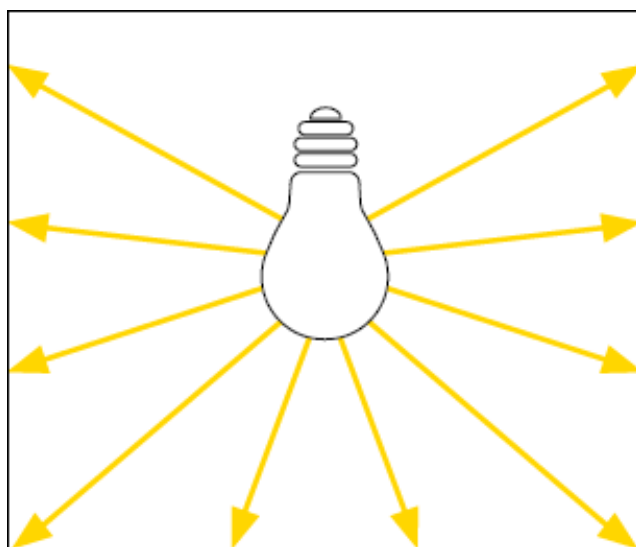


Figura 2.1: Fluxo Luminoso

2.2.2 Intensidade Luminosa

A intensidade luminosa de uma fonte de luz é designada pela concentração luminosa numa direção específica irradiada por segundo, tendo como unidade SI o candela (cd) e símbolo (I). Também é possível ser exprimida pelo fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto. Para uma melhor compreensão de intensidade luminosa, utiliza-se o conceito de curva de distribuição luminosa, em que se aborda um diagrama polar no qual se considera uma lâmpada ou luminária reduzida a um ponto no meio do diagrama onde a intensidade luminosa está representada por vetores em diversas direções.

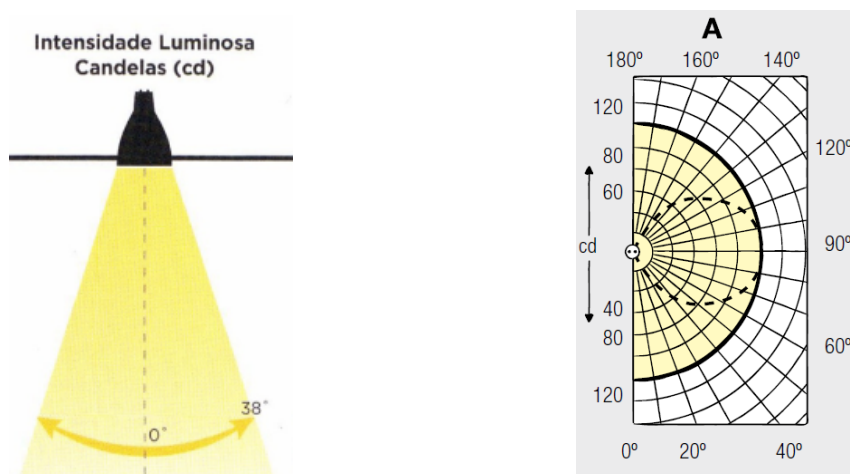


Figura 2.2: Intensidade luminosa e curva de distribuição de intensidade luminosa nos planos transversal (linha contínua) e longitudinal (tracejado)

2.2.3 Luminância

A luminância é a sensação de claridade que dá ao olho quando os raios de luz são refletidos por uma superfície. Por outras palavras, é a intensidade luminosa proveniente de uma superfície, pela sua superfície aparente, sendo que o seu símbolo é o (L) e a sua unidade SI é a candela por metro quadrado (cd/m^2). Existem luminâncias diferentes, uma vez que diferentes objetos não refletem a luz da mesma forma e como tal, utiliza-se o coeficiente de reflexão que estão catalogados com valores dependendo das cores e dos materiais utilizados.

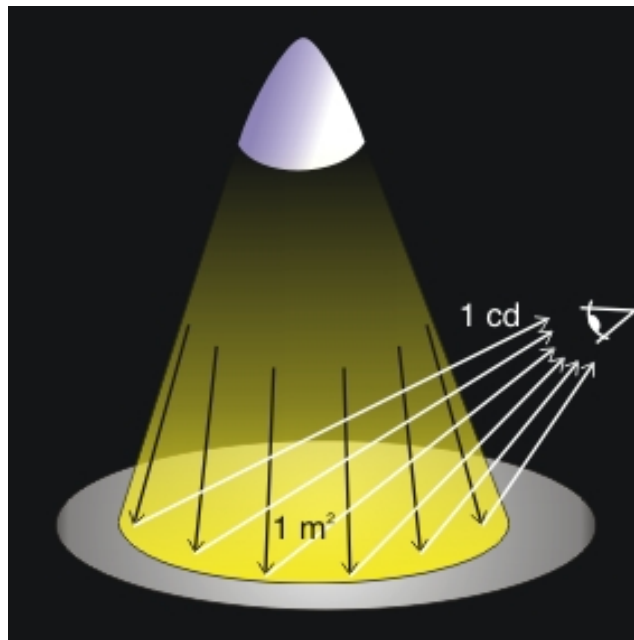


Figura 2.3: Luminância

2.2.4 Iluminância

A relação entre a luz irradiada por uma lâmpada e a superfície que ela incide é definida como iluminância (E) e a sua unidade SI é o lux (lm/m^2), ou seja, é o fluxo luminoso por unidade de área incidente. A luminância pode ser medida com um luxímetro através da quantidade de luz existente num determinado espaço ou ambiente.

Dado que o fluxo luminoso varia nos vários locais da mesma superfície, a iluminância também será variável e, como tal, entra em consideração a iluminância média (E_m). Algumas normas podem ser encontradas para especificar o valor mínimo de E_m , para diferentes ambientes que são especificamente estudados de acordo com a atividade exercida.

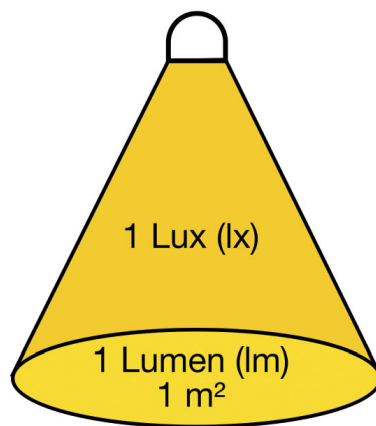


Figura 2.4: Iluminância

2.2.5 Encadeamento Perturbador

É uma medida que quantifica a perda de visibilidade produzido pelo encadeamento das luminárias da iluminação pública, já que esta grandeza apoia o condutor no seu trajeto ao refinar as condições do seu trajeto, também pode promover a um efeito negativo ao encadear o utente da via pública. O seu símbolo é (TI) proveniente da designação em inglês, *Threshold Increment*.



Figura 2.5: A ocorrência de encadeamento é possível ao olhar diretamente para a lâmpada

2.3 Características das Lâmpadas

No âmbito do estudo de eficiência energética em iluminação pública é de extrema relevância abordar as características que cada fonte luminosa apresenta para mais tarde, escolher as lâmpadas mais propícias à tarefa que vai desempenhar e que estão atualmente no mercado. Estas características são:

- Rendimento luminoso;;
- Temperatura da cor;
- Restituição de cor;
- Duração média de vida;

2.3.1 Rendimento luminoso

Também denominado por eficiência luminosa, é o quociente entre o fluxo luminoso difundido pela fonte e a potência elétrica absorvida e a sua unidade SI é o lúmen por watt (lm/W). O rendimento luminoso varia entre tipos de lâmpada sendo que esta se torna mais eficiente do que outra quando requer menos potência para fluxos luminosos iguais.

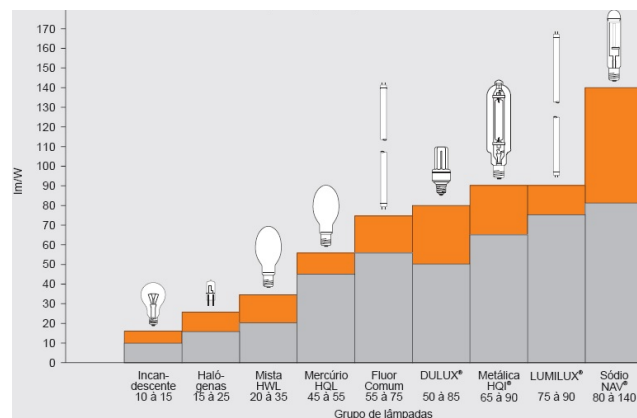


Figura 2.6: Tabela de rendimento luminoso para tipos de lâmpadas

2.3.2 Temperatura de cor

Visto que a avaliação visual da tonalidade da cor de diferentes lâmpadas se torna árduo, definiu-se assim, o conceito de Temperatura de cor para categorizar a luz e é exprimida em °K (graus Kelvin). Na prática, quanto maior for a temperatura de uma fonte luminosa, terá uma cor aparente mais “fria”, enquanto que se a temperatura dessa mesma fonte for menor, a sua aparência será de uma cor mais “quente”.

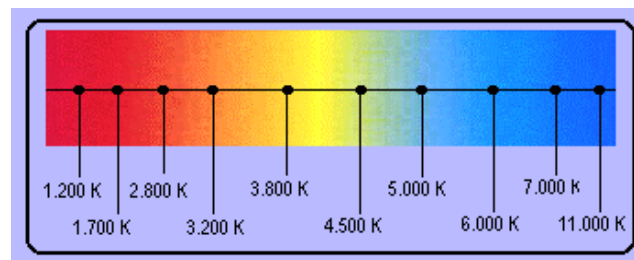


Tabela 2.1: Classificação da temperatura de cor

Temperatura de Cor (K)	Classificação	Sigla	Tonalidade de Cor Emitida
Inferior a 3300K	Quente	W	Branco quente
Entre 3300K e 5300K	Intermédia	I	Branco neutro
Superior a 5300K	Fria	C	Branco frio

2.3.3 Restituição de cor

Revela a capacidade que uma fonte luminosa possui para que cada objeto emita a sua cor verdadeira. O índice de restituição de cor, ou IRC é um valor de medida que avalia se os objetos restituem as cores com integridade e têm como comparação a luz solar. Este índice está compreendido entre 0 (mínima fidelidade) e 100 (máxima fidelidade). Quanto maior for o IRC, maior será o equilíbrio entre as cores. Ao invés, ou seja, quanto menor for o IRC, menor também será a relação entre a cor emitida pelo objeto e a padronizada.

Tabela 2.2: Classes do IRC

Classe	Classificação	Índice de Restituição de Cores (IRC)
1A	Excelente	$IRC \geq 90$
1B	Muito Boa	$80 \leq IRC < 90$
2	Boa	$60 \leq IRC < 80$
3	Pobre	$40 \leq IRC < 60$
4	Muito Pobre	$IRC < 40$

2.3.4 Duração média de vida

Trata-se do número de horas que metade um lote significativo de lâmpadas (50%) deixa de emitir fluxo luminoso. Este valor é indicado pelo fabricante e é dependente de diversos fatores como o tipo de lâmpada instalado, a quantidade de ocorrências que se liga e desliga, a temperatura ambiente ou a tensão de funcionamento.

2.3.5 Uniformidade

Na iluminação pública é imperativo que seja providenciada iluminação com qualidade, tanto nas superfícies das ruas, como nas superfícies das estradas com a intenção de que os obstáculos sejam identificados com a maior facilidade. É de extrema importância que as zonas iluminadas não apresentem áreas escuras, mas sim, uniformidade no local iluminado.

2.3.5.1 Uniformidade Geral (U_o)

É o quociente entre o valor da luminância mínimo presente na área em questão, e a luminância média.

$$U_o = \frac{L_{min}}{L_{med}} \quad (2.1)$$

2.3.5.2 Uniformidade Longitudinal (U_l)

É o quociente entre o valor mínimo e o valor mais elevado da luminância.

$$U_l = \frac{L_{min}}{L_{max}} \quad (2.2)$$

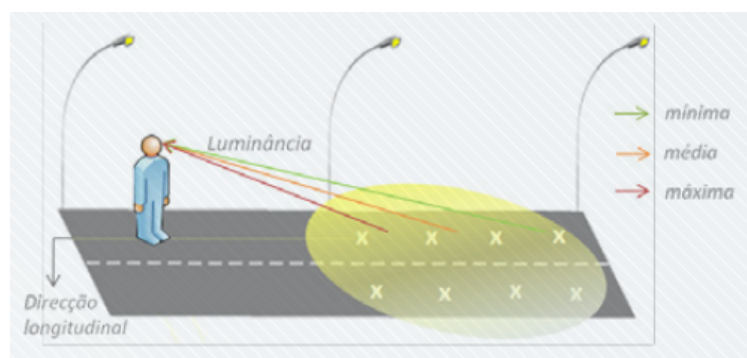


Figura 2.7: Uniformidade geral e longitudinal

De acordo com a figura 2.7, o número de pontos na direção longitudinal e o espaçamento entre eles tem de ser o mesmo que foi utilizado para realizar o cálculo da luminância média, sendo que o observador terá de estar alinhado com os pontos de cálculo.

2.4 Tipos de Lâmpadas

Existem vários tipos de lâmpadas no mercado, como tal, é necessário conhecer as características e a função de cada uma. É possível classificar as lâmpadas através das seguintes categorias:

- Lâmpadas Incandescentes;
- Lâmpadas de Descarga;
- Lâmpadas de Indução;
- LED's;

2.4.1 Lâmpadas Incandescentes

Este tipo de lâmpada opera transformando energia elétrica em energia térmica, o que faz com que haja iluminação. Nas lâmpadas incandescentes existem dois subtipos: as lâmpadas de filamentos e as lâmpadas de halogéneo.

O princípio de funcionamento das lâmpadas de filamentos consiste na colocação de um filamento de tungsténio na passagem do circuito elétrico que, ao introduzir corrente, o filamento aquece e irradia calor e luz. Apesar de não necessitarem de instrumentos auxiliares para garantir o seu funcionamento e de demonstrar um IRC favorável, de outro modo possuem uma duração de vida reduzido (100 horas) com um rendimento luminoso inferior a todas as lâmpadas (de 10 a 17 lm/W) e uma temperatura de cor de 2700.

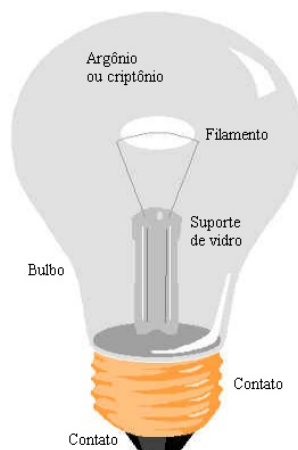


Figura 2.8: Lâmpada incandescente de filamento

No que diz respeito às lâmpadas incandescentes de halogéneo, também apresentam características de funcionamento similares às lâmpadas de filamento, uma vez que o tungsténio está envolvido num gás halogéneo (iodo, bromo). O filamento de tungsténio evapora-se ao agrupar com o gás e formando então, iodeto de tungsténio. Este composto, fica a circular dentro do bulbo devido a correntes de convecção e quando volta a aproximar-se do filamento, devido às altas temperaturas próximas deste, o iodeto recompõe-se e uma porção do tungsténio torna a depositar-se no filamento, encerrando o ciclo regenerativo. Em termos gerais tipo de lâmpada demonstra melhores propriedades em relação à lâmpada de filamento com melhor rendimento luminoso (25 lm/W) com vida útil superior (entre 2000 a 4000 horas) e são mais económicas, ao requerer menos potência de funcionamento para uma luminosidade maior.



Figura 2.9: Lâmpada de halogéneo

2.4.2 Lâmpadas de descarga

Neste tipo de lâmpada, a luz é gerada pela circulação de corrente através de um meio gasoso, que se encontra entre dois eléctrodos. Quando a tensão entre os eléctrodos é suficientemente elevada para exceder a rigidez dieléctrica do gás, dá-se origem a uma corrente eléctrica neste meio. As lâmpadas de descarga necessitam de dispositivos adicionais para garantir o seu funcionamento, como arrancadores, com a finalidade de criar uma sobretensão entre os eléctrodos para ionizar o gás e também de balastos que impedem eventuais curtos-circuitos ao limitar a corrente fornecida à lâmpada no seu arranque.

Devido à pressão do gás poder variar para cada lâmpada, estas dividem-se em dois grupos: as lâmpadas de descarga de alta pressão e as lâmpadas de descarga de baixa pressão.

No caso das lâmpadas de descarga a alta pressão, existem de vários tipos:

- Lâmpadas de luz mista;
- Lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão (VMAP);
- Lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos metálicos (VMIM);
- Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (VSAP);

Em relação às lâmpadas de descarga a baixa pressão, os seus tipos são:

- Lâmpadas fluorescentes (vapor de mercúrio de baixa pressão);
- Lâmpadas fluorescentes compactas;
- Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão (VSBP);

A lâmpadas de descarga são frequentemente utilizadas para a iluminação pública, nomeadamente as lâmpadas de vapor de mercúrio a alta pressão, as lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos e as lâmpadas de vapor de sódio, tanto a alta pressão, como a baixa pressão. Assim sendo, estes tipos de lâmpadas de descarga terão maior relevância para a realização deste estudo.

2.4.2.1 Lâmpadas de luz mista

A lâmpada de luz mista resulta de uma combinação de uma lâmpada de vapor de mercúrio e uma lâmpada incandescente. É composta por um tubo de arco de vapor de mercúrio e um filamento de tungsténio. O bulbo da lâmpada está ocupado por gás, com a parede interna coberta por fósforo com uma ligação em série entre o tubo de descarga e o filamento de tungsténio. O arranque da lâmpada é feito a partir do filamento e a difusão de fluxo luminoso pelo tubo de descarga. O filamento também é responsável por limitar a corrente no tubo não necessitando então, de balastros para auxiliar o seu funcionamento, dispõe de um IRC entre 61 e 63 e temperatura de cor que pode ir desde os 3400K até aos 3700K e com uma duração média de vida de 2000 horas, contudo, o seu rendimento luminoso está limitado até 26 lm/W, uma vez que é necessário para que a lâmpada disponha de maior duração média de vida.

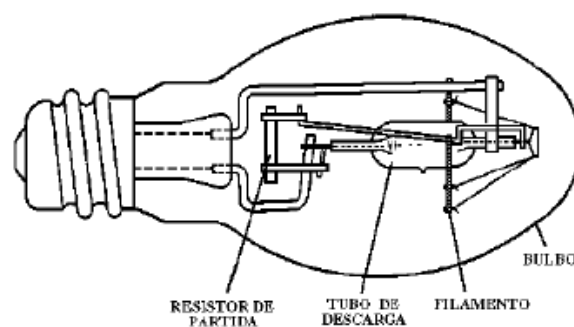


Figura 2.10: Lâmpada de luz mista

2.4.2.2 Lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão

Uma lâmpada deste tipo produz luz a partir da circulação de corrente elétrica por meio de vapor de mercúrio. A maior parte das lâmpadas de vapor de mercúrio são fabricadas com um invólucro interior, sendo este o tubo de descarga, e o externo que tem a função de proteger o tubo de descarga do exterior e das variações de temperatura subsequentes. No interior do tubo de descarga está contido vapor de mercúrio, árgon e quatro elétrodos, dos quais dois são principais, e os restantes dois são auxiliares. Metade da potência consumida deste tipo de lâmpada equivale a perdas, porém os restantes 50% são convertidos em radiação sendo que 15% correspondem a radiação visível. Existem alguns modelos que contêm um pó fluorescente na superfície interna do invólucro exterior com a finalidade de converter radiação ultravioleta produzida pela lâmpada, para luz visível, melhorando tanto a cor da luz aparente difundida, como o seu rendimento luminoso e ao IRC, mas não de uma forma significativa [13].

Tabela 2.3: Características das lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão

Características das lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão	
Rendimento Luminoso	De 36lm/W a 60lm/W
Temperatura de Cor	De 3000°K a 4200°K
Índice de Restituição de Cor	Aproximadamente 50
Duração de Vida Média	10000h
Tempo de Arranque	Aproximadamente 4 minutos
Luminância	De 4 cd/cm^2 a 15 cd/cm^2
Equipamento Auxiliar	Balastro e condensador
Posição de Funcionamento	Qualquer

Tabela 2.4: Outras características das lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão [6]

Potência da Lâmpada (W)	Casquilho	Tensão da Lâmpada (V)	Corrente da Lâmpada (A)	Tensão de Extinção (V)	Fluxo Luminoso (lm)	Tempo de Arranque (min)
125	E27	125	1,15	180	5300	4
125	E40				135	
250		140	20000			
400		145	5,40		37500	
700			7,50		53000	
1000						

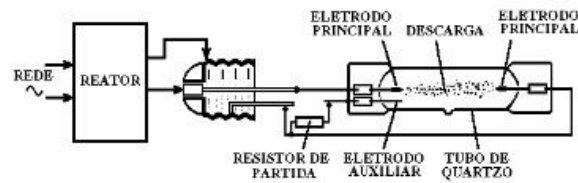


Figura 2.11: Diagrama de uma lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão

2.4.2.3 Lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos

Com semelhanças às lâmpadas de mercúrio de alta pressão, salvo o material que se encontra no tubo de descarga onde, para além do mercúrio, adiciona-se uma mistura de iodetos de sódio, tálio e índio. O resultado representa uma emissão de luz com restituição de cor satisfatória.

Este tipo de lâmpada é adequado aquando da necessidade de iluminar um espaço que requer um elevado índice de restituição de cores, ao contrário tanto das lâmpadas de vapor de sódio, como das lâmpadas de vapor de mercúrio. Devido ao seu elevado custo, as lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos são empregadas quase exclusivamente em situações de iluminação exterior de projeção, como por exemplo complexos desportivos ou estádios, onde são necessários níveis elevados de restituição de cores.

Em conclusão, apresentam uma vasta gama de temperaturas de cor, um rendimento luminoso extraordinário, tal como o seu IRC, com o inconveniente de poder tornar-se num investimento elevado.

Tabela 2.5: Características das lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos [7] [3]

Características das lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos	
Rendimento Luminoso	De 65lm/W a 100lm/W
Temperatura de Cor	De 3000°K a 6000°K
Índice de Restituição de Cor	De 60 a 95
Duração de Vida Média	De 3000h a 9000h
Tempo de Arranque	Aproximadamente 4 minutos
Luminância	De 100 cd/cm^2 a 6000 cd/cm^2
Equipamento Auxiliar	Ignitor, balastro e condensador / balastro eletrónico
Posição de Funcionamento	Pode haver restrições



Figura 2.12: Lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos

2.4.2.4 Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão

São similares às lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão, mas com a vantagem de maior emissão de radiação visível por parte das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão. Têm como composição dois elétrodos colocados num tubo de descarga cerâmico, em cada extremidade. O tubo de descarga comporta sódio em excesso para quando este evaporar, o meio ficar saturado. Também existe mercúrio em abundância para efeitos de proteção e xénon em baixa pressão sendo este o gás que auxilia no arranque.

Tal como a lâmpada a vapor de mercúrio, este tipo de lâmpada também transforma metade da sua potência consumida em radiação, contudo emite maior percentagem de radiação visível (30% em comparação com os 15% das lâmpadas a vapor de mercúrio).

Ainda oferece uma boa restituição de cores com consumo reduzido, manifesta um elevado rendimento luminoso, longa duração de vida média e tempo de vida útil e, como tal, o seu preço é mais elevado que as lâmpadas de vapor de mercúrio.

Tabela 2.6: Características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão [7]

Características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão	
Rendimento Luminoso	De 65lm/W a 130lm/W
Temperatura de Cor	De 1900°K a 2500°K
Índice de Restituição de Cor	De 25 a 80
Duração de Vida Média	De 8000h a 12000h
Tempo de Arranque	Aproximadamente 5 minutos
Luminância	De 25 cd/cm^2 a 500 cd/cm^2
Equipamento Auxiliar	Ignitor, balastro e condensador
Posição de Funcionamento	Qualquer

Tabela 2.7: Outras características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão [6]

Potência da Lâmpada (W)	Casquilho	Tensão da Lâmpada (V)	Corrente da Lâmpada (A)	Tensão de Extinção (V)	Fluxo Luminoso (lm)	Tempo de Arranque (min)
250	E40	100	3,0	4,2	25000	4
400		105	4,4	6,3	47000	

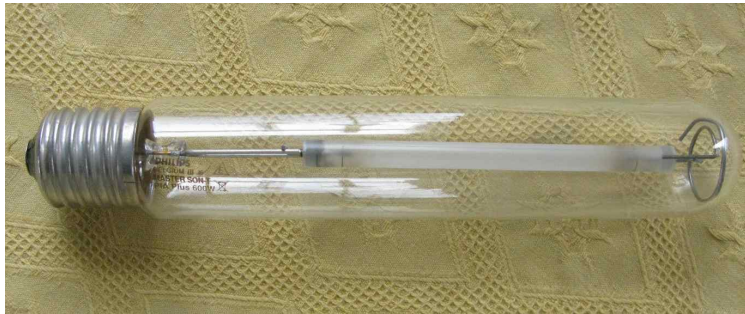


Figura 2.13: Exemplo de uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão

2.4.2.5 Lâmpadas Fluorescentes (vapor de mercúrio de baixa pressão)

São assim designadas pois são lâmpadas de mercúrio de baixa pressão com dois elétrodos colocados em cada extremidade e no tubo de descarga existe material fluorescente que converte radiação ultravioleta produzida pela lâmpada para luz visível. Além disso, esta substância fluorescente determina as características cromáticas como a reprodução de cores ou a temperatura de cor a partir da sua quantidade e espessura.

Como estas lâmpadas trabalham à base de vapor de mercúrio, torna a condução elétrica mais custosa e deste modo, é necessário aplicar uma tensão superior nos seus terminais ao mesmo tempo que as extremidades estão a ser aquecidas.

Tabela 2.8: Características das lâmpadas fluorescentes

Características das lâmpadas fluorescentes	
Rendimento Luminoso	Até 100lm/W
Temperatura de Cor	De 2700°K a 6000°K
Índice de Restituição de Cor	De 85 a 95
Duração de Vida Média	De 7500h a 24000h
Tempo de Arranque	Aproximadamente 5 minutos
Luminância	De 25 cd/cm^2 a 500 cd/cm^2
Equipamento Auxiliar	Ignitor e balastro
Posição de Funcionamento	Qualquer



Figura 2.14: Tipos de lâmpadas fluorescentes (tubulares)

2.4.2.6 Lâmpadas Fluorescentes Compactas

A lâmpadas fluorescentes compactas, fabricadas para a substituição de lâmpadas incandescentes, proporcionam um elevado desempenho, poupança de energia e uma luz de longa duração. Apresentam um rendimento luminoso entre 40 e 60 lm/W, o quadruplo das lâmpadas incandescentes, a sua duração de vida média pode chegar às 10000 horas e uma temperatura de cor que pode variar entre os 2700°K e os 5400°K. O seu tempo de arranque é praticamente instantâneo.

Estas são umas das lâmpadas mais vendidas no mercado. Inicialmente o investimento nestas lâmpadas é extremamente superior relativamente às lâmpadas incandescentes, porém terá retorno garantido deste custo, através da poupança de energia já que utilizam cerca de 75% menos energia. São mais económicas e eficientes em áreas em que as luzes estão ligadas durante longos períodos de tempo.



Figura 2.15: Lâmpada fluorescente compacta

2.4.2.7 Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão

São idênticas às lâmpadas fluorescentes, porém não utilizam vapor de mercúrio no seu interior mas sim o vapor de sódio. O seu tubo de descarga é em forma de U com o objetivo de refletir a radiação infravermelha para atingir temperaturas elevadas e de forma a vaporizar o sódio. Ainda dentro do tubo de descarga existe outro gás que tem a finalidade de garantir o arranque da lâmpada. Este arranque também requer uma tensão elevada e um tempo prolongado para atingir um rendimento máximo.

Outro aspeto em que estas lâmpadas divergem das de vapor de mercúrio é o tipo de luz que emite, uma vez que ao não produzir radiação ultravioleta, não necessita de materiais fluorescentes para a converter em radiação visível, emitindo-a então, diretamente.

Provavelmente a característica mais interessante desta lâmpada será o seu elevado rendimento luminoso, com longa duração de vida média, constituindo uma fonte de luz económica e eficiente. Já a sua grande desvantagem será o seu IRC que é praticamente nulo.

No auxílio ao arranque da lâmpada utiliza-se um transformador como mecanismo de acionamento e equilíbrio da descarga, ou até um balastro e um sistema de ignição.

Tabela 2.9: Características das lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão [7]

Características das lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa pressão	
Rendimento Luminoso	De 98lm/W a 200lm/W
Temperatura de Cor	Aproximadamente 1700°K
Índice de Restituição de Cor	0
Duração de Vida Média	12000h
Tempo de Arranque	Aproximadamente 10 minutos
Luminância	6 cd/cm ²
Equipamento Auxiliar	Ignitor e balastro
Posição de Funcionamento	Qualquer

Tabela 2.10: Outras características das lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão [6]

Potência da Lâmpada (W)	Casquilho	Tensão da Lâmpada (V)	Corrente da Lâmpada (A)	Tensão de Arranque (V)	Fluxo Luminoso (lm)	Luminância Média (cd/m²)	Tempo de Arranque (min)
35	B-22	70	0,60	390	4800	10	7
55		105	0,59	410	8000		7
90		115	0,94	420	13500		9
135		160	0,95	575	22500		10
180		245	0,91	575	33000		12

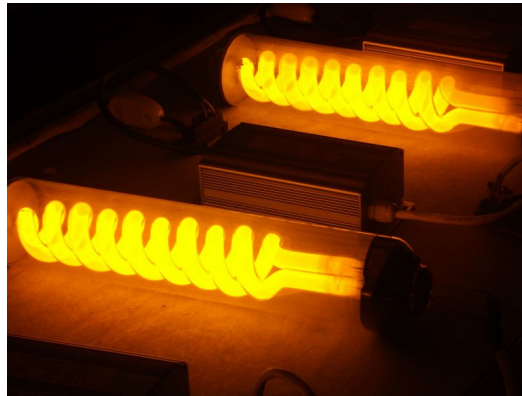


Figura 2.16: Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão

2.4.3 Lâmpadas de Indução

A tecnologia que sustenta este tipo de lâmpadas já não é recente e o seu funcionamento está relacionado com as lâmpadas de indução exceto, não contém elétrodo. Sem estes elétrodo, a lâmpada utiliza os princípios fundamentais da indução eletromagnética e da descarga em gás para criar luz. O seu funcionamento começa pela indução do campo magnético da lâmpada a partir de uma bobina de indução a alta frequência, que vai provocar uma descarga e corrente elétrica. Ao acelerarem, os eletrões livres colidem com os átomos do gás que se encontra na lâmpada, excitando-os. Esta excitação coloca os eletrões num nível energético inferior, ou seja, mais estável e, neste processo, emitem radiação ultravioleta. Esta radiação é convertida para luz visível por intermédio de uma superfície de fósforo contida no interior do tubo.

As lâmpadas de indução têm um rendimento luminoso de 80 lm/W, temperatura de cores que pode ir dos 2700°K até aos 6500°K, um IRC de 82 e uma duração de vida média de 60000 horas. Apresentam extrema fiabilidade e um tempo de arranque praticamente instantâneo, apesar do seu elevado custo de aquisição.



Figura 2.17: Lâmpada de indução

2.4.4 LED's

As lâmpadas LED, sigla para a sua designação (*Light Emitting Diode*), em português, díodo emissor de luz, são cada vez mais utilizadas devido à sua robustez, baixo consumo de energia e longa duração de vida média. Como diz o seu nome, o seu funcionamento reside num díodo semicondutor que quando sobreaquece resultante de uma corrente elétrica, gera radiação visível. O material do semicondutor dita o tipo de luz que o dispositivo irradia e é possível gerar luz branca através de duas formas. A primeira é feita a partir da combinação de LED's monocromáticos e a segunda forma resulta também de uma combinação de fósforo excitado por uma emissão de radiação azul ou ultravioleta [14].

As LED's dispõem de características que outras fontes de luz não são capazes de alcançar e elas são:

- Apresentam alta eficiência energética (cerca de 50 lm/W) e baixo consumo por comparação com as lâmpadas de incandescência;
- Baixa manutenção devido ao seu longo tempo de vida útil;
- Resistência a impactos e vibrações (dispositivo com todo o seu material no estado sólido);
- Maior segurança na sua operação, que é em baixa tensão (inferior a 33V);
- Não emanam radiação infravermelha (feixe luminoso é frio), nem radiação ultravioleta (ideal para locais onde este tipo de luz não pode ser aplicada);



Figura 2.18: Lâmpada LED

Como qualquer outro dispositivo, também conta com desvantagens:

- Carece de uma fonte de alimentação ou um meio de interação (“driver” ou transformador) a fim de transformar as propriedades da alimentação para as necessidades de funcionamento do LED;
- Requer dispositivos de dissipação de calor, no caso dos LED’s de alta potência (quanto menor for a fração de luz irradiada, maior será a temperatura);
- Inconveniência do IRC (Índice de Restituição de Cor);
- Elevado custo na compra do dispositivo (a aplicação do LED não é benéfico para todas as circunstâncias);

Tabela 2.11: Características das lâmpadas LED [1]

Características das lâmpadas LED	
Rendimento Luminoso	De 36lm/W a 140lm/W
Temperatura de Cor	De 3000°K a 6000°k
Índice de Restituição de Cor	Superior a 70
Duração de Vida Média	De 30000h a 60000h
Tempo de Arranque	Instantâneo
Luminância	-
Equipamento Auxiliar	Fonte de alimentação DC
Posição de Funcionamento	Qualquer

2.4.5 Balanço do rendimento luminoso das lâmpadas

É de extrema relevância realizar uma análise da eficiência energética de cada lâmpada e um método conveniente de o fazer é através do rendimento luminoso e os IRC's de cada uma.

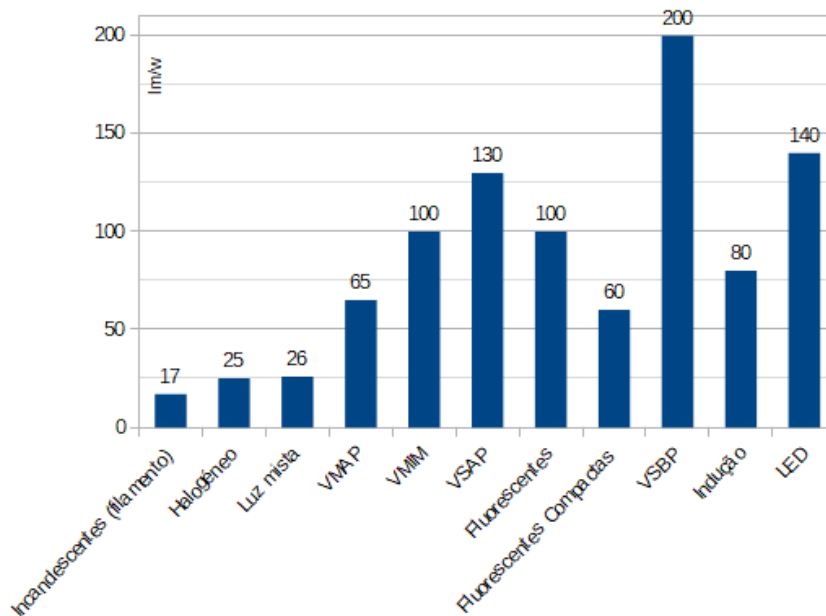


Figura 2.19: Gráfico comparativo dos rendimentos luminosos das várias lâmpadas [1]

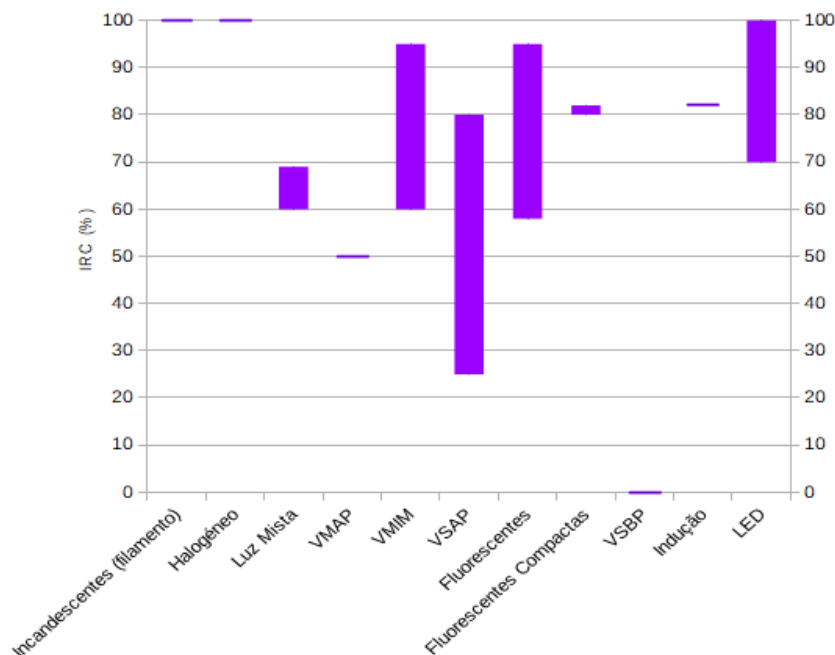


Figura 2.20: Gráfico das extensões dos Índices de Restituição de Cor (IRC) das várias lâmpadas [2] [1] [3]

É possível verificar nas figuras 2.18 e 2.19 que existem desequilíbrios entre as várias lâmpadas, em relação ao seu rendimento luminoso e aos seus IRC's.

Apesar da sua restituição de cor ser ótima, percebe-se que as lâmpadas incandescentes (filamento e halogéneo) não são uma opção viável, seja para qualquer aplicação.

As lâmpadas de luz mista também são desprezadas, pois possuem fraco rendimento luminoso, com IRC limitado e a sua aplicação não está relacionada com a iluminação de vias rápidas.

Quanto às lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão, estas são rejeitadas devido ao seu rendimento luminoso, que não é suficientemente alto, tal como o seu IRC.

Era possível colocar as lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos metálicos se não fosse o seu custo excessivo e, como tal, têm utilidade limitada.

Também se conclui que as lâmpadas de sódio de baixa pressão não podem ser utilizadas neste estudo, em consequência da sua restituição de cor praticamente nula e por este tipo de lâmpadas ser praticamente inexistente.

Uma vez que este estudo remete para iluminação pública, em particular, auto-estradas, a escolha dos tipos de lâmpadas que são mais prováveis para instalar serão lâmpadas de vapor de sódio a alta pressão e LED's. O elevado rendimento luminoso das LED é propício para a tarefa de iluminar uma via rápida, assim como as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão que é inferior apenas em 10 lm/W. No que toca à restituição de cores, as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão detêm uma vasta gama de IRC's, mas ainda atinge uma boa classificação neste índice, já as LED consegue alcançar níveis excelentes de IRC, o que tornam estas lâmpadas um sério candidato à utilização em iluminação pública. Estes dois tipos lâmpadas são ainda vantajosos no aspeto da manutenção, pois têm longos períodos de vida média.

2.4.6 Classes de eficiência energética das lâmpadas

Como sabemos, o impacto energético da iluminação é considerável. Como tal, a União Europeia criou a etiqueta energética, que tem a finalidade fornecer ao consumidor todas as informações precisas, reconhecíveis e comparáveis no que toca ao consumo de energia. A Etiqueta Energética permite obter informação acerca do nível de eficiência energética de cada lâmpada, assim como o seu consumo de energia.

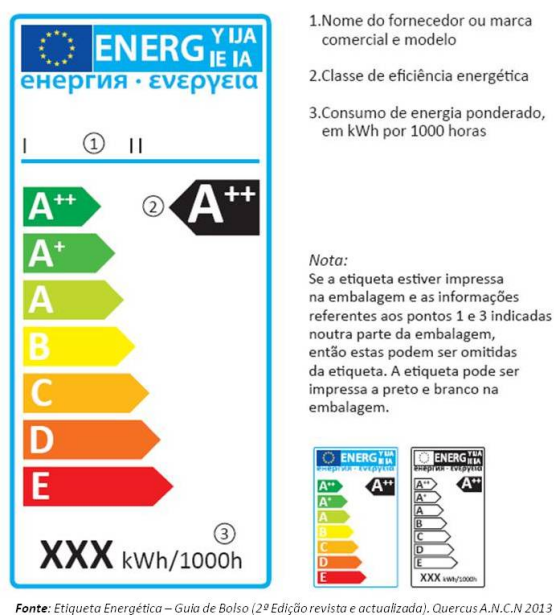


Figura 2.21: Etiqueta da eficiência energética nas lâmpadas

Nestas etiquetas, indica-se o seguinte:

1. Nome do fornecedor ou marca comercial e modelo;
2. Classe de eficiência energética;
3. Consumo de energia ponderado, em kWh por 1000 horas;

Na tabela 2.12 podemos analisar a classe energética de todo o tipo de lâmpadas.

Tabela 2.12: Classes de eficiência das lâmpadas

Tipo de Lâmpada	Classe de Eficiência
Incandescentes (filamento)	E
Halogéneo	C/D
Luz mista	B
Iodetos metálicos	A
Vapor de sódio de alta pressão	A
Fluorescentes	A++/ A+/A
Fluorescentes compactas	A++/ A+/A
Vapor de sódio de baixa pressão	A+
LED	A++/ A+/A

2.5 Luminárias

Uma luminária ou armadura tem como papel controlar a disposição da luz que é emitida pelas lâmpadas e inclui os elementos para a fixação, proteção e alimentação (balastros, refletores, arrancadores, difusores, etc.) das lâmpadas. Além do mais, assegura conforto visual ao dirigir o fluxo luminoso com eficiência, atende às especificações técnicas (elétricas e mecânicas) a fim de assegurar um bom desempenho, protege as lâmpadas e os dispositivos elétricos das agressões exteriores, tais como condições atmosféricas adversas e viabiliza a dissipação de calor.



Figura 2.22: Luminárias para iluminação de auto-estrada

Uma luminária é constituída por um sistema ótico, corpo ou carcaça e pelo suporte de equipamento.

O sistema ótico é o responsável pelo controlo e distribuição do fluxo luminoso proveniente da fonte de luz e contém os seguintes componentes: refletores (dirigem a luz para a orientação desejada com a maior percentagem da luz emitida a incidir no local a iluminar), difusores (possuem elevada transmitância com a função de modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso a fim de melhorar o conforto visual) e refratores (fabricados em vidro ou em material plástico, têm o papel de refratar e direcionar o fluxo luminoso e com elevada resistência contra choques mecânicos e térmicos).

A carcaça ou corpo da armadura tanto pode ser simples ou composto por vários elementos e a sua disposição está diretamente relacionada com o tipo e a potência das lâmpadas, a estética, as condições de funcionamento com a intenção de proteger devidamente as luminárias e outros dispositivos adicionais, de substituir a fonte luminosa com facilidade e de garantir resistência à corrosão, vibrações e a choques mecânicos.

O suporte deve certificar-se da posição correta da fonte de luz e verificar um contacto elétrico válido (em caso de eventuais vibrações) para as variadas condições de funcionamento.

Como foi dito anteriormente, distribuição da luz gerada pela luminária é fundamental para o seu funcionamento:

- **Direta:** mais de 90% da luz é difundida para baixo;
- **Indireta:** mais de 90% da luz é difundida para cima;
- **Semi-direta:** a luz é maioritariamente distribuída para baixo (60% a 90%), sendo que a restante porção distribui-se para cima;
- **Difusa:** a luz é distribuída em proporções semelhantes, tanto para cima, como para baixo;
- **Destaque:** a luz está focada numa direção específica, com abertura ajustada à sua funcionalidade;

O índice de proteção de uma luminária (IP) revela o nível de proteção que esta possui em relação a perturbações exteriores e a sua escolha deverá recair consoante as condições do local a implementá-la. Em cada equipamento está inserida esta sigla seguida de dois dígitos, sendo que o primeiro algarismo define a dimensão máxima de um corpo que pode penetrar na caixa e o segundo algarismo define o desempenho em relação a líquidos. Ainda existe uma letra opcional que pode ser colocada neste índice que indica a eficácia do invólucro em proteger as pessoas face ao acesso a partes perigosas.

2.6 Balastros

O balastro é um dispositivo que é introduzido entre a lâmpada de descarga e a rede de alimentação e tem como papel limitar a corrente para valores adequados ao funcionamento regular da lâmpada. Também poderá oferecer outras finalidades, tais como:

- Aperfeiçoar o arranque a frio da lâmpada;
- Retificar o fator de potência;
- Transformar a tensão de alimentação;
- Regular o fluxo luminoso da lâmpada (*dimming*);

Este equipamento pode ser de dois tipos: os balastros eletromagnéticos ou os balastros eletrônicos.

2.6.1 Balastros Eletromagnéticos

Os balastros eletromagnéticos são compostos por um elevado número de espiras de cobre à volta de um núcleo ferromagnético laminado. Existe um consumo adicional na utilização deste tipo de balastro entre 5% e 25% (dependendo das dimensões e construção do circuito elétrico e magnético do balastro) da potência de entrada de lâmpada devido às perdas Joule oriundas do enrolamento de cobre e às perdas magnéticas por correntes de Foucault e histerese. Este dispositivo gera calor devido à resistência óhmica e às perdas magnéticas e, como tal, possui um máximo de temperatura que não pode exceder e esse valor encontra-se gravado no balastro.

Assim sendo os balastros eletromagnéticos dispõem de três tipos de classes: B (baixas perdas), C (standard) e D (altas perdas).

Várias medidas foram tomadas de modo a reduzir o consumo quando o Protocolo de Quioto foi assinado e uma dessas medidas, tomada pela União Europeia, foi a gradual abolição dos balastro eletromagnéticos de menor eficiência, que foram trocados por balastros de maior eficiência. Os balastros de classe D foram expressamente proibidos de serem utilizados em 2002, tendo igual destino os de classe C, em 2005.



Figura 2.23: Balastro Eletromagnético

2.6.2 Balastros Eletrônicos

Os balastros eletrônicos são conversores de eletrônica de potência AC-DC-AC com o papel de conservar a tensão e corrente nominais em regime nominal de funcionamento, limitar a corrente de descarga ao delinear uma tensão de arranque apropriada para o funcionamento adequando da lâmpada, assegurar um elevado fator de potência, ou seja, perto de 1, garantir a proteção do circuito e também de limitar a interferência eletromagnética e distorção harmônica.

A frequência deste tipo de balastro pode variar entre os 50Hz e 500Hz (baixa frequência) ou entre os 20kHz e 60kHz (alta frequência). A utilização de balastros eletrônicos de alta frequência é mais habitual do que os de baixa frequência já que possibilita a eliminação do efeito estroboscópico e o efeito de cintilação e também aumenta o tempo de vida das lâmpadas e o seu rendimento (cerca de 10

Tais como os tipos de balastros eletromagnéticos, os balastros eletrônicos também se classificam de acordo com o seu grau de eficiência: A1 (balastros eletrônicos *dimmable*, ou seja, com regulação), A2 (balastros eletrônicos com baixas perdas) e A3 (balastros eletrônicos standard).



Figura 2.24: Balastro Eletrônico

Os balastros eletrônicos dispõem de inúmeras vantagens em relação aos balastros eletromagnéticos, tais como:

- Maior tempo de vida da lâmpada ao efetuar arranques mais suaves;
- Elevada poupança de energia quando comparadas com os balastros eletromagnéticos (poupança entre 20% e 30%) e aumentam o rendimento da lâmpada em cerca de 10%;
- Reduzem a distorção harmônica e fator de potência superior (próximo de 1);
- Preservação da cor e do fluxo luminoso, reduzindo o efeito estroboscópico;
- Fixação da potência na lâmpada, mesmo com variações de tensão na rede;

- Dimensões e peso reduzidos;
- Desempenho silencioso, uma vez que a sua frequência excede a faixa de audição humana;
- Inclusão de sistemas de proteção;
- Multi-operacionalidade superior, pois é possível funcionar com mais de quatro lâmpadas em simultâneo, enquanto que os balastros eletromagnéticos não permitem esta operação em mais de duas lâmpadas;

2.7 Drivers de LED

Todo o circuito controlador do LED é denominado por Driver de LED e tem o encargo de converter a tensão alternada da rede, em tensão contínua e alimentar todos os componentes eletrônicos da luminária e controlar a corrente fornecida ao LED. Alguns drivers são ainda capazes de controlar as comunicações e de serem introduzidas competências de inteligência artificial.



Figura 2.25: Driver de LED

A figura 2.25 representa um esquema básico de um driver de LED. À entrada existe um conversor AC/DC que converte a tensão sinusoidal da rede em tensão contínua com logo de seguida um conversor DC/DC que fornece a corrente adequada para o funcionamento do LED.

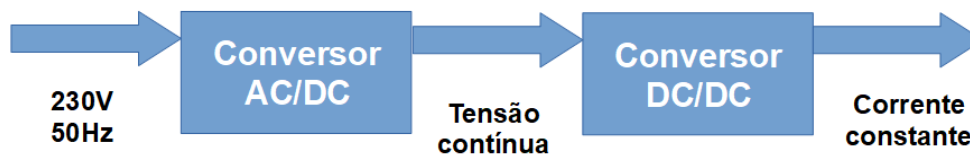


Figura 2.26: Esquema de um driver de LED

Existem dois modelos de drivers de LED:

- **Tensão constante:** implementados em LED's que requerem uma tensão de saída fixa com uma corrente de saída máxima;
- **Corrente constante:** implementados em LED's que requerem uma corrente de saída fixa e de uma série de tensões de saída;

O rendimento dos drivers de LED variam consoante o seu modelo, sendo que os de baixa potência de corrente constante são os de menor qualidade (desde os 75%) e os de melhor rendimento são os drivers de tensão constante (podem atingir os 95%). O rendimento médio dos drivers situa-se entre os 80% e os 90%, sendo que grande porção das suas perdas advêm dos semicondutores de potência.

Qualquer driver de LED que seja utilizado para IP, terá de dispor de um tempo de vida de pelo menos 50000 a 65000 horas para se adequar ao tempo de vida atual do LED.

O tempo de vida do driver está diretamente relacionado com a temperatura máxima de funcionamento, uma vez que, se a temperatura máxima de funcionamento for mais elevada, o tempo de vida do driver será menor. Dado que o desempenho dos semicondutores de potência têm vindo a melhorar, já existem drivers mais eficientes e com menores perdas, portanto mais fiáveis em virtude da sua menor temperatura de funcionamento.

2.8 Sistemas de Controlo e Gestão

Estes sistemas controlam e regulam, de forma automática, os sistemas de iluminação em resposta a manifestações externas. Deste modo, as instalações IP são otimizadas e permitem economizar elevadas quantidades de energia, sem qualquer agravamento das condições de visibilidade e de conforto para os utilizadores, no local de implementação.

Na IP é fundamental saber com regularidade se os níveis de iluminação ambiental são, ou não, insuficientes para iluminar o local em questão. As condições atmosféricas influenciam a iluminação como por exemplo, dias de nevoeiro ou chuva intensa, e como tal, a introdução de temporizadores não é suficiente. Como tal, é imperativa a análise de soluções mais eficientes deste tipo de sistemas.

Existem quatro tipos de soluções para integrar numa rede de IP:

- Relógio Astronómico;
- Tecnologias de Regulação de Fluxo;
- Sistemas de Telegestão;
- Solução de Telegestão Integrada na Arquitetura Inovgrid;

2.8.1 Relógio Astronómico

O relógio astronómico é um sistema que utiliza um comando on-off com um horário de funcionamento que está sobreposto às variações das estações do ano, ou seja, do ciclo solar anual.

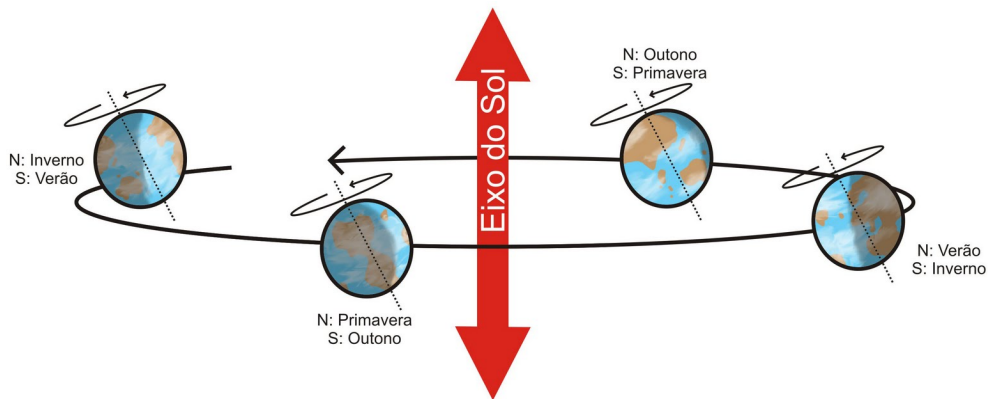


Figura 2.27: Variação da exposição solar com as diferentes estações do ano

O grande benefício na sua utilização quando comparado a um sistema interruptor horário é o seu ajustamento no controlo da rede 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.

Área	Período Sazonal	Horário de Funcionamento (horas)														
		17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
Hemisfério Norte	Primavera															
	Verão															
	Outono															
	Inverno															

Figura 2.28: Período de funcionamento de uma rede IP no hemisfério norte com relógio astronómico

O relógio astronómico possui as seguintes características:

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

O relógio astronómico é um sistema que pode operar isolado na rede IP, ou servir de auxílio a reguladores de fluxo e/ou sistemas de telegestão.



Figura 2.29: Relógio astronómico

2.8.2 Tecnologias de Regulação de Fluxo

É possível implementar a regulação de fluxo a partir de duas formas:

- Reguladores de fluxo de cabeceira;
- Balastros eletrónicos reguláveis;

Tanto um como outro sistema podem ser aplicados a um sistema de telegestão e são controlados através de variação por frequência ou de regulação por tensão ou por corrente.

2.8.2.1 Reguladores de fluxo de cabeceira

A função dos reguladores de fluxo é controlar o arranque e estabilização da rede IP e de reduzir o consumo da potência instalada dessa mesma rede. O seu ciclo é estabelecido por intermédio de uma ordem local (relógio astronómico) ou remota (sistema de telegestão) que aumenta a tensão de uma forma progressiva até alcançar um valor nominal de funcionamento.

Numa altura em que deixa de ser necessário, a tensão de alimentação das lâmpadas reduz com o apoio do regulador. Todas as transições efetuadas têm de ser impercetíveis aos utilizadores e , como tal, são realizadas gradualmente.



Figura 2.30: Funcionamento de um regulador de fluxo durante um período noturno

Ao ser empregada uma tensão inferior, que está a verde, à tensão de funcionamento nominal, que está a vermelho, a potência absorvida pela rede IP será menor, sendo que a programação dos reguladores de fluxo são criados de acordo com o local que a iluminação é instalada e também com o período do ano.

É possível efetuar a regulação em praticamente todas as lâmpadas de descarga aplicadas na IP ao variar a tensão de alimentação, sem prejudicar as suas propriedades. Ainda assim existe um nível de tensão mínimo que garanta o seu funcionamento correto. No caso das lâmpadas de vapor de sódio e de iodetos metálicos esta tensão é de 183V.

O controlo da tensão é a forma mais utilizada nos sistemas de regulação de fluxo, já que em circuitos com vários tipos de lâmpadas e também com diferentes horas de serviço, essa regulação poderá ser diferente. Além do mais, a instalação de reguladores de fluxo torna-se economicamente inviável em PT's que controlem menos do que 50 luminárias.

A extensão da rede IP é um fator muito importante. Com a regulação a ser realizada à cabeceira e não pontualmente, a diferença de potencial no início e no fim da linha pode ser bastante distinta. Assim sendo somente as lâmpadas com tensão mínima admissível aos seus terminais estarão ligadas, sendo que as restantes irão desligar-se. Na ocorrência de falha de rede, algumas lâmpadas não terão um valor de tensão se ignição que seja suficiente para reacenderem.

Finalmente, a regulação deste tipo de aparelho são efetuadas a partir de dispositivos de eletrónica de potência e, como tal, os custos de substituição de lâmpadas diminuirão pelo seu aumento do tempo de vida, porém os custos de manutenção dos equipamentos eletrónicos aumentarão.

Os reguladores de fluxo, estabilizam também o nível de tensão entre 1% do valor de funcionamento definido. Assim, para além de aumentar o tempo de vida da lâmpada, ao não permitir que estas sejam alimentadas a tensões acima de 5% do seu valor nominal, asseguram economias diretas no consumo (5 a 7%) ao fazer o corte da tensão excessiva, quando é excedido o seu valor nominal. Adicionalmente, a depreciação do fluxo luminoso, durante o tempo de vida da lâmpada, será menor. No entanto, para tudo estar assegurado, uma monitorização das parametrizações do regulador de fluxo é fundamental, a fim de assegurar a tensão mínima de funcionamento das lâmpadas durante todo o tempo de vida do regulador.

2.8.2.2 Balastros Eletrónicos Reguláveis

Com a utilização de balastros eletrónicos reguláveis é possível realizar dimming a partir de três formas:

- **Estática:** a programação é pré-estabelecida no balastro;
- **Analógica:** o sinal de input do balastro é analógico com uma tensão que pode ir desde 1V até 10V e é proporcional ao fluxo luminoso da lâmpada. Porém, podem existir algumas interferências provenientes do comprimento do cabo ou da própria rede;
- **Digital:** o sistema de controlo cria um sinal digital para executar a regulação. Este método é capaz de realizar a transmissão de dados sem qualquer erro e também de endereçar os componentes de forma individual. Os dois métodos existentes, que são capazes de comunicar com a lâmpada ao obter informações sobre a lâmpada de uma forma recorrente e também de controlá-la são o DSI (*Digital Serial Interface*) e o DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*);

Tanto o método analógico como o digital são os mais apropriados para implementar em sistemas de telegestão.

Quanto aos balastos para lâmpadas de descarga de alta intensidade, existem três modos para operar o *dimming*:

- **Variação a degrau (duplo nível):** o *dimming* é obtido a degrau, com o balastro a permitir a regulação apenas para valores pré-definidos;
- **Variação contínua:** o *dimming* realiza-se de forma contínua, o que leva a uma regulação propícia para necessidades mais específicas e maior capacidade de controlo do fluxo luminoso. Também existe menor impacto na qualidade de energia elétrica;

2.8.3 Sistemas de Telegestão

O sistema de Telegestão é 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:

- Baixar custos de manutenção;
- 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 (CL):** dispositivo que programa o balastro ou driver das lâmpadas e de todos os sensores existentes na luminária;
- **Controlador de segmento (CS):** é o canal que comunica com as luminárias;
- **Sistema de gestão central (SGC):** faz a gestão da informação transmitida pelos controladores, quer dos segmentos, quer das luminárias;

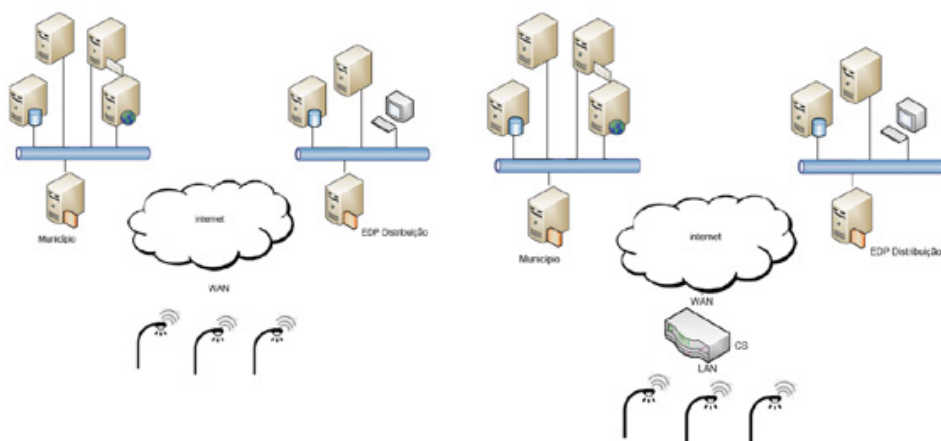


Figura 2.31: Componentes de um sistema de telegestão sem CS (à esquerda) e com CS (à direita)

Na figura 2.30 à esquerda está o esquema da arquitetura para luminárias com competências para realizar a comunicação direta com o SGC e à direita as luminárias que não possuem essa mesma capacidade, que conseqüentemente, terão de deter um CS.

Apesar da grande utilidade deste sistema, estes ainda não foram empregues na maioria das redes IP devido à falta de regulamentos para tornar estes instrumentos mais acessíveis de operar. Adicionalmente, este sistema não demonstra os parâmetros técnicos e financeiros que justifiquem a sua implementação.

2.8.4 Solução de Telegestão Integrada na Arquitetura Inovgrid

Também existe uma outra solução de controlo do sistema por telegestão com base no comando e gestão da IP, denominada por Telegestão Integrada na Arquitetura Inovgrid.

Este método está focado nas *smart grids* ao equipar a rede elétrica de instrumentos qualificados para que haja uma gestão mais independente por parte das redes, diminuir custos operacionais, aumentar a eficiência energética, proteger o meio ambiente e permitir a introdução das energias renováveis no sistema.

Esta solução possibilita o controlo da IP através de equipamentos de telecontagem. Para tal o sistema é equipado com um contador inteligente específico para IP que para além da sua função de contagem, também dispõe de relés físicos que servem de interruptor para a rede IP, algoritmos e funções exclusivas para a gestão da iluminação pública.

O sistema de Telegestão Integrada na Arquitetura Inovgrid proporciona a monitorização da IP e o ajustamento dos horários para uma rede em específico.

Capítulo 3

Sistema Tarifário

Todo o sistema tarifário, acompanhado do sistema de cálculo das tarifas, estabelecidos nos regulamentos têm o objetivo de viabilizar a equidade e justiça das tarifas e a eficiência dos recursos energéticos de uma forma transparente. Todas estas prioridades são asseguradas através dos equilíbrios económico e financeiro de cada empresa regulada e da evolução tarifária e da qualidade no fornecimento da energia elétrica.

É a ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos) a responsável pela regulação de todos os sectores que envolvam a eletricidade e o gás natural. É uma entidade autónoma, de direito público, com a missão de proteger os interesses dos consumidores, a qualidade dos serviços fornecidos, garantir o acesso à informação de fornecimento de energia e a sua segurança e promover a concorrência entre os comercializadores energéticos [15].

3.1 Liberalização do Setor Elétrico

A liberalização deste sector foi implementada gradualmente pelos estados membros da União Europeia, começando pelos maiores consumidores e níveis de tensão mais elevados. De modo idêntico, a abertura do mercado elétrico português foi ocorrendo progressivamente desde 1995 até que, em 4 de setembro de 2006, todos os consumidores no país já tiveram acesso ao comercializador que desejavam.

Com o mercado elétrico livre, surgiu um aumento da concorrência, levando a flutuações nos preços de fornecimento de eletricidade e a um aumento na qualidade dos serviços para um maior agrado e conforto por parte de todos os consumidores [15].

3.2 Mercados e Modelos Tarifários

Existem dois modelos de mercados de eletricidade em Portugal, sendo eles o mercado regulado e o mercado liberalizado.

No mercado regulado, o cliente terá de pagar uma tarifa fixa, imposta por uma entidade ou órgão, a qualquer que seja o comercializador de eletricidade.

Quanto ao mercado liberalizado, as tarifas são elaboradas através de negociações prévias entre os clientes e os comercializadores, a fim de se adequar aos requisitos do utilizador quanto ao seu consumo [16].

De seguida apresentam-se os diferentes itens das tarifas aplicadas a clientes finais [17]:

- **Tarifa de Energia (TE):** deve garantir a recuperação dos proveitos da compra e venda de energia elétrica por meio de um aumento dos custos marginais, se necessário;
- **Tarifa de Comercialização (TC):** são fornecidas em AT, MT, BTE e BTN e são compostas por um termo fixo e um preço de energia igual para todas as horas. É calculada com base em custos médios e nas regras da estrutura tarifária impostas anualmente;
- **Tarifa de Acesso às Redes (TA):** são pagas por todos os utilizadores de energia elétrica e aplicam-se aos clientes dos operadores das redes de distribuição, sendo que forma a adição das tarifas de Uso Global do Sistema, Uso da Rede de Transporte e Uso das Redes de Distribuição. No mercado livre, o consumidor negocia livremente os preços com o comercializador que optar;
- **Tarifa de Uso Global do Sistema (TUGS):** está relacionada com os custos da gestão do sistema e também com a recuperação de custos derivados de medidas de política ambiental, energética e de interesse económico geral;
- **Tarifa de Uso da Rede de Transporte (TURT):** apresentam a mesma estrutura arifária, tanto para o mercado regulado, como para o mercado livre e retornam os proveitos desta mesma tarifa adicionada de ajustamentos a recuperar pelo operador da rede de distribuição;
- **Tarifa de Uso da Rede de Distribuição (TURD):** é constituída por preços de energia ativa por diferentes períodos horários, preços de energia ativa, indutiva e capacitiva e de preços de potência contratada e em horas de ponta;

3.3 Tarifários

Em Portugal, os tarifários estão divididos por tensão e encontram-se na tabela 3.1:

Tabela 3.1: Tarifários divididos por tensão, em Portugal

Fornecimento	Valor Eficaz
Muito Alta Tensão (MAT)	Superior a 110kV
Alta Tensão (AT)	Entre 45kV e 110kV
Média Tensão (MT)	Entre 1kV e 45kV
Baixa Tensão Especial (BTE)	Igual ou inferior a 1kV e potência contratada superior a 41,4kW
Baixa Tensão Normal (BTN)	Igual ou inferior a 1kV e potência contratada igual ou inferior a 41,4kW

3.3.1 Períodos Tarifários

Os tarifários podem ser divididos por dois períodos:

- Períodos trimestrais que são decompostos na seguinte forma:
 - Período I: de 1 de janeiro a 31 de março;
 - Período II: de 1 de abril a 30 de junho;
 - Período III: de 1 de julho a 30 de setembro;
 - Período IV: de 1 de outubro a 31 de dezembro;
- Períodos horários com as seguintes componentes:
 - Horas de ponta: período em que existe maior consumo, levando a que o seu preço seja mais caro;
 - Horas cheias: momento em que o consumo ainda não atingiu o seu máximo, porém apresenta valores significativos, tais como os seus preços;
 - Horas de vazio: período em que o consumo de eletricidade é mais barato, normalmente as horas do período noturno e fins de semana;
 - Horas de super vazio: o consumo neste período é muito reduzido, sendo este o período com tarifas mais baratas;

3.3.2 Tipos de Ciclo

O fornecimento de energia elétrica ainda pode ser dividido por três ciclos sendo eles o ciclo diário, ciclo semanal e ciclo semanal opcional.

A composição destes ciclos horários é diferente para Portugal Continental e para as Regiões Autónomas sendo que nos casos em estudo (Portugal Continental), o ciclo utilizado é o semanal.

De seguida apresentam-se os períodos horários para cada ciclo [18]:

Ciclo diário para BTE e BTN em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
Ponta:	09.00/10.30 h 18.00/20.30 h	Ponta:	10.30/13.00 h 19.30/21.00 h
Cheias:	08.00/09.00 h 10.30/18.00 h 20.30/22.00 h	Cheias:	08.00/10.30 h 13.00/19.30 h 21.00/22.00 h
Vazio normal:	06.00/08.00 h 22.00/02.00 h	Vazio normal:	06.00/08.00 h 22.00/02.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Figura 3.1: Ciclo diário em Portugal Continental (BTE e BTN)

No ciclo diário, os períodos horários são iguais para todos os dias do ano, com variações no momento de cada dia, dependendo da estação do ano.

Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	09.30/12.00 h 18.30/21.00 h	Ponta:	09.15/12.15 h
Cheias:	07.00/09.30 h 12.00/18.30 h 21.00/24.00 h	Cheias:	07.00/09.15 h 12.15/24.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	09.30/13.00 h 18.30/22.00 h	Cheias:	09.00/14.00 h 20.00/22.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.30 h 13.00/18.30 h 22.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.00 h 14.00/20.00 h 22.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Figura 3.2: Ciclo semanal em Portugal Continental

Quanto aos ciclos semanais, existem variações dos períodos horários ao longo da semana, mas também existe a diferenciação entre o verão e o inverno.

Ciclo semanal opcional para MAT, AT e MT em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	17.00/22.00 h	Ponta:	14.00/17.00 h
Cheias:	00.00/00.30 h 07.30/17.00 h 22.00/24.00 h	Cheias:	00.00/00.30 h 07.30/14.00 h 17.00/24.00 h
Vazio normal:	00.30/02.00 h 06.00/07.30 h	Vazio normal:	00.30/02.00 h 06.00/07.30 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	10.30/12.30 h 17.30/22.30 h	Cheias:	10.00/13.30 h 19.30/23.00 h
Vazio normal:	00.00/03.00 h 07.00/10.30 h 12.30/17.30 h 22.30/24.00 h	Vazio normal:	00.00/03.30 h 07.30/10.00 h 13.30/19.30 h 23.00/24.00 h
Super vazio:	03.00/07.00 h	Super vazio:	03.30/07.30 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/04.00 h 08.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/04.00 h 08.00/24.00 h
Super vazio:	04.00/08.00 h	Super vazio:	04.00/08.00 h

Figura 3.3: Ciclo semanal opcional em Portugal Continental

Nas tarifas com dois e três períodos horários estão integrados os períodos horários de vazio normal e de super vazio como um único período horário de vazio.

Em relação às tarifas com dois períodos horários, os períodos horários de ponta e cheias estão incluídos no período horário fora de vazio.

Os períodos tarifários em feriados nacionais para os consumidores com fornecimento em AT e em MAT com ciclo semanal, assim como para os consumidores com fornecimento em MT com ciclo semanal e quatro períodos horários, são vistos como períodos tarifários semelhantes ao Domingo.

3.3.3 Tarifas transitórias em Portugal Continental

Aqui estão apresentadas as tarifas de rede para MT, reguladas pela ERSE no ano de 2017.

TARIFA TRANSITÓRIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM MT		PREÇOS	
Termo tarifário fixo		(EUR/mês)	(EUR/dia) *
		47,84	1,5730
Potência		(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia) *
Tarifa de longas utilizações	Horas de ponta	10,280	0,3380
	Contratada	1,570	0,0516
Tarifa de médias utilizações	Horas de ponta	10,360	0,3406
	Contratada	1,478	0,0486
Tarifa de curtas utilizações	Horas de ponta	15,203	0,4998
	Contratada	0,635	0,0209
Energia activa		(EUR/kWh)	
Tarifa de longas utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,1384
		Horas cheias	0,1087
		Horas de vazio normal	0,0767
		Horas de super vazio	0,0654
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,1414
		Horas cheias	0,1109
		Horas de vazio normal	0,0793
		Horas de super vazio	0,0729
Tarifa de médias utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,1446
		Horas cheias	0,1121
		Horas de vazio normal	0,0779
		Horas de super vazio	0,0665
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,1505
		Horas cheias	0,1122
		Horas de vazio normal	0,0818
		Horas de super vazio	0,0729
Tarifa de curtas utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,2163
		Horas cheias	0,1206
		Horas de vazio normal	0,0819
		Horas de super vazio	0,0730
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,2159
		Horas cheias	0,1205
		Horas de vazio normal	0,0825
		Horas de super vazio	0,0768
Energia reactiva		(EUR/kvarh)	
		Indutiva	0,0290
		Capacitiva	0,0218

Figura 3.4: Tarifa transitória de venda a clientes finais em MT (Portugal Continental)

Em ambos os casos em estudo, o fornecimento das tarifas é feito em MT, porém podem existir casos em que a utilização de BT seja vantajoso.

Capítulo 4

Sistema Fotovoltaico

A produção de energia elétrica tem sido, constantemente e maioritariamente feita a partir de combustíveis fósseis, porém, todos os dias o planeta Terra recebe energia gratuita e limpa através da radiação solar e que pode ser muito mais aproveitada para este mesmo fim. A energia solar fotovoltaica é o tipo de energia que converte os raios solares em energia elétrica a partir do efeito fotovoltaico.

Este efeito fotovoltaico é alcançado quando um material, após ter sido exposto à luz solar, detém uma tensão elétrica. De um modo mais rigoroso, este processo é criado quando os fótons solares incidem no painel. São absorvidos, e essa energia é cedida para os eletrões do painel, que os leva a movimentarem-se, gerando uma corrente elétrica.

Por causa da sua abundância no planeta (segundo mais abundante) e por ser um semicondutor, o material mais utilizado para a construção de um painel fotovoltaico é o silício.

4.1 Panorama fotovoltaico no Mundo e em Portugal

Nos últimos anos a exploração da geração de energia através de painéis fotovoltaicos tem sido cada vez mais elevada, tanto a nível mundial, como nacional.

O desenvolvimento da produção de energia fotovoltaica foi significativo em apenas 10 anos ao passar de uma geração de 4TWh, em 2005, para 247TWh, em 2015. É notório o aumento de instalações fotovoltaicas na China, principalmente após 2010, mas o grande esforço para a evolução desta tecnologia é feito pelos países pertencentes à OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico).

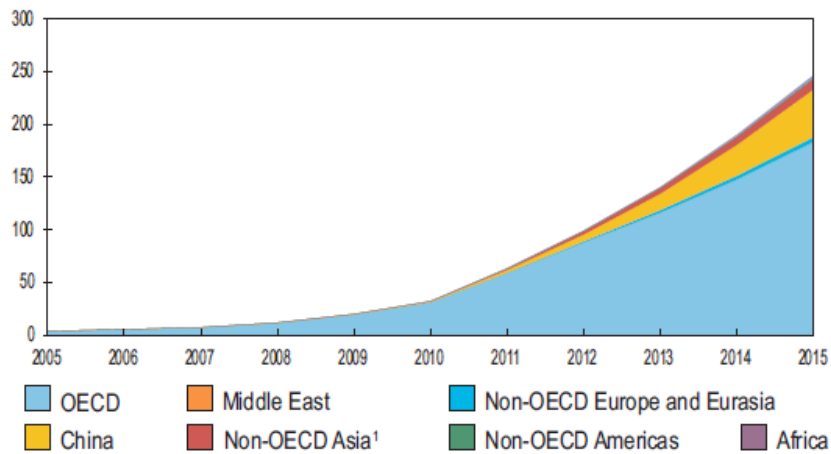


Figura 4.1: Produção fotovoltaica mundial de 2005 a 2015 por região (TWh)

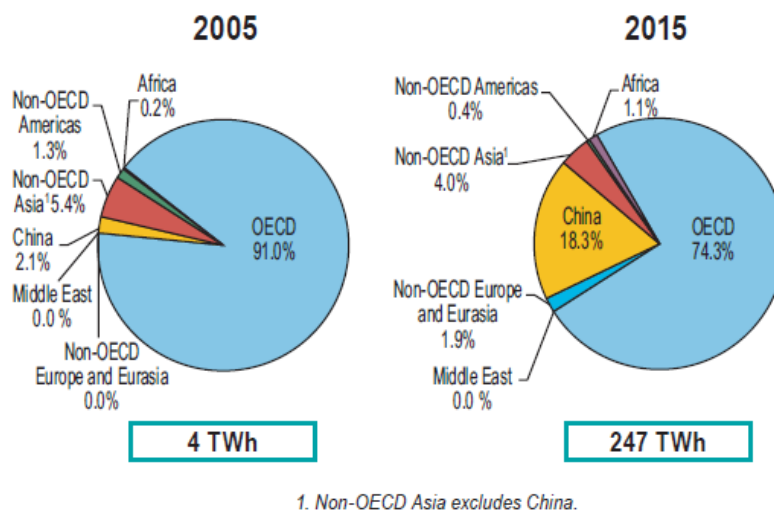


Figura 4.2: Produção fotovoltaica por região em 2005 e 2015 (TWh)

Por país, a China lidera a na percentagem de produção total mundial, com 18,3TWh, seguida da Alemanha com 15,7TWh e em terceiro lugar o Japão com 14,5TWh. Em termos de potência instalada, a também é a China que lidera, com 43,2GW instalados seguida da Alemanha e do Japão, com 39,8GW e 34,2GW, respetivamente. Por último, é a Itália que lidera na produção doméstica de energia fotovoltaica, com 8,1% do total mundial, acompanhada da Alemanha com 6% e do Japão com 3,4%.

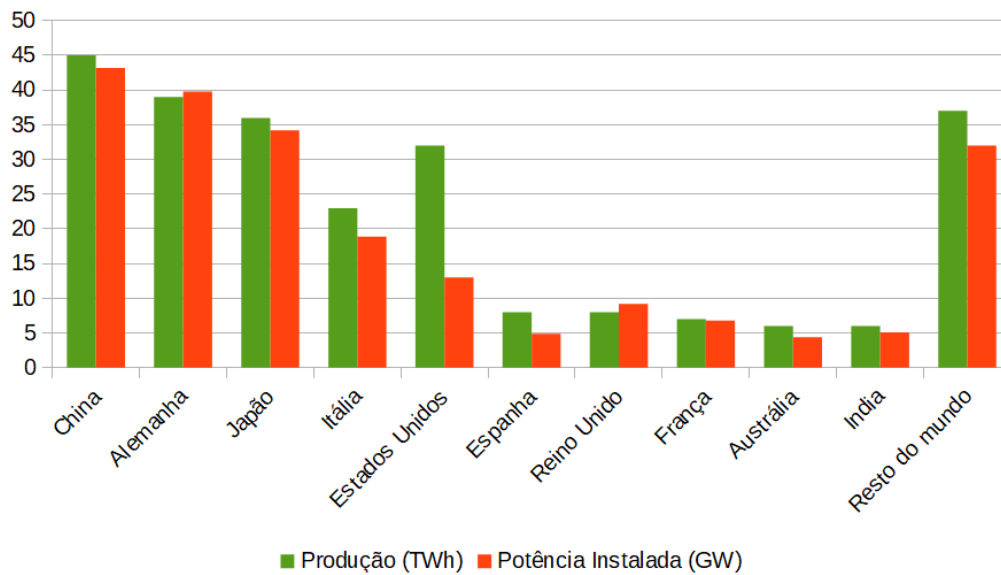


Figura 4.3: Gráfico referente às produções e potências instaladas PV mundiais por país

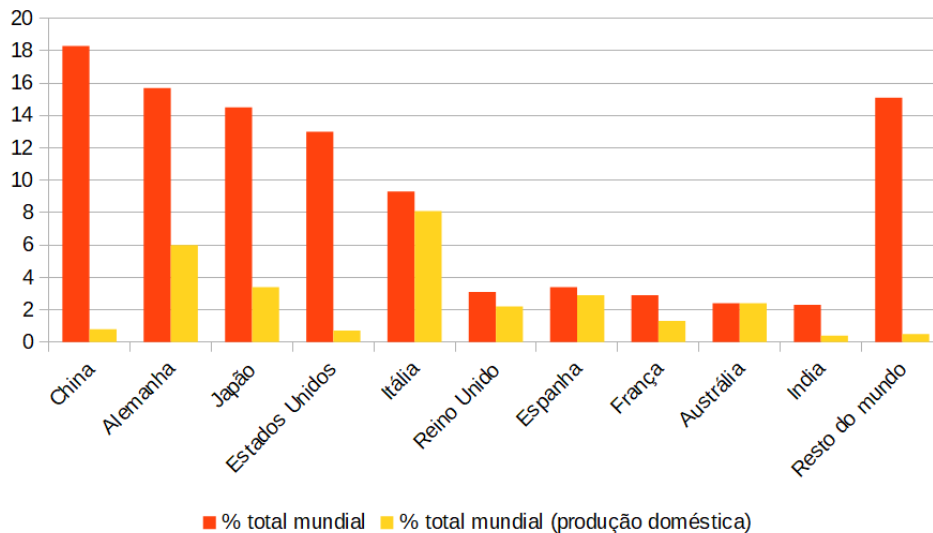


Figura 4.4: Gráfico das percentagens mundiais de produção total e doméstica por país

No caso de Portugal, sendo um país do sul da Europa, ao dispor de mais de 2300 horas por ano de exposição solar, na região norte e de 3000 horas por ano na região sul, o aproveitamento desta tecnologia deveria ser muito superior, sendo bastante claro que a aposta nas fontes hídricas e eólicas são as mais fortes. A produção fotovoltaica nacional foi de 847GWh, representando 3,4% da produção total e a potência instalada foi de 475MW, que corresponde a 3,5% da potência instalada total renovável, entre setembro de 2016 e agosto de 2017 [4].

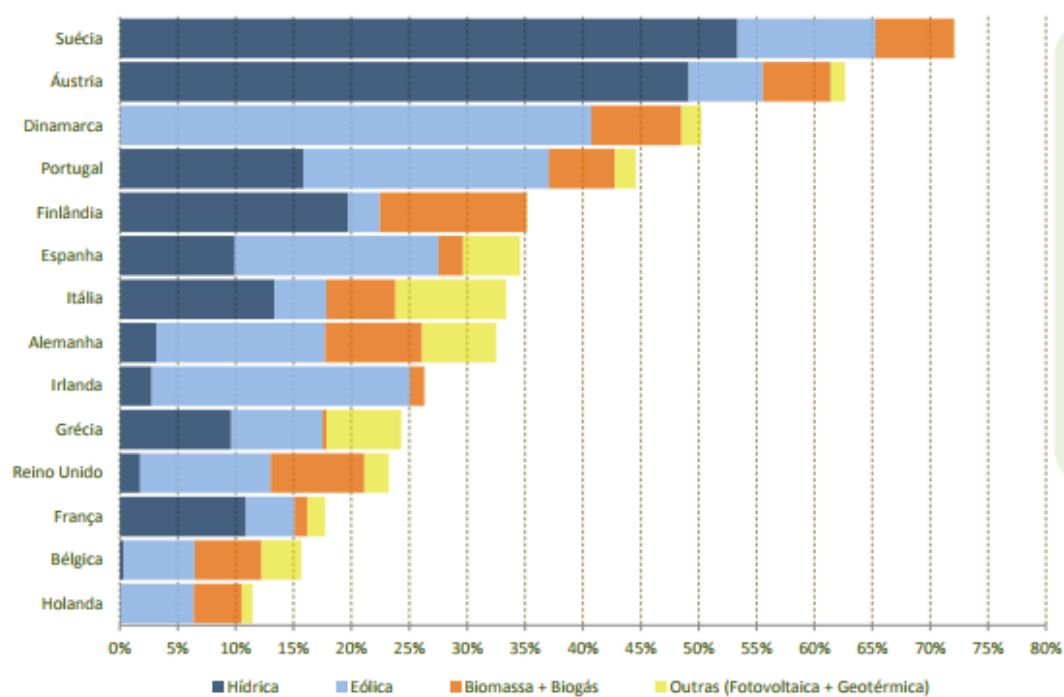


Figura 4.5: Gráfico da percentagem de produção de energias renováveis por fonte na União Europeia [4]

Ao analisar a figura 4.5, é notória a falta de aposta na energia fotovoltaica por parte de Portugal (cerca de 2% da produção total renovável), ao comparar com países como a Itália, a Espanha, ou até a Grécia, com cerca de 10%, 6% e 7%, respetivamente, que são países do sul da Europa, ou seja, com exposição solar anual equivalente à de Portugal.

4.2 Componentes

Os componentes que constituem um sistema fotovoltaico são:

- Painéis fotovoltaicos;
- Controlador de carga;
- Bateria;
- Inversor;

Os painéis fotovoltaicos são responsáveis pela absorção da radiação solar, que criam uma tensão entre os seus terminais. Como a radiação solar varia constantemente, a corrente que percorre os painéis também varia e, como tal, introduzem-se baterias que armazenam energia no seu interior e que servem de auxílio no fornecimento de eletricidade à rede. Na proteção e regulação das baterias, entra o controlador de carga. Os painéis produzem corrente contínua (CC), mas em caso do sistema ter de ser ligado à rede, que funciona em corrente alternada (AC), um inversor terá de ser introduzido no sistema, de modo a converter a CC proveniente dos painéis, para AC fornecendo energia à rede.

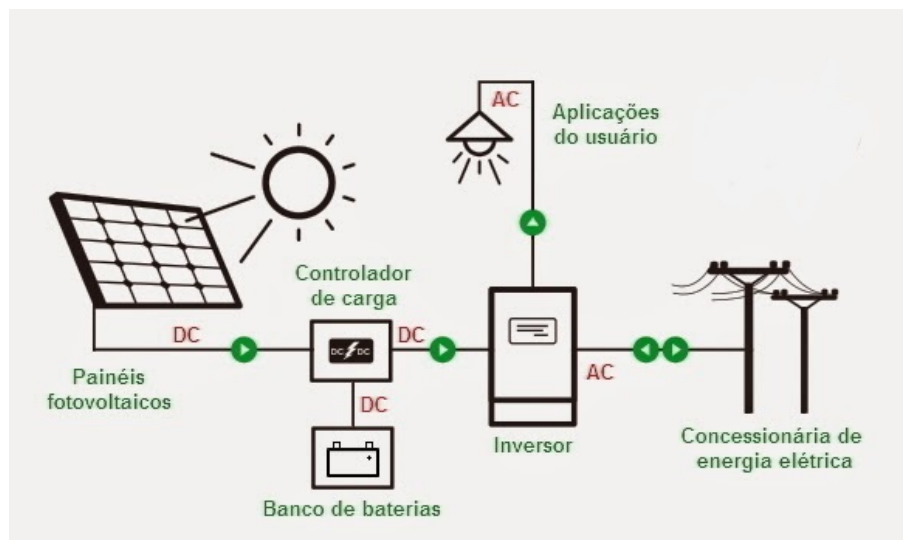


Figura 4.6: Constituição de um sistema fotovoltaico

4.2.1 Painel Solar

O painel solar pode ser constituído por uma ou mais placas solares e é composto por um conjunto de células fotovoltaicas que estão encarregues de converter a radiação solar em energia elétrica. Os modelos atuais têm uma eficiência de cerca de 25%, porém existem painéis ainda em desenvolvimento, que podem atingir os 44,5% [19].

O seu tamanho pode variar e depende da potência exigida da instalação. Estas necessidades podem ser muito específicas e situações muito particulares e, como tal, a solução é agrupar mais de uma placa para uma posterior instalação, caso necessário.

Tem o papel de fornecer energia elétrica para carregar as baterias para uma utilização subsequente e ligar as cargas. A quantidade de energia fornecida depende diretamente da área do painel, uma vez que será mais área a absorver energia solar e também da intensidade da incidência da radiação solar.

O posicionamento adequado do painel é fulcral para otimizar o seu rendimento, de modo a que receba o máximo de luz durante o seu funcionamento. Assim sendo, a posição ótima de funcionamento seria o acompanhamento dos painéis em relação ao sol durante todo o dia, de forma perpendicular. Sendo esta uma solução dispendiosa economicamente, uma vez que requer de dispositivos automáticos, a sua instalação é feita num ângulo intermédio de modo a que absorva o máximo de radiação numa posição fixa. Desta forma os custos são menores e ainda consegue obter um bom aproveitamento em horas de maior exposição solar.

Por fim, o painel deve encontrar-se o mais limpo possível, o mais próximo possível das cargas e em locais de fácil acesso [20].

4.2.2 Controlador de Carga

Um elemento fundamental para o funcionamento de um sistema fotovoltaico é o controlador de carga e são responsáveis pela monitorização da tensão dos acumuladores das baterias para estas não sobrecarregarem, aumentando a sua vida útil. É possível carregar as baterias até ao seu máximo, porém com o controlador de carga, as baterias descarregam até um valor mínimo seguro. O controlador situa-se entre o painel e as baterias para ler a tensão destas últimas. Existem vários tipos de controladores, com a maioria a verificar a tensão e assim, a controlar a corrente que flui para as baterias [20].

4.2.3 Bateria

Na energia fotovoltaica, o horário de produção pode não ser sobreposto ao horário do consumo, tendo como exemplo uma habitação, onde o maior consumo encontra-se em horas de período noturno. Para contornar este obstáculo é necessária a instalação de baterias a fim de armazenar a energia produzida durante o dia, que pode ser consumida mais tarde. Este é apenas um exemplo de utilização de baterias num sistema fotovoltaico, na qual é possível assegurar a alimentação de um consumidor em períodos em que a radiação solar não está disponível [20].

4.2.4 Inversor

O inversor tem a função de converter a corrente contínua (CC) proveniente do painel solar, para corrente alternada (AC) para poder ser introduzida na rede elétrica ou permitir a ligação de instrumentos que funcionem em corrente alternada. O dimensionamento do inversor está dependente da potência do sistema fotovoltaico, da tensão de entrada, sendo o montante de todos os painéis ligados em série e também da temperatura, pois ao variar ao longo do ano (verão e inverno), a tensão no inversor também varia [20].

Capítulo 5

Iluminação Pública: Legislação e Critérios de Projeto

Ao realizar um projeto de iluminação pública é tão necessário o cumprimento das exigências que irão proporcionar as soluções requeridas para um determinado local, como também é imperativo respeitar as legislações que são impostas. Nesse sentido foi criada a norma EN 13201 que dita os critérios de desempenho, métodos de medição e classes de iluminação mais aceites. Ainda existe a norma CIE 115-2010 que faz recomendações em relação a requisitos para tráfego motorizado, classes de iluminação, critérios de qualidade ou regulação de fluxo.

Este capítulo expõe a legislação a ter em conta na iluminação pública (norma EN13201), como também os critérios a seguir na criação do projeto.

5.1 Norma Europeia para a Iluminação Pública: EN 13201

A norma EN 13201 está dividida em quatro secções:

- EN 13201-1: Escolha das classes de iluminação;
- EN 13201-2: Parâmetros fotométricos recomendados;
- EN 13201-3: Cálculo dos parâmetros fotométricos;
- EN 13201-4: Métodos de medição das performances fotométricas;

5.1.1 EN 13201-1: Escolha das classes de iluminação

Na primeira secção da norma encontram-se explícitos os critérios a que as classes de iluminação têm de obedecer de acordo com a escolha do tipo de via. As classes de iluminação existentes são as seguintes [21]:

- Classes de iluminação M destinadas para tráfego motorizado;
- Classes de iluminação C que dizem respeito às zonas de conflito;
- Classes de iluminação P que englobam as áreas pedestres e a áreas onde o tráfego circula a velocidades reduzidas;
- Classes de iluminação ES que tratam de zonas pedonais onde existe maior risco de criminalidade;
- Classes de iluminação EV que abordam zonas onde é fundamental o reconhecimento facial e de superfícies verticais;

Em cada uma destas classes existem subclasses de forma a caracterizar uma determinada via com mais especificidade em que estão definidos parâmetros luminotécnicos otimizados. De seguida apresentam-se essas mesmas subclasses.

Classe de iluminação	Superfície da estrada				TI (%)	SR
	Seca		Molhada			
	Lmédia (cd/m ²)	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

Figura 5.1: Requisitos fotométricos para a classe M

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

Figura 5.2: Requisitos fotométricos para a classe C

Classe de iluminação	E _{média} (lux)	E _{mínima} (lux)	Requisitos adicionais caso o reconhecimento facial seja necessário	
			E _{vertical,mínima} (lux)	E _{semi-cilindrico,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

Figura 5.3: Requisitos fotométricos para a classe P

5.1.2 EN 13201-2: Parâmetros fotométricos recomendados

A segunda parte da norma tem em consideração as necessidades visuais dos utentes das vias e dos conceitos ambientais da iluminação a usar, nunca esquecendo as classes de iluminação e os seus requisitos fotométricos.

O objetivo destes parâmetros é de oferecer aos utilizadores as necessidades visuais mais adequadas a um determinado tipo de via.

As escolhas luminotécnicas a introduzir numa via dependem das características da zona de implementação como a velocidade permitida, função e geometria da estrada e composição e volume do tráfego. O fator determinante de escolha cai sobre os critérios da luminância ou da iluminância.

Os parâmetros serão determinados pelo critério da luminância ou da iluminância, dependendo do tipo de via. O critério da luminância é prioritário em zonas de velocidade alta e média, já nas zonas pedonais e de conflito, os parâmetros podem ser definidos tanto pelo critério da luminância, como pelo critério da iluminância.

No caso do traçado ser pouco complexo e da diversidade das superfícies serem reduzidas, como por exemplo, fora de zonas urbanas, o critério a utilizar é o da luminância. Desta forma, as zonas de iluminação terão, no mínimo, o mesmo nível de iluminação das estradas de acesso a essa mesma zona. Ainda assim, será necessário o cálculo do nível do encadeamento perturbador (TI).

Quanto a zonas em que o cálculo das luminâncias não é fiável, usa-se então, o critério da iluminância.

A seguir encontra-se apresentado um fluxograma para definir a classe de iluminação para uma determinada via.

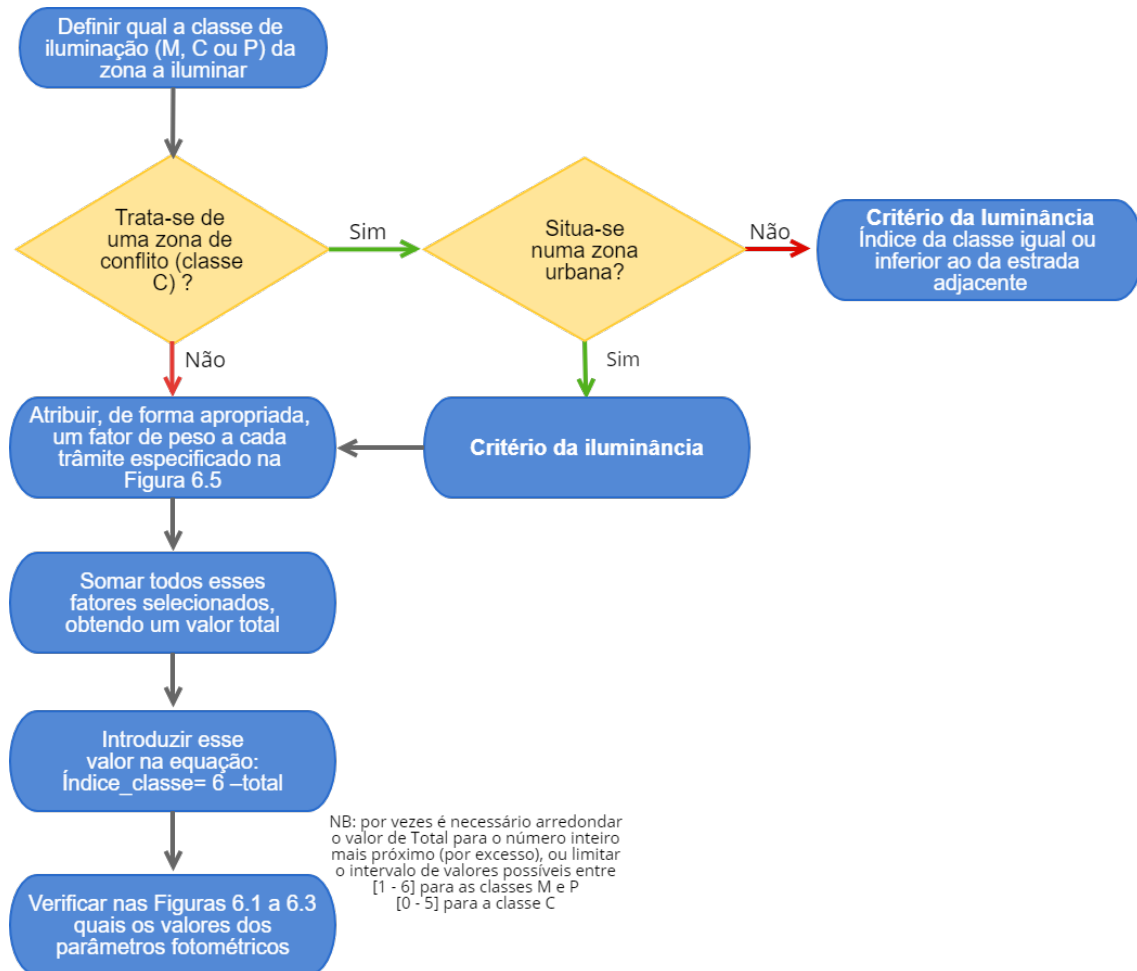


Figura 5.4: Fluxograma para a determinação da classe de iluminação de uma via

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		-

Figura 5.5: Fatores de peso para a determinação da classe de iluminação de uma via

Para a escolha dos pesos na figura 5.5 há que considerar os seguintes valores de referência:

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 5.6: Valores de referência para a determinação da classe de iluminação de uma via

5.1.3 EN 13201-3: Cálculo dos parâmetros fotométricos

Nesta secção realizam-se os cálculos para a obtenção das características de qualidade de iluminação, através de métodos padronizados. Os procedimentos utilizados (convenções e cálculos matemáticos) estão descritos nesta secção, tendo em consideração os parâmetros fotométricos e os métodos utilizados na norma EN 13201-2.

5.1.4 EN 13201-4: Métodos de medição das performances fotométricas

A última parte dita os mecanismos a ter em conta na iluminação pública, para a realização de medições fotométricas e outras necessárias.

Quando uma comparação com valores antecipadamente calculados, os valores terão de ser medidos com o maior rigor possível, a fim de se garantir uma comparação válida.

Se as medições são realizadas com o intuito de monitorizar uma instalação, pode ser possível que o número de medições não seja demasiado extensivo, com medições em zonas mais espaçadas. É fundamental que as medições sejam efetuadas do mesmo modo que é a monitorização é feita.

Nos restantes casos, no próprio local é suficiente. Na norma EN 13201-3 estão descritas tanto as práticas para posição de observação e locais de medição, como também as circunstâncias que podem gerar imprecisões nas medições e precauções a seguir de forma a evitar erros como estes. Por fim também está descrito o modo de apresentação dos resultados finais.

5.2 Arquitetura de uma instalação de IP

Um sistema de iluminação pública tem alta complexidade, uma vez que existe uma combinação de requisitos fotométricos com as disposições dos postes e ângulos das luminárias. De seguida estão colocadas as arquiteturas de disposição de postes IP mais comuns.

Tabela 5.1: Esquematisações usuais da disposição dos postes nas vias de circulação (a)

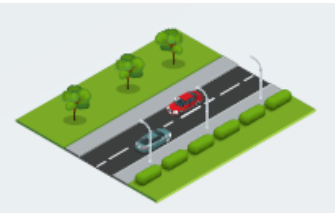
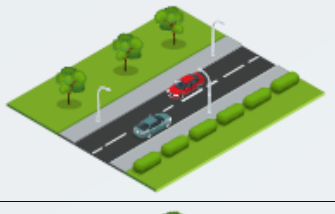
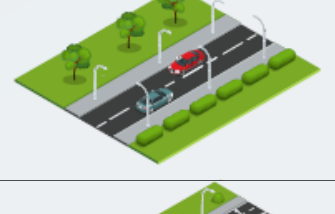
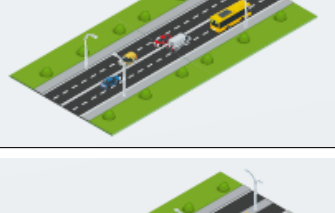
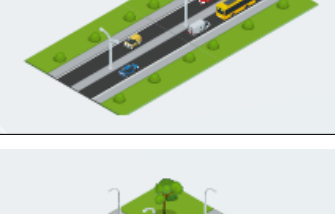

Disposição	Esquema	Descrição
Unilateral		Aconselhável na situação em que a largura da via, (l) altura da luminária (h)
Quincôncio/ Alternada		Aconselhável na situação, l (1 a 1,5) h
Bilateral		Aconselhável na situação, l 1,5 h
Bilateral com faixa central		Aconselhável na situação, l 1,5 h
Axial		Colunas situadas na faixa central. Sugere-se nas situações em que l 2,5 h
Curvas		Em curvas, e, se a largura da estrada é menor que 1,5h, as luminárias serão instaladas na parte exterior da curva, colocando uma luminária no prolongamento dos eixos de circulação

Tabela 5.2: Esquematisações usuais da disposição dos postes nas vias de circulação (b)

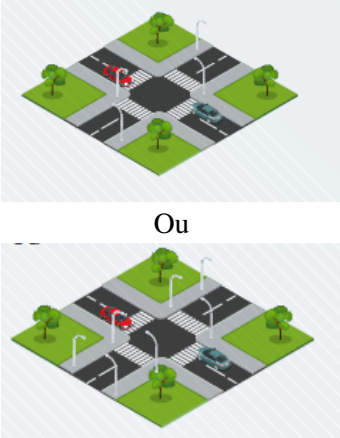


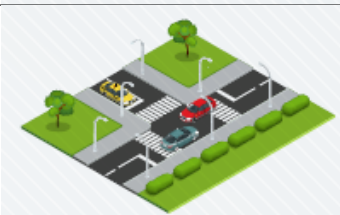



Disposição	Esquema	Descrição
Cruzamento	 <p style="text-align: center;">Ou</p>	Disposições aconselháveis em cruzamentos
Cruzamento		Disposição aconselhável em cruzamentos entre vias iluminadas e com a mesma classe
Cruzamento		Disposição aconselhável em cruzamentos entre vias iluminadas e de importâncias diferentes
Entroncamento		Disposição mais aconselhável
Rotunda 1		Aconselha-se a disposição das colunas nas margens da rotunda quando existe arvoredo, arbustos ou canteiros de flores. O diâmetro da rotunda ultrapassa os 18m

Tabela 5.3: Esquematizações usuais da disposição dos postes nas vias de circulação (c)

Disposição	Esquema	Descrição
Rotunda 2		Aconselha-se a disposição de uma coluna no meio da rotunda com braços triplos ou quádruplos quando não existe arvoredos. O diâmetro da rotunda não ultrapassa os 18m
Cruzamento com ilhéus		Cruzamento com ilhéus direcionais entre uma via principal com luminárias indicadas a cheio e de maior potência que as da via secundária

A seguir é apresentada uma tabela em que estão inseridos os valores mais utilizados nos projetos de iluminação pública, que seguem os valores definidos pela União Europeia:

Espaçamento	Altura útil	
	Rede aérea BT	Rede subterrânea
40 metros	8 m	12 m
35 metros	8/7 m	10 m
25 metros	6 m	8 m
18 metros		4 m

Figura 5.7: Topologia tipo de redes de IP

5.3 Manutenção

No cenário atual mundial, a manutenção tem uma importância e responsabilidade cada vez maior ao ter de garantir práticas de qualidade, fiabilidade e acima de tudo, com a maior eficiência possível.

É da responsabilidade de todos os colaboradores a implementação das disposições das práticas de manutenção, de forma a possibilitar uma melhoria contínua dos serviços prestados a um determinado cliente [22].

5.3.1 Gestão da Manutenção

Existe uma "simbiose" entre a engenharia e a técnica a fim de garantir o bom funcionamento de todas as instalações e máquinas, evitando qualquer tipo de avaria e maximizar o seu rendimento

com elevados índices de segurança.

É essencial que haja uma compreensão global de que todos os equipamentos terão de estar sujeitas a reparações e inspeções ao longo dos respetivos períodos de vida útil, uma vez que com a mínima falha na eficácia destes equipamentos, poderá levar a consequências negativas no desempenho de uma empresa, tanto direta como indiretamente.

De modo a planear e implementar a gestão de manutenção, há que seguir metodologias que garantam o seu máximo desempenho e estas passam por:

Os objetivos da manutenção passam por:

- Assegurar um sistema de manutenção dos edifícios, espaços envolventes, instalações técnicas especiais, equipamentos, que garanta que sejam mantidas, as mesmas características de todos os equipamentos, estruturas e acima de tudo, a segurança;
- Realizar a manutenção de uma forma eficaz e com qualidade, conforme com todos os requisitos necessários e cumprindo as normas em vigor;
- Assegurar que a manutenção efetuada em equipamentos, edifícios ou outro tipo de instalação, seja da forma mais segura, não causando qualquer tipo de acidente, tanto ao trabalhador como aos utentes;
- Preservar um ambiente de segurança nas imediações do equipamento, instalação o edifício sujeito à manutenção ao utilizar práticas de trabalho adequadas;

5.3.2 Objetivos

De forma a cumprir uma manutenção com rigor e qualidade, os principais objetivos são:

- **Disponibilidade** - Tentar impedir o máximo número de paragens do sistema que sofre a manutenção, de forma a evitar custos subsequentes da imobilização;
- **Manutibilidade** - A quantidade de intervenções deverão ser o mais reduzidas possível, sendo conseguidas através de uma preparação prévia e adequada dos técnicos envolvidos;
- **Fiabilidade** - Maximizar o tempo de vida dos equipamentos, instalações ou edifícios em causa;
- **Segurança e Higiene** - Manter e, se possível, refinar os níveis de conforto, higiene e segurança nos locais a intervir;
- **Economia** - Reduzir os custos totais;

5.3.3 Normas

A manutenção é uma prática diversificada, pelo que tem de evocar a várias normas de engenharia, devido ao rigor necessário para efetuar cada manobra.

O passo que se tem vindo a tomar é a uniformização das terminologias, dos modos de atuação ou mesmo dos conceitos ao estabelecerem-se normas europeias.

Alguns exemplos de normas são:

- **EN 13306:2007 (Norma da terminologia de manutenção)** - Define os termos e os conceitos base utilizados na manutenção;
- **EN 15341:2009 (Norma dos indicadores de manutenção)** - Esta norma refere alguns indicadores considerados expressivos da gestão, com formulações perfeitamente definidas e uniformes, que possam ser utilizados e compreendidos por todos, independentemente do local onde são calculados;
- **NP 4483:2009 (Guia para a implementação do sistema de gestão da manutenção)** - Esta norma será um guia que tem por finalidade definir os requisitos de um Sistema eficaz de Gestão da Manutenção, permitindo que as organizações definam uma Política de Manutenção e alcancem os objetivos de desempenho dos seus processos;
- **NP 4492:2010 (Requisitos para a Prestação de Serviços de Manutenção)** - Esta norma Portuguesa especifica os requisitos através dos quais os prestadores de serviço de manutenção devem demonstrar a sua aptidão, para, de forma consistente, proporcionar serviço que vá de encontro aos requisitos do cliente e das exigências legais e regulamentares aplicáveis. Todos os requisitos desta norma serão genéricos e pretende-se que sejam aplicáveis a todas as organizações, independentemente do tipo, dimensão e serviço que proporcionam.

5.3.4 Tipos de Manutenção

Existem vários tipos de manutenção que podem ser implementadas e estes são:

- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Preventiva Sistemática;
- Manutenção Condicionada;

5.3.4.1 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva abrange todo o tipo de manutenções que são efetuadas em equipamentos que não estão defeituosos nesse momento.

5.3.4.2 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva trata de casos em que se atua realizada uma modificação

Manutenção preditiva é a atuação realizada segundo uma modificação de parâmetros de condição ou de desempenho, com um acompanhamento metódico obrigatório.

Tem como objetivo a prevenção falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de vários fatores, permitindo a operação contínua do equipamento durante o maior intervalo de tempo possível.

Neste tipo de manutenção, a mão-de-obra terá de ser bem treinada, a fim de realizar diagnósticos rigorosos.

5.3.4.3 Manutenção Corretiva

É manutenção que intervém em equipamentos sob falha com o intuito de corrigir essa mesma falha.

A manutenção não planeada ou fortuita realizam-se a partir de falhas súbitas e imprevisíveis cujas ações não estão em manutenções predefinidas, originando um processo que termina com a correção da anomalia.

Este tipo de manutenção tem como base as modificações ou alterações periódicas ou aperiódicas tendo por objetivo a correção do desempenho do equipamento e/ou instalações e também de possibilitar ajustamentos a novas condições de funcionamento.

5.3.4.4 Manutenção Preventiva Sistemática

Este tipo de manutenção é idêntica à manutenção preventiva, porém difere nos intervalos de tempo entre manutenções, que são executadas em intervalos fixos, tais como quilômetros, horas ou ciclos. O tempo de vida dos componentes que sofrem a manutenção é dada pelo construtor ou pela experiência.

A Manutenção Preventiva Sistemática tem por objetivo executar uma manutenção de forma planeada com a intenção de reduzir avarias nos equipamentos. A calendarização destas manutenções dependem das recomendações dos fabricantes do equipamento em questão, do histórico acumulado, perfil de utilização e o meio onde estes estão instalados.

5.3.4.5 Manutenção Condicionada

Também chamada de "manutenção inteligente", é feita de acordo com condição dos componentes do equipamento em causa.

Este tipo de intervenção é realizado de forma preventiva, já que a manutenção é efetuada exclusivamente por manifestação de necessidade.

É dependente de um determinado acontecimento predeterminado, à informação de um sensor, a uma medida de um desgaste, ou um indicador que possa revelar o estado de degradação do equipamento.

5.3.5 Manutenção de uma Instalação de Iluminação Pública

Como foi dito anteriormente, um sistema de IP detém um número elevado de componentes, pelo que a sua operação e manutenção é uma tarefa árdua. A partir do momento inicial de operação, será óbvio que o sistema sofrerá deteriorações com o decorrer do tempo devido a:

- Diminuição do fluxo luminoso da fonte de luz;
- Avarias em fontes de luz;
- Acumulações de lixo e poeiras nas superfícies das luminárias e das fontes de luz;
- Degradações e idade dos componentes;

É de realçar que a minimização dos processos de manutenção é fundamental num projeto de IP e a técnica utilizada consiste na determinação do fator de manutenção.

5.3.5.1 Fatores de Manutenção para Projeto

Uma rede IP contém variados fatores de depreciação que contribuem para a redução do seu nível de iluminação. Como tal, determinar os parâmetros de iluminação de um projeto de IP é crucial a inclusão de um fator de manutenção que atendem à degradação do sistema a partir do momento de instalação. É a partir do cálculo do fator de manutenção e das marcações das manutenções sugeridas, pode-se antever a alteração dos níveis de luminância e iluminância no decorrer do tempo. Este fator é definido através de seis passos:

1. Escolher a fonte de luz e luminária a instalar;
2. Definir um intervalo de substituições em grupo das fontes luminosas, de acordo com a sua utilização anual;
3. Obter o FMLL (Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso);
4. Obter o FSL (Fator de Sobrevivência da Lâmpada);
5. Analisar as lâmpadas escolhidas, calculando o FML (Fator de Manutenção da Luminária);
6. Calcular o Fator de Manutenção através da seguinte fórmula:

$$FM = FMLL \times FSL \times FML \quad (5.1)$$

5.3.5.2 Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso (FMLL)

Gradualmente o fluxo luminoso de uma fonte luminosa vai decrescendo, com o balastro e o tipo de fonte a determinar o valor correto. É imperativa a recolha de dados atualizados dos fabricantes de equipamentos de iluminação pública com a finalidade de aferir o FMLL e o plano de manutenção que se deve empregar. Seguidamente estão indicados alguns exemplos comuns do FMLL.

Fonte luminosa	Número de horas de funcionamento (mil horas)				
	4	6	8	10	12
Vapor de Sódio de Alta Pressão	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Iodetos Metálicos	0,82	0,78	0,76	0,74	0,73
LED	-	-	-	-	0,95

Figura 5.8: Valores do FMLL

5.3.5.3 Fator de Sobrevivência da Lâmpada (FSL)

No FSL é a potência, o tipo de fonte luminosa, o balastro ou driver e a frequência de comutação que determinam o seu valor exato. A tabela em seguida demonstra a probabilidade das fontes luminosas permanecerem operacionais num intervalo de tempo.

Fonte luminosa	Número de horas de funcionamento (mil horas)				
	4	6	8	10	12
Vapor de Sódio de Alta Pressão	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Iodetos Metálicos	0,82	0,78	0,76	0,74	0,73
LED	-	-	-	-	0,95

Figura 5.9: Valores do FSL

5.3.5.4 Fator de Manutenção da Luminária (FML)

A redução gradual da intensidade luminosa está diretamente relacionada com o tipo de detritos presentes num determinado local, o tipo de fonte de luz, o design e os materiais usados na conceção da luminária, o seu sistema de auto-limpeza e os índices de proteção. A obtenção de informações sobre a sujidade presente no local de instalação da rede IP é fulcral para a análise da manutenção do sistema, com o objetivo de realizar uma limpeza adequada e de escolher, de forma oportuna, o tipo de luminária a implementar.

A definição dos dois tipos de poluição são as seguintes:

- Alta: proximidade de locais com atividades que geram poeiras e fumos, que influenciam as luminárias;

- Baixa: Mais comum em locais de residências ou zonas rurais, com tráfego ligeiro. Geração de fumo e poeiras no local é praticamente nula (nível de partículas no ambiente é menor que $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$);

Os valores do FML têm em consideração o tipo de luminária e o tempo de exposição em determinadas condições de poluição.

Tipo de Luminária	Nível de Poluição	Tempo de operação (mil horas)		
		4	8	12
IP 55 Difusor de Plástico	Alto	0,87	0,71	0,61
	Baixo	0,92	0,80	0,71
IP 65 Difusor de Plástico	Alto	0,89	0,76	0,66
	Baixo	0,95	0,84	0,76
IP 65 Difusor de Vidro	Alto	0,94	0,84	0,76
	Baixo	0,97	0,90	0,82
IP 66 Difusor de Plástico	Alto	-	0,81	0,74
	Baixo	0,95	0,87	0,81
IP 66 Difusor de Vidro	Alto	-	0,88	0,83
	Baixo	0,97	0,93	0,88

Figura 5.10: Valores do FML

Quando se calcula o fator de manutenção deve ser admitido um período de três anos, ou seja, cerca de 12000 horas, pois são os valores estipulados.

Um exemplo para o cálculo de um fator de manutenção é o seguinte:

- LED com luminária IP66, difusor de vidro com baixo nível de poluição, fica:

$$FM = 0,95 \times 0,95 \times 0,88 = 0,8 \quad (5.2)$$

Capítulo 6

Casos de Estudo

Neste capítulo serão divulgados os processos, cálculos e resultados dos casos de estudo da forma alargada. Para a leitura do estudo com maior pormenor, as plantas e todos os equipamentos que foram necessários para a análise dos casos podem ser encontrados nos Anexos.

6.1 Nó de Nozelos

6.1.1 Caraterização do Nó

O nó de Nozelos foi inaugurado em 2011 e é o responsável pela ligação entre o IC5, que liga a A4 de Vila Real a Miranda do Douro, e o IP2, que liga a A25 junto a Celorico da Beira a Macedo de Cavaleiros e situa-se no nordeste de Portugal. Este nó tem o objetivo de encurtar distâncias nas localidades de Trás-os-Montes e Alto Douro, uma vez que existiam concelhos que não dispunham de soluções para transitar em vias rápidas, tanto nesta zona como para o litoral norte do país [23].

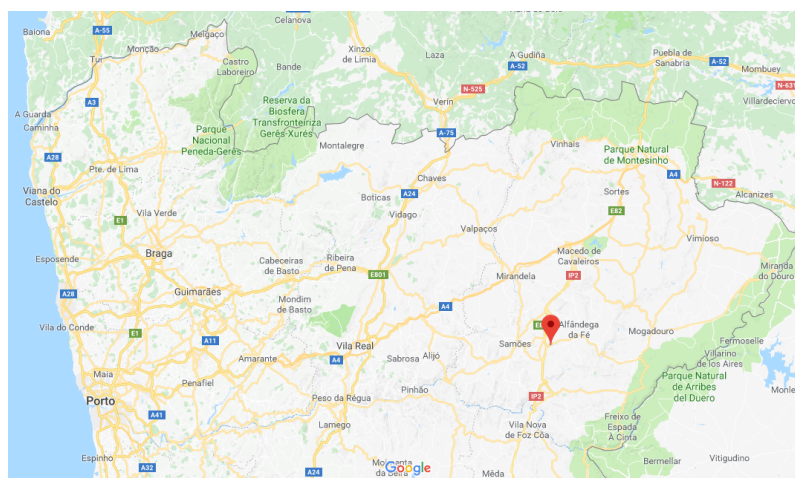


Figura 6.1: Localização do Nó de Nozelos

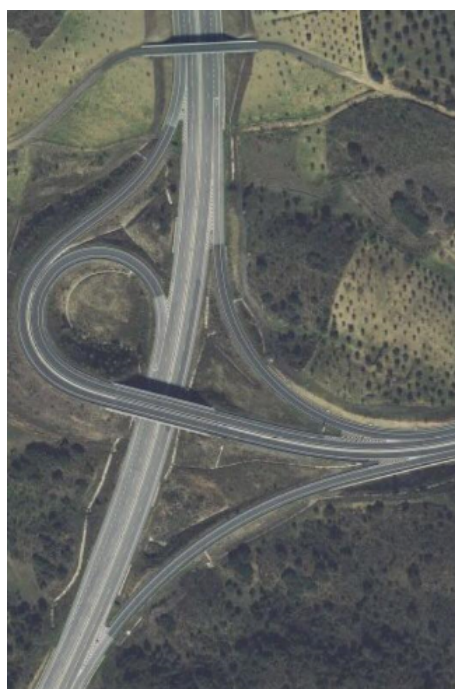


Figura 6.2: Imagem de Satélite do Nó de Nozelos

6.1.2 Classificação da Via

Antes de se tratar da análise técnica há que ter em conta o tipo de via que este nó está inserido e das suas dimensões para reter informações importantes para os trabalhos a implementar.

Este nó é composto por uma plena via com duas faixas de rodagem (com sentidos opostos) e cada uma com duas vias de trânsito. A totalidade das larguras das suas pistas de rodagem é de 8 metros com pistas de acostamento exteriores com largura de 1,5 metros. Ainda é composta por uma faixa central com largura de 2,6 metros. Também é constituída por um tipo de ramo que possui uma faixa de rodagem (com um sentido) que corresponde a uma única via de trânsito com uma largura de 4 metros, e pistas de acostamento com 1 metro (à direita) e 2,5 metros (à esquerda).

Tendo em conta os fatores de peso que se encontram na figura 6.1 foi possível realizar o cálculo final que indica a classe de iluminação deste nó.

Tabela 6.1: Classe de iluminação do nó de Nozelos (Pista de Rodagem e Pista de Acostamento)

NÓ	Pista de Rodagem		Pista de Acostamento	
	Cálculo	Classe de Iluminação	Cálculo	Classe de Iluminação
Plena Via	4	M4	4,5	C5
Ramo	4	M4	4,5	C5

Através da tabela 6.1 é possível concluir que a classe das pistas de rodagem, quer da plena via, como dos ramos pertencem à classe M4. Quanto às pistas de acostamento, também são classificadas de modo igual em todo o nó sendo de classe C5.

Quanto à sua classe de pavimento, devido ao facto de este ser composto por asfalto com agregado escuro, está identificado como R3.

6.1.3 Análise das Faturas Energéticas

A fim de seguir os princípios da eficiência energética, há que pagar o menor valor possível para iguais consumos e, assim sendo, é fundamental verificar se a fatura energética atual deste nó será a melhor escolha ao analisar o consumo anual por horas de ponta, cheias, de vazio normal e de super vazio.

Atualmente, o nó de Nozelos é alimentado em Média Tensão, com a fatura atual a ser realizada pela Iberdrola em ciclo semanal com feriados e em regime tetra-horário. A potência instalada para a iluminação do nó conta com 10,9 kVA e potência contratada de 23,25 kW.

Os cálculos efetuados tiveram base em faturas mensais entre Janeiro e Dezembro de 2016 (12 meses).

Ao analisar os dados de consumos energéticos no nó de Nozelos, verifica-se que existe uma variação considerável de Abril a Setembro quando comparadas aos meses de Outubro a Março e isto deve-se ao maior período de exposição solar sendo que são meses correspondentes ao período de verão, ou seja, a iluminação estará ligada por um menor intervalo de tempo, diariamente.

Tabela 6.2: Consumos Mensais do Nó de Nozelos entre Janeiro e Dezembro de 2016

2016	Energia Ativa (kWh)			
Mês	Super Vazio	Vazio	Cheia	Ponta
Janeiro	1 160,99	1 448,22	1 106,99	495,56
Fevereiro	1 071,33	1 160,74	976,74	489,61
Março	1 124,35	978,81	1 000,94	419,13
Abril	1 072,38	974,66	1 011,63	40,00
Maió	1 013,33	918,11	920,88	23,06
Junho	903,60	833,65	843,02	23,41
Julho	939,62	826,90	908,02	24,59
Agosto	1 005,26	882,19	970,58	24,77
Setembro	991,18	915,98	1 055,94	24,70
Outubro	1 035,49	1 207,70	1 098,68	125,01
Novembro	1 096,21	1 312,03	1 112,89	432,92
Dezembro	1 192,82	1 511,16	1 192,11	520,08
Total	12 606,58	12 970,15	12 198,41	2 642,84

Também é notória a diminuição dos consumos em períodos de ponta nestes meses (de Abril a Setembro), pois no verão o período de ponta conta com menos duas horas em relação ao inverno e também pelo facto de não haver necessidade das luminárias estarem acesas uma vez que há maior exposição solar. O período de super vazio não apresenta variações significativas durante o ano, uma vez que este período corresponde ao horário noturno, que estão obrigatoriamente ligadas.

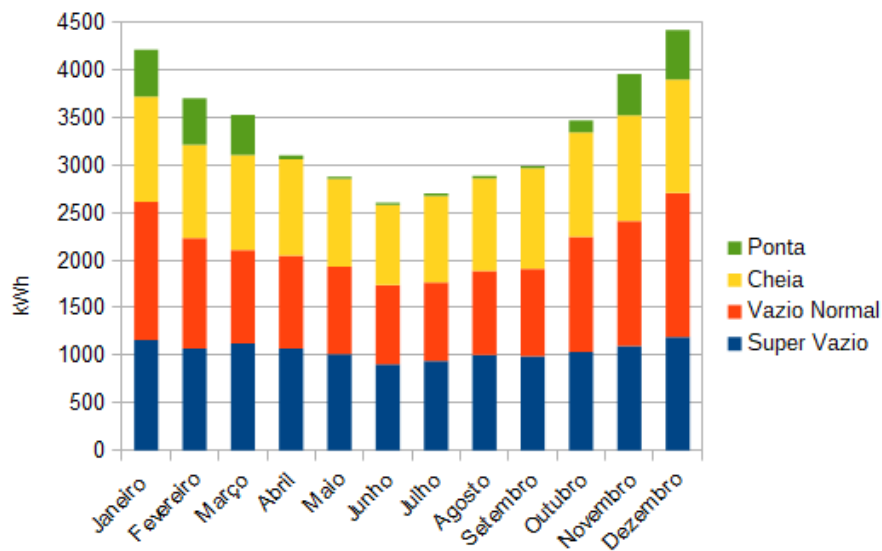


Figura 6.3: Gráfico dos Consumos Mensais do Nó de Nozelos entre Janeiro e Dezembro de 2016

Com a conclusão da análise à fatura atual deste nó, passou-se para a análise de tarifários de vários comercializadores energéticos a fim de verificar se é possível diminuir custos de consumos.

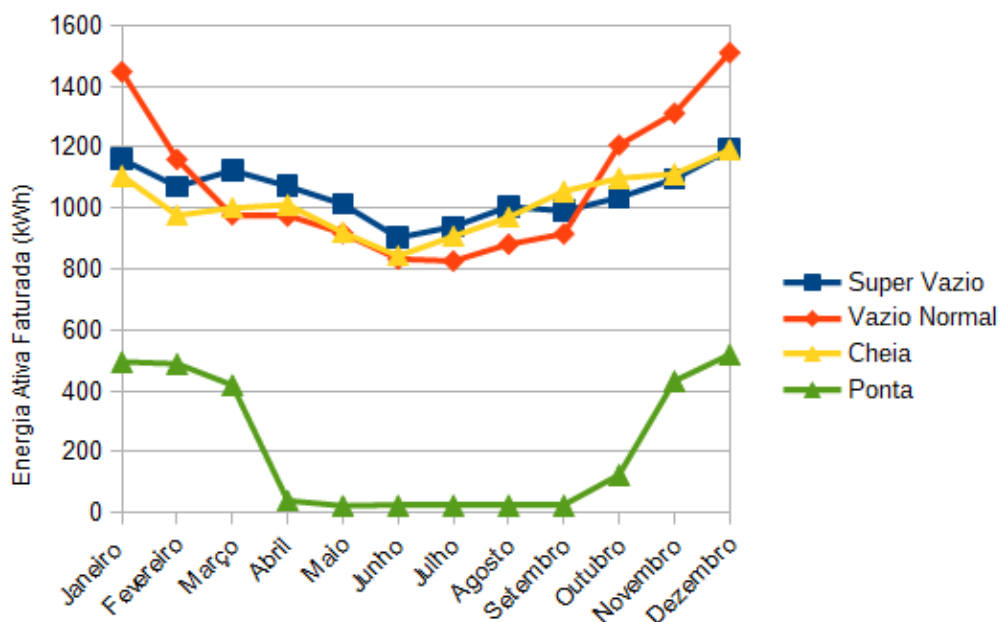


Figura 6.4: Gráfico da Energia Ativa Faturada no Nó de Nozelos entre Janeiro e Dezembro de 2016

6.1.3.1 Fatura Atual (Iberdrola)

Os custo final foi calculado a partir do somatório dos custos dos termos da energia ativa e redes de energia (horas de ponta, horas cheias, horas de vazio norma e horas de super vazio), do termo de redes de potência (potência contratada e horas de ponta) e das taxas e impostos (Imposto Sobre Eletricidade, IVA, Contribuição Audiovisual e IVA da Contribuição Audiovisual). Estes custos foram obtidos com o produto entre o consumo e a sua respetiva taxa.

Tabela 6.3: Custo do consumo do nó de Nozelos com a fatura atual (Iberdrola)

Iberdrola (Fatura Atual)				
Energia Ativa	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,033596	12606,5784	1	423,53
Horas de Vazio Normal	0,040762	12970,149	1	528,69
Horas Cheias	0,052321	12198,4077	1	638,23
Horas de Ponta	0,058051	2642,8409	1	153,42
Termo de redes Energia	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,0219	12606,5784	1	276,08
Horas de Vazio Normal	0,0224	12970,149	1	290,53
Horas Cheias	0,0406	12198,4077	1	495,26
Horas de Ponta	0,047	2642,8409	1	124,21
Termo de redes Potência	€/kW	kW	Nº meses	Total (€)
Horas de Ponta	0,2263	549,9732066666667	1	124,46
Potência Contratada	0,032	8509,5	1	272,30
Taxas e Impostos	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	40417,976	1	40,42
IVA				774,44
Contribuição Audiovisual				34,20
IVA Contribuição Audiovisual				2,05
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)		3 326,72		
TOTAL (€)		4 177,83		

6.1.3.2 Alternativas de Faturas

A Fenosa disponibiliza um serviço de fornecimento em MT com ciclo semanal e regime tetra-horário (horas de ponta, horas cheias, horas de vazio normal e horas de super vazio), sendo que, foram utilizados os mesmos processos de cálculo de custos que foram utilizados na fatura atual. O resultado final (4953,56 euros) demonstra ser mais elevado do que a fatura atual, ou seja, esta tarifa não otimiza a rede IP do nó de Nozelos.

Tabela 6.4: Tarifa e custos totais da fatura da Fenosa (MT)

Fenosa				
Energia Ativa e Termo de Redes de Energia	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,0752	12606,5784	1	948,01
Horas de Vazio Normal	0,07745	12970,149	1	1 004,54
Horas Cheias	0,10115	12198,4077	1	1 233,87
Horas de Ponta	0,10875	2642,8409	1	287,41
Termo de redes Potência	€/kW	kW	Nº meses	Total (€)
Horas de Ponta	0,264099	549,9732	1	145,25
Potência Contratada	0,039748	8509,5	1	338,24
Taxas e Impostos	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	40417,976	1	40,42
IVA				919,48
Contribuição Audiovisual				34,20
IVA Contribuição Audiovisual				2,05
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)		3 957,31		
TOTAL (€)		4 953,46		

A LUZBOA disponibiliza um serviço de fornecimento em MT com ciclo semanal e regime tetra-horário, sendo que, os preços do termo de redes de energia estão decompostos em períodos de verão e de inverno. O resultado final (4694,57 euros) demonstra ser mais elevado do que a fatura atual, ou seja, esta tarifa não otimiza a rede IP do nó de Nozelos.

Tabela 6.5: Tarifa e custos totais da fatura da LUZBOA (MT)

LUZBOA				
Energia Ativa	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,046	12606,5784	1	579,90
Horas de Vazio Normal	0,053	12970,149	1	687,42
Horas Cheias	0,055	12198,4077	1	670,91
Horas de Ponta	0,061	2642,8409	1	161,21
Horário de Inverno (Pr.I e IV)	€/kW	kW	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,0212	6681,1999	1	141,64
Horas de Vazio Normal	0,0221	7618,6555	1	168,37
Horas Cheias	0,0401	6488,3432	1	260,18
Horas de Ponta	0,0463	2482,3032	1	114,93
Horário de Verão (Pr. II e III)	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,0214	5925,3785	1	126,80
Horas de Vazio Normal	0,022	5351,4935	1	117,73
Horas Cheias	0,0398	5710,0645	1	227,26
Horas de Ponta	0,046	160,5377	1	7,38
Termo de redes Potência	€/kW	kW	Nº meses	Total (€)
Horas de Ponta	0,2641	549,9732	1	145,25
Potência Contratada	0,0397	8509,5	1	337,83
Taxas e Impostos	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	40417,976	1	40,42
IVA				871,07
Contribuição Audiovisual				34,20
IVA Contribuição Audiovisual				2,05
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)		3 746,83		
TOTAL (€)		4 694,57		

A HEN disponibiliza um serviço de fornecimento em MT com ciclo semanal e regime tetra-horário, sendo que, os preços do termo de redes de energia e de energia ativa estão agregados. O resultado final (4893,14 euros) demonstra ser mais elevado do que a fatura atual, ou seja, esta tarifa não otimiza a rede IP do nó de Nozelos.

Tabela 6.6: Tarifa e custos totais da fatura da HEN (MT)

HEN				
Energia Ativa e Termo de Redes de Energia	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,0678	12606,5784	1	854,73
Horas de Vazio Normal	0,0764	12970,149	1	990,92
Horas Cheias	0,1044	12198,4077	1	1 273,51
Horas de Ponta	0,1158	2642,8409	1	306,04
Termo de redes Potência	€/kW	kW	Nº meses	Total (€)
Horas de Ponta	0,2641	549,9732	1	145,25
Potência Contratada	0,0397	8509,5	1	337,83
Taxas e Impostos	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	40417,976	1	40,42
IVA				908,20
Contribuição Audiovisual				34,20
IVA Contribuição Audiovisual				2,05
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)		3 908,28		
TOTAL (€)		4 893,14		

A EDP Serviço Universal fornece um serviço em MT com ciclo semanal e regime tetra-horário, sendo que, estes preços são os mesmos que são oferecidos pelo mercado regulado. Para os três tarifários (curtas, médias ou longas utilizações), os resultados finais demonstram ser mais elevados do que a fatura atual, ou seja, esta tarifa não otimiza a rede IP do nó de Nozelos. Devido à grande extensão da totalidade da tabela da EDP Serviço Universal (preços e custos), esta encontra-se no Anexo A.

Tabela 6.7: Custos totais da fatura da EDP Serviço Universal (MT)

EDP (Serviço Universal)	
Curtas Utilizações	
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)	5 076,56
TOTAL (€)	6 330,13
Médias Utilizações	
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)	4 833,58
TOTAL (€)	6 031,27
Longas Utilizações	
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)	4 781,48
TOTAL (€)	5 967,18

A Energia Simples fornece um serviço em MT com ciclo semanal e regime tetra-horário, sendo que, os preços do termo de redes de energia estão decompostos em períodos de verão e de inverno. O resultado final (4564,36 euros) demonstra ser mais elevado do que a fatura atual, ou seja, esta tarifa não otimiza a rede IP do nó de Nozelos.

Tabela 6.8: Tarifa e custos totais da fatura da Energia Simples (MT)

Energia Simples				
Energia Ativa	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,045745	12606,5784	1	576,69
Horas de Vazio Normal	0,050355	12970,149	1	653,11
Horas Cheias	0,056275	12198,4077	1	686,47
Horas de Ponta	0,056945	2642,8409	1	150,50
Horário de Inverno (Pr.I e IV)	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,0212	6681,1999	1	141,64
Horas de Vazio Normal	0,0221	7618,6555	1	168,37
Horas Cheias	0,0401	6488,3432	1	260,18
Horas de Ponta	0,0463	2482,3032	1	114,93
Horário de Verão (Pr. II e III)	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,0214	5925,3785	1	126,80
Horas de Vazio Normal	0,022	5351,4935	1	117,73
Horas Cheias	0,0398	5710,0645	1	227,26
Horas de Ponta	0,046	160,5377	1	7,38
Termo de redes Potência	€/kW	kW	Nº meses	Total (€)
Horas de Ponta	0,2641	549,97321	1	145,25
Potência Contratada	0,0397	8509,5	1	337,83
Taxas e Impostos	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	40417,976	1	40,42
IVA				863,55
Contribuição Audiovisual				34,20
IVA Contribuição Audiovisual				2,05
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)		3 714,15		
TOTAL (€)		4 654,36		

6.1.3.3 Análise Final das Faturas

A análise final de todas as tarifas estudadas revela que a fatura energética atual, pertencente à Iberdrola é o adequado para este nó, o que significa que quanto ao aspeto dos tarifários este caso já se encontra otimizado. Estas conclusões encontram-se na tabela 6.9.

Tabela 6.9: Análise final das faturas energéticas para o nó de Nozelos

Empresa	Custo Anual (€)		Diferença relativa ao atual tarifário (€)	
	Com Impostos e Taxas	Sem Impostos e Taxas	Com Impostos e Taxas	Sem Impostos e Taxas
Iberdrola (Fatura Atual)	4 177,83	3 326,72		
Fenosa	4 953,46	3 957,31	775,63	630,59
LUZBOA	4 694,57	3 746,83	516,74	420,11
Hen	4 893,14	3 908,28	715,31	581,56
EDP (Serviço Universal)				
Curtas Utilizações	6 330,13	5 076,56	2 152,3	1 749,84
Médias Utilizações	6 031,27	4 833,58	1 853,44	1 506,86
Longas Utilizações	5 967,18	4 781,48	476,53	387,43
Energia Simples	4 654,36	5 076,56	2 152,3	1 749,84

De facto é a fatura atual da *Iberdrola* (a amarelo) a que apresenta custos menores, de acordo com a tabela 6.9.

6.1.4 Luminárias

Para a obtenção de um conhecimento mais aprofundado do nó de Nozelos, fez-se um levantamento das luminárias que estão atualmente instaladas.

Neste nó é constituído por um total de 65 luminárias LED do modelo *Exporlux RoadLED 90 e 180* divididas por dois tipos de zonas:

- Na plena via com 44 luminárias de disposição bilateral com faixa central, com uma altura de montagem de 12 metros, distâncias entre luminárias de 40 metros e uma potência de 162 watt ou 197 watt;

- No tipo de ramo com 21 luminárias de disposição unilateral, com uma altura de montagem de 8 metros, distâncias entre luminárias de 30 metros e uma potência de 86 watt;

É possível observar a distribuição das luminárias do nó de Nozelos a partir da sua planta que se encontra no Anexo. Também as fichas técnicas das luminárias *Exporlux RoadLED 90* e *Exporlux RoadLED 180* estão disponíveis no Anexo B.

6.1.5 Projeto Fotovoltaico de Pequena Produção (UPP)

Como foi dito anteriormente, foi proposta a implementação de um sistema fotovoltaico para o nó de Nozelos e, sendo um sistema de iluminação pública este não poderá ser independente, em termos energéticos. Como tal, a solução passa por estabelecer um regime sem autoconsumo, ou seja, uma unidade de pequena produção (UPP) onde a energia produzida é totalmente injetada na Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) [24].

O regime de UPP, de acordo com o Decreto-Lei nº153/2014 de 20 de Outubro de 2014 tem as seguintes características:

- A UPP injeta na RESP a totalidade da sua energia produzida;
- A instalação de consumo em questão, recebe toda a eletricidade proveniente do respetivo comercializador;
- A UPP é instalada no local de consumo;
- A potência de ligação da UPP tem de ser inferior à potência contratada na instalação de consumo e nunca superior a 250 kW.
- Anualmente, a produção de energia por parte da UPP não pode ser superior ao dobro do consumo da instalação de utilização;

6.1.5.1 Localização Geográfica, Orientação e Inclinação

O local da instalação do sistema fotovoltaico está precisamente localizada nas coordenadas 41,3°N 7,1°W, que pode ser consultado na figura 6.5, retirada do *Google Maps* [25].

Este local pertence ao espaço que está delimitado pelo IC5, pelo IP2 e o ramo de saída do IC5 para o IP2 no sentido Guarda/Bragança e foi escolhido devido à sua extensão, ao seu bom nivelamento e também porque existe a garantia de que esta área pertence à concessão desta via que é gerida pela *Ascendi*.

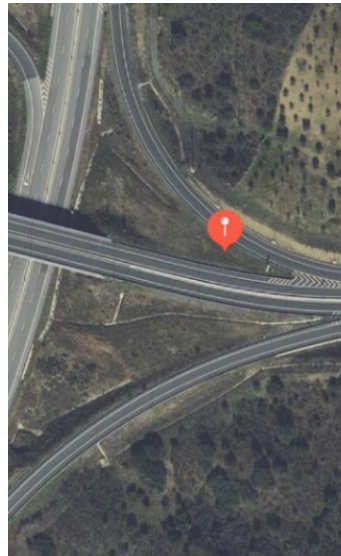


Figura 6.5: Local da Instalação (Vista por Satélite)



Figura 6.6: Local da Instalação

A área total de ocupação dos painéis será de aproximadamente 497 m^2 , com uma inclinação ótima de 33° e um azimute de 0° [26].

A instalação dos painéis irão requerer estruturas para a obtenção da inclinação ótima, uma vez que o local onde estes serão instalados é praticamente plano. Também terá de haver algum espaçamento entre os painéis, devido ao sombreamento entre estes que será calculado mais tarde.

6.1.5.2 Estudo do Recurso Solar no Local da Instalação

A averiguação do recurso solar na localização da implementação do sistema fotovoltaico é de extrema pertinência uma vez que este fator poderá ter um impacto económico no projeto.

Foi possível realizar uma estimativa mensal da irradiação no local da instalação através da ferramenta *PVGIS*. Foram estimados, de igual modo, os valores da irradiação mensal no local para

uma inclinação dos painéis em 0° para atingir um modo de comparação com a inclinação ótima (33°).

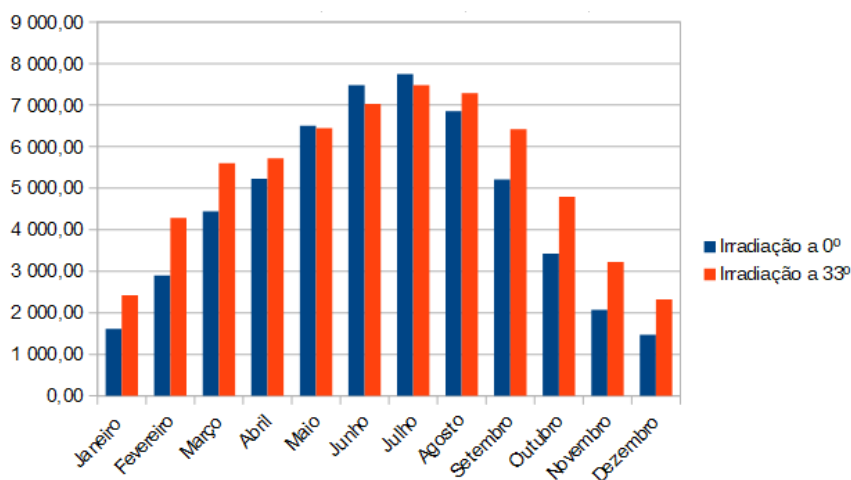


Figura 6.7: Comparação entre a irradiação no local com plano horizontal e com ângulo ótimo (33 graus)

É possível verificar no gráfico 6.7 que existem maiores valores de irradiação com a inclinação ótima (33°) para a maior parte do ano, porém, na época de final de primavera/início do verão, quando existe maior exposição solar e irradiação solar, com a inclinação a 0° obtém-se melhores resultados. Isto deve-se ao facto de que com inclinação dos painéis, possa existir sombreamento e consequentemente, menor rendimento do sistema.

6.1.5.3 Escolha dos Painéis Solares

É imperativo que seja elaborado o estudo do mercado na procura de um painel solar mais adequado para uma determinada situação, uma vez que nesta escolha fica desde então definida a potência de ligação do sistema, o número de painéis que é possível colocar numa determinada área e a energia que pode ser produzida por esse mesmo sistema.

O painel que foi escolhido é o *Mprime G Séries GENIUS 4BB 260* da fabricante *Matrifer Solar*, de potência máxima de 260 W.

Esta seleção teve em conta que este painel oferece um desempenho linear durante 25 anos com uma taxa de degradação de 0,56% da sua produção, para além de que é oferecida uma garantia de 10 anos na aquisição de cada painel.

Na tabela 6.10 estão referenciados algumas características técnicas acerca deste painel, porém para a obtenção de informações de forma mais detalhada, a sua ficha técnica está disponível no Anexo D.

Tabela 6.10: Algumas especificações técnicas do painel solar *Mprime G Séries GENIUS 4BB 260*

Painel Solar	
Modelo	<i>MPrime G Séries GENIUS 4BB 260 (Martifer)</i>
Dimensões	1640x992x40mm
Potência Nominal (Wp)	260,00
Corrente em MPP (A)	8,52
Tensão MPP (V)	30,50
Tensão de Circuito Aberto (V)	37,80
Corrente de Curto-circuito (A)	9,06
Coeficientes de Temperatura	
Tensão (β)	-0,33°C

6.1.5.4 Definição do Número Mínimo e Máximo de Painéis por *String*

Para obter estes dois valores, as temperaturas extremas, que têm efeito na tensão, terão de ser averiguadas. Para este estudo utilizou-se um valor mínimo de -10°C e um valor máximo de 70°C , que são valores dificilmente atingíveis.

Procede-se então, para o cálculo da tensão do painel em circuito aberto (V_{ca}) a -10°C e da sua tensão MPP (V_{MPP}) a 70°C . O cálculo da diferença de temperatura (ΔT) é em relação aos 25°C .

O número máximo de painéis por *string* já pode ser determinado e é calculado pela razão entre a tensão máxima do inversor e a tensão em circuito aberto do módulo à sua temperatura mínima (-10°C).

$$V_{ca}(-10^{\circ}\text{C}) = \left(1 - \frac{\Delta T \times \beta}{100}\right) \times V_{oc} = \left(1 - \frac{35 \times (-0,33)}{100}\right) \times 37,80 = 42,17\text{V} \quad (6.1)$$

$$V_{MPP}(70^{\circ}\text{C}) = \left(1 - \frac{\Delta T \times \beta}{100}\right) \times V_{MPP} = \left(1 - \frac{45 \times (-0,33)}{100}\right) \times 30,50 = 34,02\text{V} \quad (6.2)$$

O número máximo de painéis por *string* já pode ser determinado e é calculado pela razão entre a tensão máxima do inversor e a tensão em circuito aberto do módulo à sua temperatura mínima (-10°C).

$$N_{\text{maxpainéis}} = \frac{V_{\text{maxInv}}}{V_{ca}(-10^{\circ}\text{C})} = \frac{1000}{42,17} = 23,72 \quad (6.3)$$

Conclui-se então, que o número máximo de painéis por *string* a implementar é de 23 painéis, uma vez que tem de existir um arredondamento por defeito.

Também é possível calcular o número mínimo de painéis por *string* e, para tal, presume-se a situação em que o sistema fotovoltaico é interrompido abruptamente, originando uma tensão em circuito aberto elevada. Para tal acontecer é necessário que a tensão de entrada no inversor seja superior à tensão em circuito aberto na *string*. O número mínimo de painéis por *string* é determinado pela razão entre a tensão MPP mínima do inversor e a tensão do módulo à sua temperatura máxima (70°C).

$$N_{\text{minpainéis}} = \frac{V_{\text{minInv}}}{V_{\text{MPP}}(70^{\circ}\text{C})} = \frac{390}{34,02} = 11,46 \quad (6.4)$$

Uma vez que este valor terá de ser arredondado por excesso, o valor mínimo de painéis por *string* é de 12 painéis.

6.1.5.5 Sombreamento

Como já foi mencionado, o fator do sombreamento é extremamente importante no planeamento de um sistema fotovoltaico, uma vez que terá de existir um espaçamento suficientemente aceitável entre filas de painéis aquando da instalação de estruturas de suporte para inclinação dos painéis, a fim de não existirem sombras em nenhum painel, como é o caso.

- **Altura mínima do Sol**

É necessário tomar conhecimento da altura mínima do Sol para determinar a distância entre fileiras. Para realizar este cálculo há que ter em conta alguns parâmetros como:

- O valor da latitude do local de instalação do sistema fotovoltaico (nó de Nozelos): 41,3°;
- O ângulo horário solar que na hora na qual o cálculo é realizado é de 0°;
- A declinação solar em Portugal, que se encontra no hemisfério norte e no solstício de Inverno, que é de -23,45°;
- A hora solar, sendo que a hora utilizada foi o meio-dia (12:00 horas);

Com as grandezas necessárias reunidas, avança-se para o cálculo da altura mínima do Sol.

$$\sin(\beta) = \sin(41,3) \times \sin(-23,45) + \cos(41,3) \times \cos(-23,45) \times \cos(0) \quad (6.5)$$

$$\beta = 25,25^{\circ}$$

- **Altura do módulo**

As dimensões do painel fotovoltaico são de 1,64 metros de comprimento, 0,992 metros de largura e vai ser instalado a uma inclinação de 33°.

Agora é necessário determinar a altura desde o solo até à parte superior do módulo quando este estiver inclinado e, para tal, recorre-se aos princípios da trigonometria.

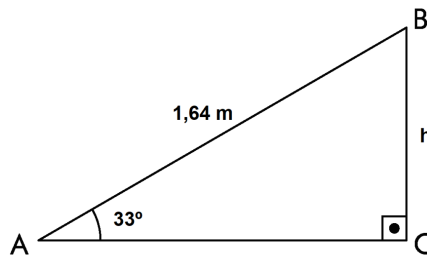


Figura 6.8: Altura do painel com inclinação de 33 graus

$$\sin(33) = \frac{h}{1,64} \quad (6.6)$$

$$h = \sin(33) \times 1,64 = 0,89m \quad (6.7)$$

Para uma inclinação de 33° a altura da parte superior do painel é de 0,89 metros.

Para calcular a distância de sombreamento é necessário calcular o comprimento do cateto adjacente do painel a somar com o comprimento entre o último ponto do painel ao primeiro ponto do painel que está atrás.

O cateto adjacente é calculado através de cálculos trigonométricos.

$$\cos(33) = \frac{CA}{1,64} \quad (6.8)$$

$$CA = \cos(33) \times 1,64 = 1,38m$$

O comprimento entre o último ponto do painel ao primeiro ponto do painel que está atrás, foi chamado de "c" vai ser calculado com recurso ao ângulo da altura mínima do Sol. Com o auxílio do teorema de Pitágoras consegue-se chegar à solução ao estabelecer um novo triângulo retângulo onde o cateto oposto é a altura do painel da frente (h), e o cateto adjacente o comprimento "c".

$$\tan(25,25) = \frac{0,89}{c} \quad (6.9)$$

$$c = \frac{0,89}{\tan(25,25)} = 1,89m$$

Por fim, basta somar o comprimento "c" com o cateto adjacente "CA" para se conhecer a distância de sombreamento (d_{somb})

$$d_{\text{somb}} = CA + c = 1,38 + 1,89 = 3,27m \quad (6.10)$$

Chega-se à conclusão que a distância de sombreamento é de 3,27 metros.

6.1.5.6 Escolha do Inversor

O inversor é um equipamento essencial num sistema fotovoltaico, já que é este quem converte a corrente contínua (CC), produzida pelos painéis fotovoltaicos, para corrente alternada (AC), para que possa então, ser injetada na rede pública. Ainda têm um papel adicional e igualmente importante que é o de colocar os painéis solares a funcionarem sempre na sua potência máxima.

Tal como foi elaborado na escolha dos painéis solares, aqui também se procurou de forma a que o inversor seja o mais adequado possível e, após essa procura, escolheu-se o inversor *Sunny Tripower 25000TL-20* da fabricante *SMA* devido às suas principais características que são propícias às condições a implementar no sistema fotovoltaico que estão descritas na tabela 6.11.

Tabela 6.11: Algumas especificações técnicas do inversor *Sunny Tripower 25000TL-20*

Inversor	
Modelo	<i>Sunny Tripower 25000TL-20 (SMA)</i>
Potência atribuída CC (W)	25550
Tensão máx. de entrada (V)	1000
Tensão mín. de entrada (V)	150
Corrente máx. de saída (A)	36,2
Rendimento máximo (%)	98,3

Além do mais, este inversor vem equipado com tecnologia *Multi-String*, que dispõe de duas entradas MPP e cumpre com todos os requisitos no que toca à fiabilidade na gestão da rede.

A ficha técnica deste inversor pode ser encontrada no Anexo D, para uma consulta mais detalhada das suas características.

6.1.5.7 Configuração do Sistema Fotovoltaico

Depois da escolha do modelo do painel e inversor estar concluída, há que analisar o consumo anual do nó de Nozelos.

Através da tabela 6.2 que já foi analisada, é possível extrair o consumo anual (de 2016) da instalação de iluminação, sendo o seu valor de 40 417,98 kWh.

Tendo em conta este valor de consumo e da legislação imposta em Portugal para o regime UPP, foi descrita acima terá de se saber os limites de produção de energia por parte do sistema fotovoltaico.

Se o consumo anual do nó é de 40417,98 kWh, significa que a produção máxima de energia é de 80835,95 kWh, porém a potência de ligação do sistema fotovoltaico não pode ser superior à potência contratada da instalação de consumo, que é de 23250 kW, o que vai limitar o valor de produção do sistema.

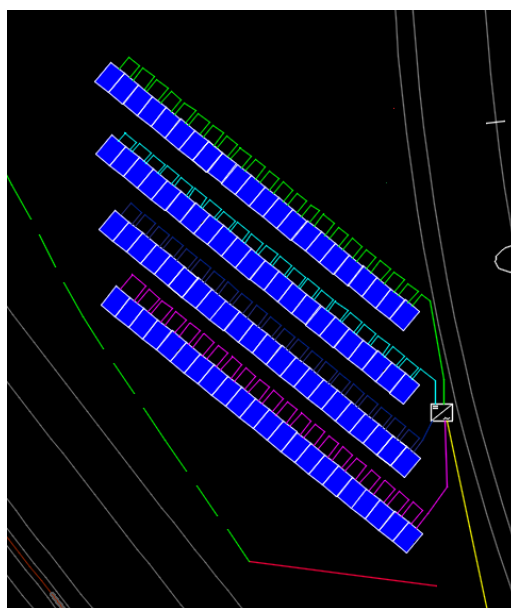


Figura 6.9: Disposição dos painéis fotovoltaicos e das strings no nó de Nozelos

Ao averiguar a solução projetada na figura 6.9 e sabendo que cada painel tem uma potência de ligação de 260 W, estima-se que, para não ultrapassar o valor da potência contratada (23,25 kW) o máximo número de painéis que se poderão instalar é de 88, o que significa que a potência de ligação total do sistema é de 22880 W.

Após a decisão do número de painéis a instalar, o passo seguinte foi de implementar esta solução no software *Sunny Design 3*. Foi utilizado este software pelo facto de este permitir o planeamento e o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

Sendo que a escolha do inversor já está estabelecida, com o *Sunny Tripower 25000TL- 20*, que dispõe de dois canais MPPT e sendo que se instalarão 88 painéis, é sugerido que se liguem 22 painéis por string, com cada canal com duas strings conectadas, ou seja que existam 4 strings de 22 painéis.

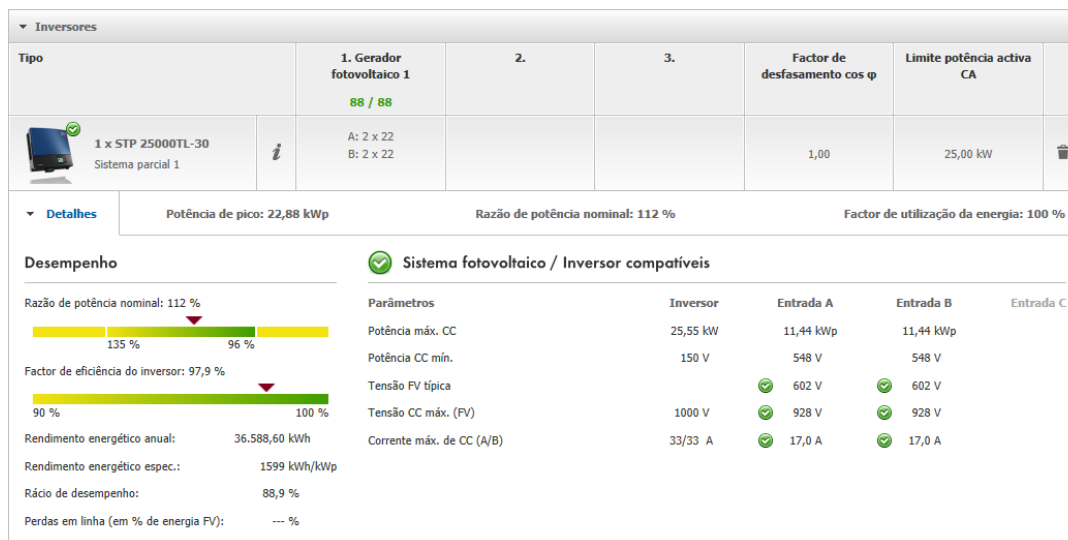


Figura 6.10: Dimensionamento dos painéis e inversor (*Sunny Design 3*)

Na figura 6.10 é possível observar a razão de potência nominal (quociente entre a potência de curto-circuito máxima do inversor e a potência de pico (potência de ligação) dos painéis) é de 112%. Sendo que a potência de um inversor deve ser 90% superior à potência de pico do sistema fotovoltaico e inferior a 120%, o inversor está bem dimensionado.

6.1.5.8 Dimensionamento dos Cabos e Proteções

O dimensionamento dos cabos e das proteções serão tratados nesta subsecção. Num sistema fotovoltaico existem dois lados, delimitados pelo inversor (conversão DC/AC), sendo eles o lado DC e o lado AC. O lado DC é todo o espaço que começa nos módulos que estão ligados por cabos DC que acabam no inversor, já o lado AC é o espaço que começa no inversor que vai ser ligado à rede elétrica. O inversor está conectado por cabos AC até a um Quadro Elétrico (QE), que por sua vez está ligado ao Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), que está ligado a um Posto de Transformação (PT).

Lado DC

O dimensionamento dos cabos e das proteções tem de ser realizado com rigor, pois terão de suportar as correntes provenientes da produção dos painéis fotovoltaicos e de garantir segurança em todo o sistema.

- **Cabo DC**

O dimensionamento dos cabos e das proteções tem de ser realizado com rigor, pois terão de suportar as correntes provenientes da produção dos painéis fotovoltaicos e de garantir segurança em todo o sistema.

Na projeção deste sistema, averiguou-se que os cabos em cada *string* teriam um comprimento máximo de 40 metros e utiliza-se este valor, pois é o caso mais desfavorável. Este cabo terá de suportar correntes até 25% superiores à corrente de curto-circuito dos painéis.

$$I_z \geq 1,25 \times I_{sc} \quad (6.11)$$

$$I_z \geq 11,33A$$

Em seguida será necessário determinar a secção do cabo a utilizar de modo a que se verifique a seguinte condição:

$$I_z \geq I_{cabo} \quad (6.12)$$

Será ainda necessário verificar a condição de queda de tensão máxima que não pode ultrapassar os 3%, porém é recomendado que não ultrapasse os 1%. A secção mínima a utilizar é calculada a partir da seguinte expressão:

$$S > \frac{2 \times L \times I_{cabo}}{1\% \times N_s \times \sigma \times V_{MPP}} \quad (6.13)$$

Em que:

- L - comprimento do cabo (m);
- N_s - Número de painéis por *string*;
- V_{MPP} - V_{MPP} do painel;
- σ - Condutividade do Cobre (56)

A secção mínima do cabo DC nas dadas condições é de 4mm². Com o auxílio do software *Sunny Design 3* foi possível averiguar os seguintes parâmetros.

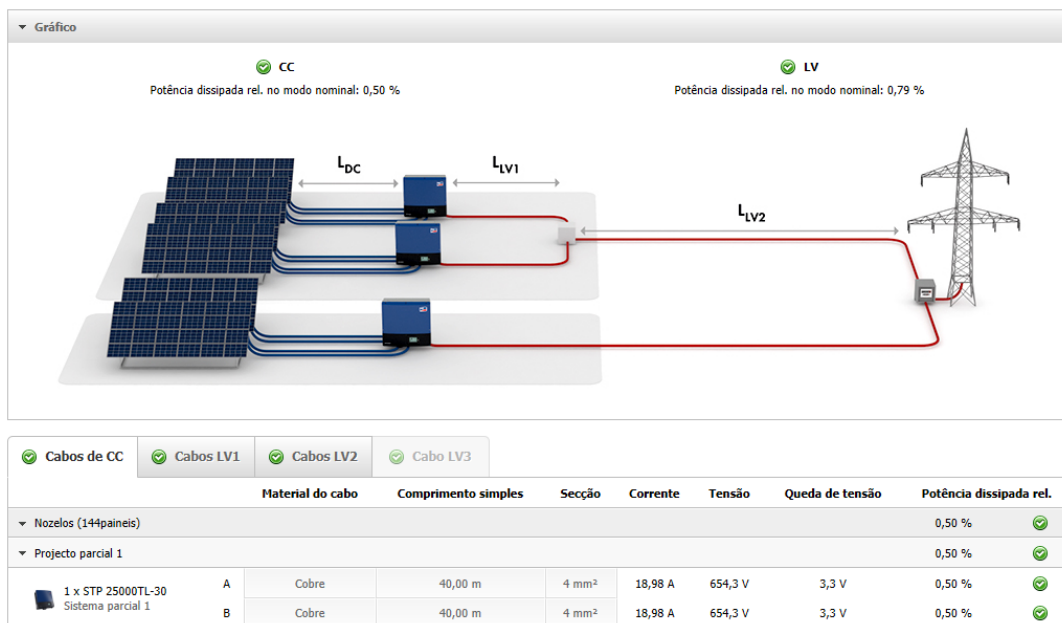


Figura 6.11: Dimensionamento dos Cabos DC no textitSunny Design 3

Tendo em conta a figura 6.11 é de verificar que realmente, o cabo para cada *string* é de 40 metros com uma secção de 4mm² e que a condição de queda de tensão é cumprida (0,5%). Foi então escolhido o cabo DC *TOP CABLE Top Solar PV ZZ-F/H1Z2Z2-K* de comprimento total de 320 metros (80 metros por *string*, pois o cabo é ligado ao inversor e retorna aos painéis).

• Fusível DC

São os fusíveis que separam os painéis solares e o inversor. Em todas as *strings* são instalados dois fusíveis, um para o terminal positivo e o segundo para o terminal negativo do cabo. Estes irão proteger e isolar, de uma forma independente cada *string*, ao serem colocados fusíveis nas suas extremidades.

O funcionamento de cada fusível passa por suportar tensões que são determinadas a partir da expressão que se segue:

$$V_{\text{fusível}} \geq N_s \times V_{\text{oc}} \times 1,15 \quad (6.14)$$

$$V_{\text{fusível}} \geq 22 \times 37,80 \times 1,15 = 956,34V$$

Em que:

- N_s - Número de painéis por *string*;
- V_{oc} - Tensão em circuito aberto do painel;

A expressão para a qual é possível calcular a corrente nominal de um fusível é a seguinte:

$$I_n \geq 1,56 \times I_{sc} \quad (6.15)$$

$$I_n \geq 1,56 \times 9,06 = 14,13A$$

Terão de ser adquiridos oito fusíveis, uma vez que existem quatro *strings* instaladas no sistema fotovoltaico.

Na escolha de um fusível, há que ter em conta que o seu calibre (I_n) terá de ser superior a 14,13 A e uma tensão estipulada superior a 956,34 V. Como tal, foi escolhido o fusível *LF302G* da fabricante *Hager*, com calibre de 15 A e de tensão estipulada de utilização de 1000 V. Para obter mais informações sobre este fusível, a sua ficha técnica encontra-se no Anexo D.

O investimento também terá de passar pela aquisição de oito porta-fusíveis (um por cada fusível) e de um vetor estanque. A escolha foi realizada na *Hager* com porta-fusíveis do modelo *L501PV* de intensidade nominal de 32 A e um vetor estanque (capaz de alojar os oito porta-fusíveis) do modelo *VE110SN*, que pode suportar até dez porta-fusíveis. As fichas técnicas, tanto do vetor estanque como do porta-fusíveis encontram-se no Anexo D.

• Interruptor DC

O interruptor será instalado entre o inversor e as *strings* de forma a poder isolar os módulos do inversor e o eventual contacto direto com o circuito aquando de uma manutenção ao sistema.

O dimensionamento do interruptor passa pelas seguintes condições:

$$V_n > N_s \times V_{ca}(-10^\circ C) = 22 \times 42,17 = 927,74V \quad (6.16)$$

$$I_n(DC) \geq 1,25 \times I_{sc}(FV) = 1,25 \times 9,06 = 11,33A \quad (6.17)$$

Em que:

- V_n - Tensão nominal do interruptor;
- N_s - Número de painéis por string;
- $V_{ca}(-10^\circ C)$ - Tensão em circuito aberto do painel à temperatura de $-10^\circ C$;
- $I_n(DC)$ - Corrente do interruptor;
- $I_{sc}(FV)$ - Corrente de curto-circuito de uma *string*;

Após realizados os cálculos, conclui-se que o interruptor terá de suportar uma tensão superior a 927,74 V e uma corrente superior a 11,33 A.

O interruptor DC escolhido também é da fabricante *Hager* de modelo *SB432PV* que dispõe de uma tensão estipulada de 1000 V e de intensidade nominal de 32 A. Será necessário um único interruptor, pois este modelo permite o seccionamento de quatro strings.

Lado AC

É a vez de se dimensionar os cabos e equipamentos de proteção no lado da corrente alternada, ou seja, todos os cabos e proteções que estão inseridos desde o inversor até ao QGBT. Para realizar o dimensionamento há que ter em consideração a arquitetura do lado AC do sistema, que é composto por um inversor que vai estar ligado a um quadro elétrico por cabos AC, que por sua vez irá ser ligado ao QGBT.

• Cabos AC

Quando se dimensionam cabos AC, a condição de queda de tensão é um fator preponderante. Uma vez mais é sabido que a queda de tensão não pode ser superior a 3%, no entanto a recomendação tem como valor máximo de 1%.

O passo inicial será de averiguar o valor da corrente de serviço e aplicar a condição de aquecimento através das seguintes expressões:

$$I_b \geq I_z \quad \text{onde} \quad I_z \geq f_c \times I'_z \quad (6.18)$$

Em que:

- I_b - Corrente de serviço da canalização;
- I_z - Corrente máxima admissível da canalização nas condições existentes, que são dadas pelo fator de correção, f_c ;
- I'_z - Corrente máxima admissível do cabo, disponível no RTIEBT [27] nos quadros 52-C1 ao 52-C30.

Foi estabelecido que o cabo que liga o inversor ao quadro elétrico (QE) está à vista e tem fixação direta, enquanto que o cabo que faz a conexão entre o quadro elétrico ao quadro geral de baixa tensão (QGBT) está enterrado em condutas circulares, devido à localização do QGBT que se encontra no lado oposto ao ramo do nó onde o quadro elétrico terá de ser instalado.

A determinação da secção mínima destes dois cabos passa por consultar uma vez mais o RTIEBT, mais precisamente o quadro 52-G para definir a referência que está dos quadros 52-C1 ao 52-C30 para então encontrar o método de referência mais apropriado para estes casos. O RTIEBT já estabelece secções tipo e também define secções mínimas, sendo que é de 10 mm² no caso da alma condutora ser de alumínio e de 6 mm² no caso da alma condutora ser de cobre.

Assim sendo, é agora necessário empregar as condições de proteção contra sobrecargas, que é verificada.

$$I_b \leq I_n \leq I_z \Rightarrow 36,2A \leq 40A \leq 119A \quad (6.19)$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z \Rightarrow 58A \leq 172,55A \quad (6.20)$$

Em que:

- I_n - Corrente nominal dos disjuntores ou dos fusíveis;
- I_2 - Corrente convencional de funcionamento dos disjuntores ou dos fusíveis;

Estes valores podem ser consultados no Quadro 5.1 do RSRDEEBT para os fusíveis e no quadro 22 do documento Tabelas, Regras e Dados diversos para os disjuntores [28].

Por fim, é aplicada a condição de queda de tensão.

$$\Delta U \leq \Delta U_N \quad (6.21)$$

$$\Delta U_N = r_f(^{\circ}C) \times L \times I_b \quad (6.22)$$

Em que:

- ΔU_N - Queda de tensão, que não pode ser superior que 1%;
- $r_f(^{\circ}C)$ - resistência linear do condutor de fase para a temperatura máxima de funcionamento;

A corrente de serviço (I_b) aplicada é a corrente máxima de saída do inversor (36,20 A). De notar que o isolamento escolhido para o cabo é PEX (Polietileno Reticulado), pelas sua resistência à propagação de fogos e características de isolamento.

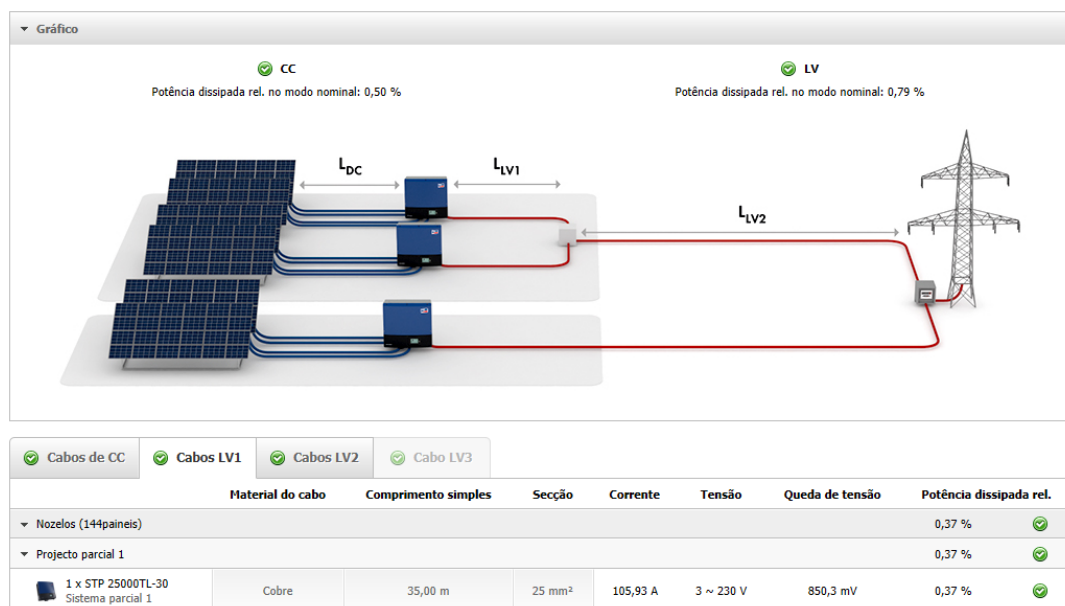


Figura 6.12: Dimensionamento do cabo AC desde o inversor até ao quadro elétrico no *Sunny Design 3*

Para a corrente de serviço atribuída e um comprimento de 35 metros, o software *Sunny Design 3* sugere utilizar cabo com secção por fase de 25 mm², o que resulta numa queda de tensão de 0,37%, ou seja, está dentro do limite da condição (inferior a 1%).

Realizou-se uma pesquisa para a escolha do cabo e a decisão final foi o cabo XV 3x25+16 da fabricante *Cabelte* [29].

A seguir, dimensiona-se o cabo situado entre o quadro elétrico e o QGBT. Tal como foi executado no cabo AC que liga inversor ao QE, foi concedido um comprimento também para este cabo e o valor é de 40 metros já que o QE se encontra algo afastado do QGBT (lados opostos de uma via).

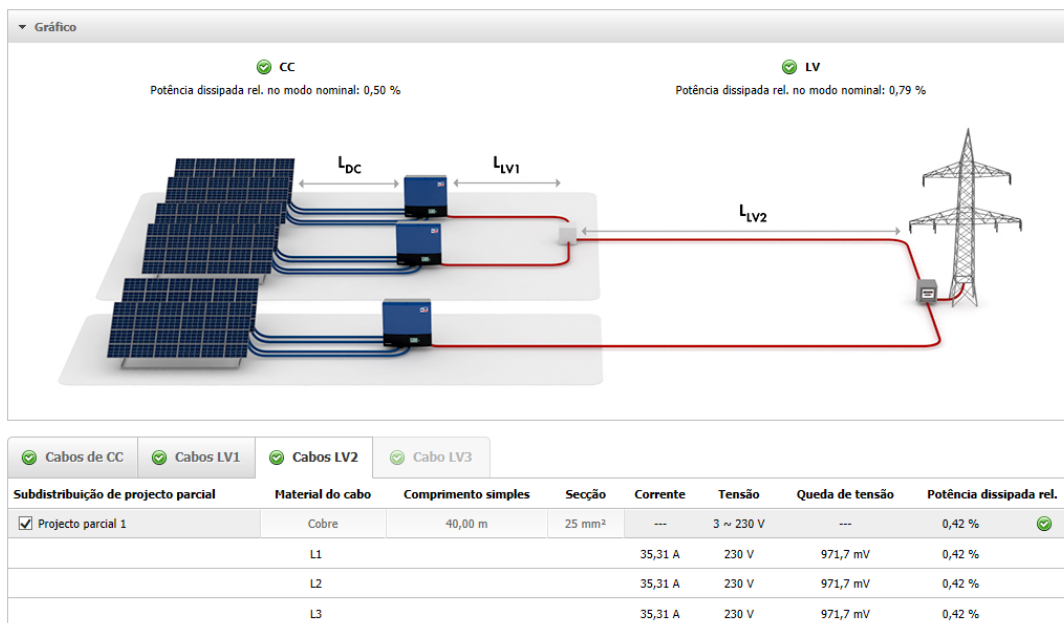


Figura 6.13: Dimensionamento do cabo AC desde o quadro elétrico ao QGBT no *Sunny Design 3*

Também neste cabo o *Sunny Design 3* recomenda uma secção por fase de 25 mm². Quanto à condição de queda de tensão, ela é respeitada, com um valor de 0,42%.

Assim sendo, o cabo será o mesmo que foi escolhido para o cabo anterior, da fabricante *Cabelte* (XV 3x25+16).

• Fusível AC

O equipamento de proteção escolhido para proteger o QE ao QGBT foi o fusível. Para a realização do dimensionamento deste fusível, é necessário tratar da condição de curto-circuito.

Em primeiro lugar, é calculada a corrente de curto-circuito mínima fase-neutro.

$$I_{ccFN \text{ mínima}} = \frac{c \times 230}{(r_f(20^\circ C) + r_n(20^\circ C)) \times K_{250^\circ C} \times l} \quad (6.23)$$

Em que:

- r_n - Resistência linear do neutro à temperatura de funcionamento;
- $K_{250^\circ\text{C}}$ - Coeficiente de correção da resistência à temperatura máxima de funcionamento (250°C);
- c - coeficiente da corrente de curto-circuito mínima (0,95);
- l - comprimento do cabo, em km;

É possível consultar o valor do $K_{250^\circ\text{C}}$ no quadro 6 do documento das Tabelas, Regras e Dados diversos [28].

$$I_{CCFN \text{ mínima}} = \frac{0,95 \times 230}{(0,727 + 1,15) \times 1,9085 \times 0,04} = 1524,88\text{A} \quad (6.24)$$

O passo seguinte será a determinação do tempo de fadiga térmica (t_{ft}).

$$t_{ft} = \left(\frac{K \times S}{I_{CCfn \text{ mínima}}} \right)^2 = \left(\frac{143 \times 16}{1524,88} \right)^2 = 2,25\text{s} \quad (6.25)$$

Em que:

- K - Coeficiente do tipo de isolamento (PEX) e alma condutora (cobre);
- S - Secção do neutro do cabo a utilizar;

A consulta do coeficiente K , que no caso em questão tem como valor 143, pode ser feita na secção 434.2 do RTIEBT.

Com o tempo de fadiga térmico calculado, a seguir analisa-se as curvas de funcionamento de fusíveis gL/gG, segundo a norma CEI269-2, para determinar o tempo de atuação do fusível (0,2 s). A condição de que o tempo de fadiga térmica tem de ser maior de que o tempo de atuação do fusível verifica-se. Também é demonstrado que o tempo de atuação do fusível é menor do que 5 segundos.

A partir desta curva de funcionamento, conclui-se que o fusível tem um calibre de 63 A.

Resta assim, calcular o poder de corte do fusível.

$$\text{Poder de Corte} = \frac{1}{x_f} \times I_{\text{Base}} = \frac{1}{0,05} \times 909,33 = 18186,6\text{A} \quad (6.26)$$

Em que:

- x_f - Reatância de fugas do transformador (5%, para 30 kV);
- I_{Base} - Corrente de base (909,33 A);

O fusível a escolher tem de dispor de um poder de corte superior a 18186,6 A. Com o dimensionamento concluído, escolheu-se o fusível de modelo *LF563G* da marca *Hager*, com corrente nominal de 63 A e poder de corte de 80 kA. A ficha técnica deste fusível encontra-se no Anexo D.

• **Disjuntor AC**

É utilizado um disjuntor para proteger o cabo que está ligado do inversor ao quadro elétrico (QE). Será necessário o cálculo de três correntes de curto-circuito para realizar o seu dimensionamento, sendo que a primeira é a corrente de curto-circuito fase-neutro mínima.

$$\begin{aligned}
 I_{ccFN \text{ mínima}} &= \frac{c \times 230}{\left[(r_{f_{lv1}}(20^\circ C) + r_{n_{lv1}}(20^\circ C)) \times l_{lv1} \right] \times \left[(r_{f_{lv2}}(20^\circ C) + r_{n_{lv2}}(20^\circ C)) \times l_{lv2} \right] \times K_{250^\circ C}} = \\
 &= \frac{0,95 \times 230}{\left[(0,727 + 1,15) \times 0,035 \right] \times \left[(0,727 + 1,15) \times 0,04 \right] \times 1,9085} \\
 &= 813,27A
 \end{aligned} \tag{6.27}$$

Em que:

- $r_{f_{lv1}}(20^\circ C)$ - Resistência linear da fase a $20^\circ C$ do cabo que liga o inversor ao QE (Ω/km);
- $r_{n_{lv1}}(20^\circ C)$ - Resistência linear do neutro a $20^\circ C$ do cabo que liga o inversor ao QE (Ω/km);
- $r_{f_{lv2}}(20^\circ C)$ - Resistência linear da fase a $20^\circ C$ do cabo que liga o QE ao QGBT (Ω/km);
- $r_{n_{lv2}}(20^\circ C)$ - Resistência linear do neutro a $20^\circ C$ do cabo que liga o QE ao QGBT (Ω/km);
- l_{lv1} - Comprimento do cabo que liga o inversor ao QE;
- l_{lv2} - Comprimento do cabo que liga o QE ao QGBT;

Em segundo lugar efetuou-se o cálculo para a corrente de curto-circuito fase-neutro máxima.

$$\begin{aligned}
 I_{ccFN \text{ máxima}} &= \frac{c \times 230}{(r_{f_{lv2}}(20^\circ C) + r_{n_{lv2}}(20^\circ C)) \times l_{lv2}} \\
 &= \frac{1 \times 230}{(0,727 + 1,15) \times 0,04} \\
 &= 3063,40A
 \end{aligned} \tag{6.28}$$

E por último, o cálculo da corrente de curto-circuito trifásica máxima.

$$I_{cc3F \text{ máxima}_{p.u.}} = \frac{c \times U_k}{Z_k} \tag{6.29}$$

Para estes cálculos, a corrente de curto-circuito máxima é considerada infinita, uma vez que a potência de curto-circuito também é considerada. Isto leva a que a impedância a montante do quadro geral de baixa tensão seja nula.

$$\begin{aligned} Z_k &= \frac{c \times U_k}{\infty} \\ &= \frac{c \times U_k}{I_{CC3Fm\acute{a}xima}} \\ &= 0 \end{aligned} \quad (6.30)$$

Os parâmetros do cabo I_{lv2} e a reatância de fugas do transformador, em p.u., também são determinadas.

$$R_{lv2} = \frac{R_{lv2}}{Z_{base}} \quad (6.31)$$

$$X_{lv2} = \frac{X_{lv2}}{Z_{base}} \quad (6.32)$$

$$X_{p.u.} = X_f \times \frac{S_{Base}}{S_{transformador}} \times \left(\frac{U_{BT}}{U_{Base}} \right)^2 \quad (6.33)$$

Em que:

- $S_{Base} = 600 \text{ kVA}$
- $U_{Base} = 400 \text{ V}$
- $I_{Base} = 909,33 \text{ A}$
- $Z_{Base} = 0,25397 \Omega$

Calcula-se agora a impedância equivalente a montante do quadro elétrico (QE).

$$Z_{eq.p.u.} = R_{lv2} + jX_{lv2} + jX_{p.u.} \quad (6.34)$$

Neste momento já é possível realizar o cálculo final da corrente de curto circuito máxima trifásica.

$$\begin{aligned} I_{CC3F \text{ máxima}} &= \frac{1}{|Z_{eq.p.u.}|} \times I_{Base} \\ &= \frac{1}{0,12609} \times 909,33 \\ &= 7211,62A \end{aligned} \quad (6.35)$$

Com as três correntes de curto-circuito calculadas, terá de se determinar o tempo de fadiga térmica, tanto o máximo, como o mínimo e também o tempo de atuação do disjuntor.

Os tempos de fadiga térmica, máximo e mínimo, calculam-se da seguinte forma.

$$\begin{aligned}
 t_{ft_{\max}} &= \left(\frac{K \times S_n}{I_{CCFN \text{ máxima}}} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{143 \times 16}{3063,40} \right)^2 \\
 &= 0,56s
 \end{aligned} \tag{6.36}$$

$$\begin{aligned}
 t_{ft_{\min}} &= \left(\frac{K \times S_n}{I_{CCFN \text{ mínima}}} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{143 \times 16}{813,27} \right)^2 \\
 &= 7,91s
 \end{aligned} \tag{6.37}$$

Em relação ao tempo de atuação, este pode ser retirado através da curva de característica C do disparo de um disjuntor, com o auxílio da corrente nominal de característica máxima e mínima.

$$\begin{aligned}
 I_{ncar_{\max}} &= \frac{I_{CC3F \text{ máxima}}}{I_n} \\
 &= \frac{7211,62}{40} \\
 &= 180,29A
 \end{aligned} \tag{6.38}$$

$$\begin{aligned}
 I_{ncar_{\min}} &= \frac{I_{CCFN \text{ mínima}}}{I_n} \\
 &= \frac{813,27}{40} \\
 &= 20,33A
 \end{aligned} \tag{6.39}$$

Com estas correntes características e para uma corrente nominal de 40 A, o tempo de atuação é praticamente instantâneo para ambos os casos.

Sendo que os tempos de atuação serão menor que os tempos de fadiga térmica e inferiores a 5 segundos, a condição de curto-circuito verifica-se.

O poder de corte terá de ser superior à corrente de curto-circuito trifásica máxima, ou seja, maior do que 7211,62 A. Como tal, será instalado um disjuntor no cabo ligado ao inversor e ao QE da marca *Hager* de modelo *NKN440*, de calibre de 40 A e poder de corte de 10kA. Para mais informações acerca deste produto, a sua ficha técnica encontra-se no Anexo D.

- **Interruptor Diferencial**

Também terá de ser instalado um interruptor diferencial entre o inversor e o QE que irá proteger qualquer indivíduo das correntes residuais capacitivas que usualmente têm como magnitude 30 mA e pelo facto do inversor e das massas que fazem a ligação à terra não disporem de transformador de isolamento. Assim sendo, este interruptor diferencial terá uma sensibilidade de 30 mA e uma intensidade nominal de 40 A, uma vez que o disjuntor que foi escolhido para a proteção entre o disjuntor e o QE também possui calibre de 40 A.

O interruptor designado para o sistema é da marca *Hager* do modelo *CDC440A*, de calibre de 40 A e com sensibilidade de 30 mA. Para mais informações sobre este equipamento, a ficha técnica está disponível no Anexo D.

- **Interruptor Omnipolar Geral**

Terá de ser instalado um interruptor omnipolar geral, com um calibre que consiga suportar a corrente de serviço do sistema fotovoltaico.

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{P_{\text{ligação}}}{\sqrt{3} \times 400} \\
 &= \frac{22880}{\sqrt{3} \times 400} \\
 &= 33,02A
 \end{aligned}
 \tag{6.40}$$

O interruptor omnipolar geral que se optou para o sistema foi o modelo *HA451* da marca *Hager*, com intensidade nominal de 125 A. Este interruptor está sobredimensionado, porém é o único que se encontra disponibilizado. A ficha técnica deste interruptor está disponível no Anexo D.

- **Proteção contra Descargas Atmosféricas**

Sendo que o sistema fotovoltaico encontra-se a céu aberto, é fundamental uma proteção devida contra descargas atmosféricas, que pode ser realizado ao colocar os módulos fotovoltaicos ligados à terra, possibilitando que todos os equipamentos não ativos estejam ligados de forma equipotencial.

Em relação aos equipamentos ativos utilizam-se descarregadores de tensão, ou DST's que serão colocados junto dos interruptores, no lado DC. No lado AC não será necessária a introdução deste equipamento, uma vez que o inversor está preparado para proteger o sistema contra este tipo de descargas.

6.1.5.9 Projeto Final e Equipamentos Escolhidos

Com o dimensionamento concluído, esboçou-se o projeto final do sistema fotovoltaico, com o auxílio do programa *AutoCad*.

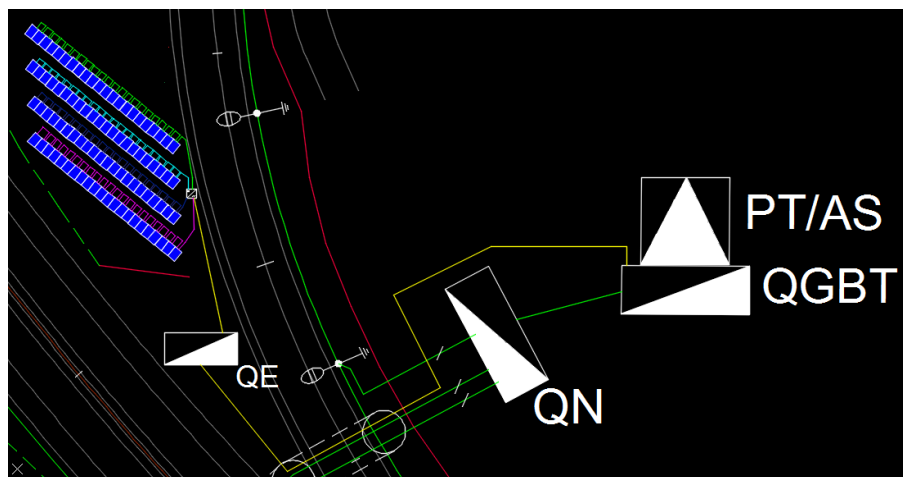


Figura 6.14: Desenho do projeto final do Sistema Fotovoltaico no nó de Nozelos

Na tabela 6.12 estão todos os equipamentos elegidos para a instalação do sistema fotovoltaico. Adicionalmente, foram introduzidos equipamentos, para o auxílio ao bom funcionamento do sistema, como o os porta fusíveis para cada fúsivel a instalar e o respetivo vetor estanque, que está dimensionado para os oito porta fusíveis. Também está aqui o armário que servirá de quadro elétrico com o seu maciço e uma fechadura completa para razões de segurança.

Tabela 6.12: Equipamentos a instalar no sistema fotovoltaico no nó de Nozelos e as quantidades respetivas

Equipamento	Designação	Quantidade
Módulos FV	MPRIME G Séries GENIUS 4BB 260 (Martifer)	88
Suporte Módulos		88
Cabo DC	Top Cable Top Solar PV ZZ-F/H1ZZ2Z2-K	320 m
Cabo AC INVERSOR/QE	Cabelte XV 3X25+2G16	35 m
Cabo AC QE/QGBT	Cabelte XV 3X25+2G16	40 m
Fusível DC	Hager LF315PV	8
Fusível AC	Hager LF563G	3
Interruptor DC	Hager SB432PV	1
Vetor Estanque	Hager VE110SN	1
Corta Circuitos Porta Fusíveis	Hager L501PV	8
Interuptor Omnipolar Geral	Hager HA451	1
Disjuntor AC	Hager NRN440	1
Interuptor Diferencial	Hager CDC440A	1
Inversor	Sunny Tripower 25000TL-20	1
Armário	Vidropol ADE 85.78	1
Pedestal / Maciço (AD)	Vidropol MAC 90.78	1
Fechaduras Completas Com Canhão (Sem Tranquetas)	Triangular	1

6.2 Nó de Custóias

6.2.1 Caracterização do Nó

O nó de Custóias, inaugurado em 2006, está encarregue de ligar a A4, que tem início em Matosinhos e termina em Bragança, com a VRI (Via Regional Interior), com ligação entre a A4 junto a Custóias e a A41 junto ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro. Este projeto teve o intuito de diminuir o tempo de deslocação entre todas as freguesias do concelho de Matosinhos, de garantir mais uma via de ligação ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro e de diminuir o volume de tráfego no IC1 [30].



Figura 6.15: Localização do Nó de Custóias



Figura 6.16: Imagem de Satélite do Nó de Custóias

6.2.2 Classificação da Via

Antes de se tratar da análise técnica há que ter em conta o tipo de via que este nó está inserido e das suas dimensões a fim de efetuar uma troca de luminárias de uma forma eficaz, que sirva para o bem-estar de todos os utentes.

Este nó é composto por uma plena via com duas faixas de rodagem (com sentidos opostos) e cada uma com quatro vias de trânsito. A totalidade das suas larguras é de 14 metros com pistas de acostamento interiores com largura de 1 metro e exteriores de 2,5 metros. A plena via ainda é composta por uma faixa central com largura de 7,6 metros. Também é constituída por um tipo de ramo A que possui uma faixa de rodagem (com um sentido) que corresponde a uma única via de trânsito com uma largura de 4 metros, e pistas de acostamento com 2,5 metros (à direita) e 1 metro (à esquerda). Por fim também existe um tipo de ramo B também composto por uma única faixa de rodagem com duas vias de trânsito com o mesmo sentido. A largura da faixa de rodagem é de 7 metros e as respetivas pistas de acostamento têm 1 metro de largura à esquerda e 2,5 metros à direita.

Tendo em conta os fatores de peso que se encontram na figura 5.5 foi possível realizar o cálculo final que indica a classe de iluminação deste nó.

Tabela 6.13: Classe de iluminação do nó de Custóias (Pista de Rodagem e Pista de Acostamento)

NÓ	Pista de Rodagem		Pista de Acostamento	
	Cálculo	Classe de Iluminação	Cálculo	Classe de Iluminação
Plena Via	2,5	M3	4,5	C5
Ramos	2,5	M3	4,5	C5

Através da tabela 6.13 é possível concluir que a classe das pistas de rodagem, quer da plena via, como dos ramos pertencem à classe M3. Quanto às pistas de acostamento, também são classificadas de modo igual em todo o nó sendo de classe C5. Segundo a norma europeia EN 13201, é necessário que para uma via de classe M3 tenha pelo menos uma luminância média de 1,00 cd/m², enquanto que para as pistas de acostamento de classe C5 terão de ter um valor de luminância média igual ou superior a 7,50 lx.

Quanto à sua classe de pavimento, devido ao facto de este ser composto por asfalto com agregado escuro, está identificado como R3.

6.2.3 Análise das Faturas Energéticas

De igual modo à análise elaborada no nó de Nozelos, analisou-se a fatura do nó de Custóias, nunca esquecendo os princípios de eficiência energética e da melhor escolha possível de fornecimento.

Atualmente, o nó de Custóias é alimentado a Média Tensão, com a fatura atual a ser realizada pela Iberdrola em ciclo semanal com feriados e em regime tetra-horário. A potência instalada para a iluminação do nó conta com 10,9 kVA e potência contratada de 46,5 kW.

Os cálculos efetuados tiveram base em faturas mensais entre Janeiro e Dezembro de 2016 (12 meses).

Tabela 6.14: Consumos Mensais do Nó de Custóias entre Janeiro e Dezembro de 2016

2016	Energia Ativa (kWh)			
Mês	Super Vazio	Vazio	Cheia	Ponta
Janeiro	4 114,06	4 709,03	3 292,09	1 770,89
Fevereiro	3 850,91	3 908,02	2 800,27	1 696,84
Março	4 069,27	3 438,24	2 842,36	887,98
Abril	3 798,27	3 063,69	2 531,64	417,56
Mai	3 594,24	2 889,91	2 189,32	47,92
Junho	3 388,29	2 679,96	2 007,68	45,68
Julho	3 684,38	2 760,01	2 160,39	33,42
Agosto	3 949,90	3 107,65	2 589,84	32,00
Setembro	3 898,91	3 539,28	3 088,11	30,98
Outubro	3 922,38	4 146,04	3 355,99	453,72
Novembro	3 762,55	4 298,83	3 157,81	1 224,14
Dezembro	3 872,74	4 386,88	3 387,64	1 709,34
Total	45 905,91	42 927,54	33 403,13	8 350,47

Ao analisar os dados de consumos energéticos no nó de Custóias também se verifica o que se sucede no nó de Nozelos ao ocorrer uma variação significativa entre os períodos de verão e de inverno e pelas mesmas razões (maior período de exposição solar no verão) e também aos valores de consumo mensais constantes, em horas de super vazio (horário noturno, quando a iluminação é necessária).

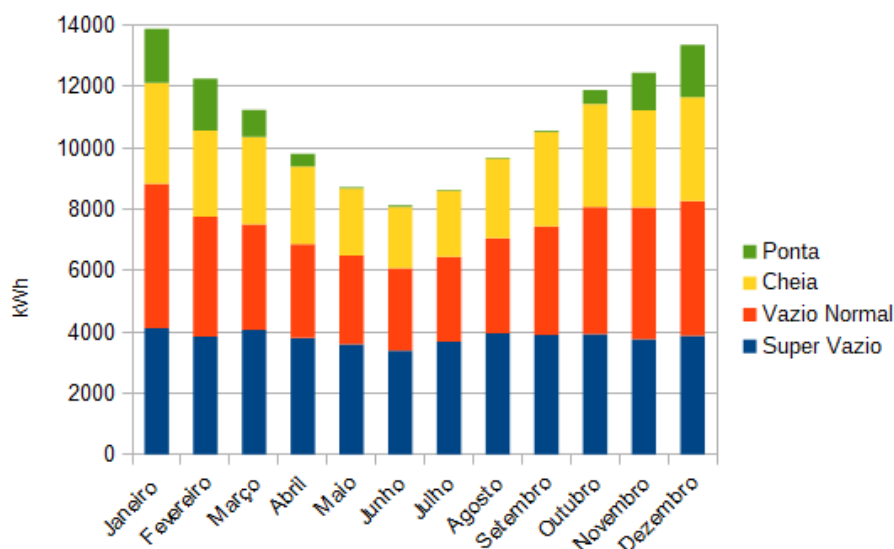


Figura 6.17: Gráfico dos Consumos Mensais do Nó de Custóias entre Janeiro e Dezembro de 2016

Uma vez mais, a diminuição dos consumos em períodos de ponta nos meses com maior exposição solar é bastante explícita devido à diminuição de duas horas no período de verão e ao facto de não haver necessidade das luminárias estarem acesas.

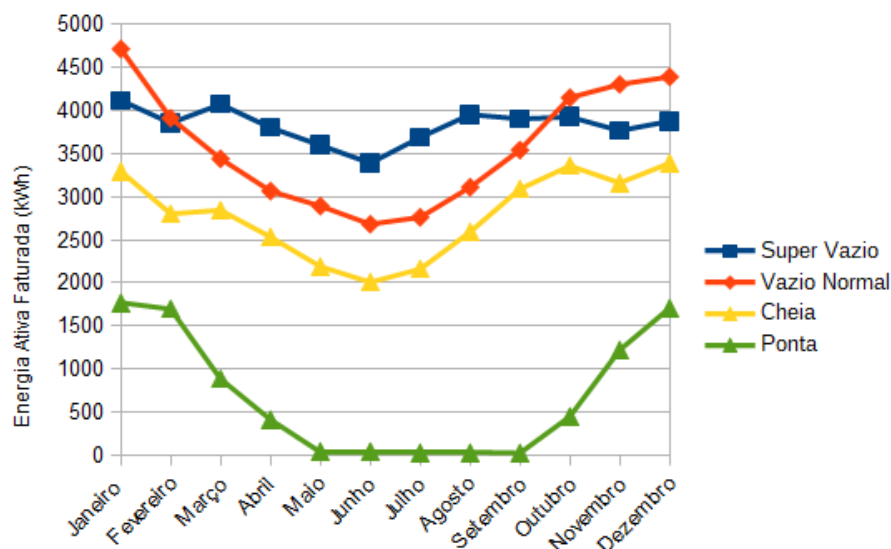


Figura 6.18: Gráfico da Energia Ativa Faturada no Nó de Custóias entre Janeiro e Dezembro de 2016

As faturas estudadas pertencem às mesmas empresas comercializadoras que foram analisadas no caso do nó de Nozelos (Fenosa, LUZBOA, Hen, EDP (Serviço Universal) e Energia Simples) com o contrato atual a ser fornecido também pela Iberdrola.

Os cálculos para cada comercializador foram realizados do mesmo modo que no caso do nó de Nozelos e, assim sendo, neste caso estes encontram-se no Anexo A.

6.2.3.1 Análise Final das Faturas

Uma vez mais, concluiu-se que a fatura atual (Iberdrola) deste nó é a adequada, já que é aquela que é possível obter maior poupança, em termos monetários. Estas conclusões encontram-se na tabela 6.15.

Tabela 6.15: Análise final das faturas energéticas para o nó de Custóias

Empresa	Custo Anual (€)		Diferença relativa ao atual tarifário (€)	
	Com Impostos e Taxas	Sem Impostos e Taxas	Com Impostos e Taxas	Sem Impostos e Taxas
Iberdrola (Fatura Atual)	12 719,44	10 180,95		
Fenosa	15 206,12	12 202,64	2 486,68	2 021,69
LUZBOA	14 363,53	11 517,61	1 644,09	1 336,66
Hen	14 937,78	11 984,48	715,31	1 803,53
EDP (Serviço Universal)				
Curtas Utilizações	18 035,02	14 598,53	5 315,58	4 417,58
Médias Utilizações	16 763,29	13 564,61	4 043,85	3 383,66
Longas Utilizações	16 528,45	13 373,68	3 809,01	3 192,73
Energia Simples	14 220,21	11 401,08	1 500,77	1 220,13

É possível observar na tabela 6.15 que a fatura atual da *Iberdrola* (a amarelo) apresenta custos menores em relação às restantes faturas propostas.

6.2.4 Substituição das Luminárias

Esta fase do estudo destina-se à troca das atuais luminárias de vapor de sódio de alta pressão para luminárias LED, de reduzir a potência de cada luminária instalada e de obter a máxima poupança energética possível.

De seguida encontram-se descritos os métodos utilizados e os valores que se obtiveram de acordo com as normas existentes.

É de realçar que não houve nenhuma mudança quanto à disposição e altura das luminárias atuais, visto que estas já se encontram em locais otimizados.

De acordo com o levantamento elaborado, o nó de Custóias é composto por um total de 168 luminárias que estão divididas pelas várias zonas:

- Na plena via com 53 luminárias de disposição bilateral com faixa central, com uma altura de montagem de 12 metros, distâncias entre luminárias de 40 metros e uma potência de 400 watt;
- No tipo de ramo A com 17 luminárias de disposição unilateral, com uma altura de montagem de 9 metros, distâncias entre luminárias de 30 metros e uma potência de 150 watt;
- No tipo de ramo B com 106 luminárias de disposição unilateral, com uma altura de montagem de 12 metros, distâncias entre luminárias de 40 metros e uma potência de 250 watt;

É possível observar a distribuição das luminárias do nó de Custóias a partir da sua planta que se encontra no Anexo C.

6.2.5 Luminárias Existentes

A fim de verificar se as luminárias atuais são adequadas, utilizou-se o software indicado para este propósito chamado *Dialux*, uma vez que este é capaz de reproduzir variadas situações hipotéticas com diferentes tipos de luminárias, realizando os cálculos necessários para a determinação dos parâmetros mínimos e máximos estipulados na norma EN 13201, tais como, a luminância média, a uniformidade geral (U_0) e a longitudinal (U_1) ou até o encadeamento perturbador (TI). O incumprimento de simplesmente um destes requisitos significa a exclusão da instalação dessa mesma luminária.

Devido à falta de informação das luminárias instaladas atualmente, foi escolhido o modelo de luminárias *SAPPHIRE* da fabricante *Schröder* que consegue retratar, com semelhança, a situação corrente e os resultados foram os seguintes.

6.2.5.1 Resultados na Plena Via

De seguida estão apresentados os resultados na plena via (pistas de rodagem e de acostamento) do nó de Custóias, tais como o cumprimento dos parâmetros da norma europeia EN 13201 e também das linhas isográficas produzidas pelas luminárias quanto à sua potência luminosa e quanto à sua densidade de luminância com a pista seca, que foram obtidos a partir do *Dialux*. A escala utilizada para a todos os casos exibidos é de 1:500.

Na plena via foram utilizadas luminárias *SAPPHIRE* da *Schröder*, como foi dito anteriormente, mais em específico as luminárias *Schröder SAPPHIRE 3 / 1289 / SON-T 400 W / 23356E 1xSON-T 400 W*. Para obter informações mais detalhadas acerca desta luminária, a sua ficha técnica encontra-se no Anexo B.

Em primeiro lugar, são exibidos as linhas isográficas para a pista de rodagem.

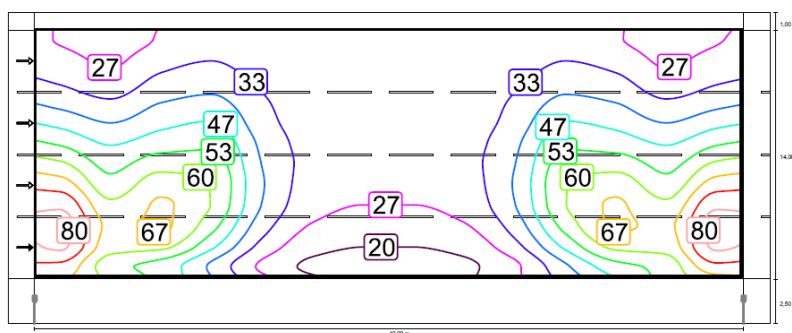


Figura 6.19: Potência luminosa na pista de rodagem da pena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

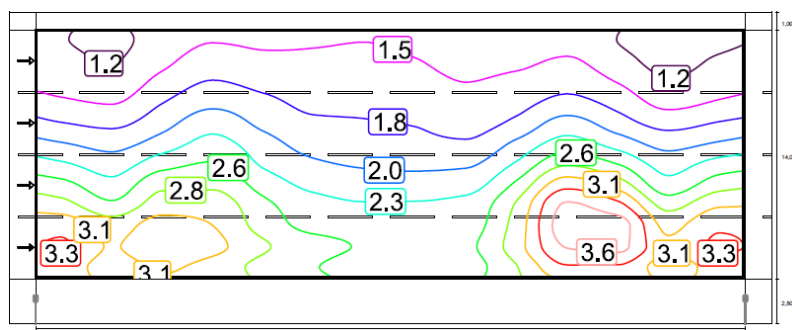


Figura 6.20: Densidade de luminância na pista de rodagem seca na plena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

De seguida estão expostas as linhas isográficas obtidas para as pistas de acostamento (direita e esquerda).

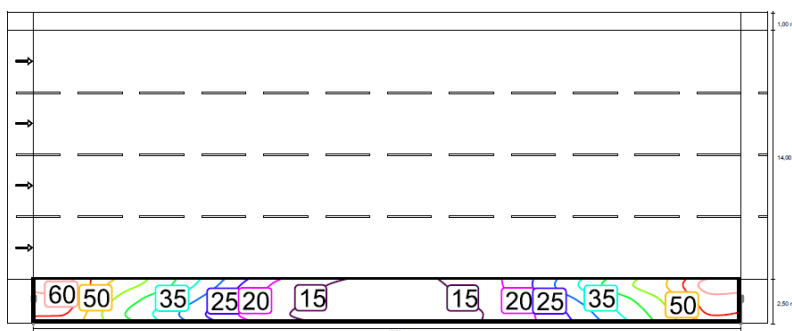


Figura 6.21: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da pena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)



Figura 6.22: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da pena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

Nas figuras 6.23 e 6.24 estão demonstrados os cumprimentos dos parâmetros que são necessários para a aprovação da utilização deste modelo de luminária na plena via do nó de Custóias, tanto para a pista de rodagem como para as pistas de acostamento.

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	U _o ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 2.20	✓ 0.43	✓ 0.67	✓ 13	* 0.66

Figura 6.23: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40	Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40
✓ 31.31	✓ 0.41	✓ 25.45	✓ 0.88

Figura 6.24: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

Os resultado para a luminância média obtida com luminária VSAP utilizada na a pista de rodagem é de 2,20 cd/m², o que é bastante superior ao limite imposto na norma europeia e assim sendo é um parâmetro a ter em atenção pois poderá ser possível empreender um dimensionamento mais adequado para este caso. Quanto aos parâmetros de uniformidade, estes estão dentro de valores aceitáveis.

Em relação às pistas de acostamento, os seus valores são bastante elevados devido à sua classe de iluminação (C5) que apresenta menores restrições nos seus parâmetros.

Devido à arquitetura do sistema de iluminação da plena via em Custóias ser de disposição bilateral e do facto de que os dois sentidos de trânsito possuem as mesmas dimensões, a pistas

de rodagem e de acostamento para o sentido oposto terão as mesmas linhas isográficas que as que foram apresentadas.

6.2.5.2 Resultados no Ramo A

Para o denominado de Ramo A também estão apresentados os resultados na pista de rodagem e nas pistas de acostamento do nó de Custóias, as conclusões do cumprimento dos parâmetros da norma europeia EN 13201 e também das linhas isográficas produzidas pelas luminárias quanto à sua potência luminosa e quanto à sua densidade de luminância com a pista seca, que foram obtidos a partir do *Dialux*. Para este ramo, a escala utilizada em todos os casos exibidos são de 1:200.

No Ramo A foram utilizadas luminárias *Schröder SAPHIRE 2 / 1963 / SON-T 150 W / 270105 1xSON-T 150 W*. Para obter informações mais detalhadas acerca desta luminária, a sua ficha técnica encontra-se no Anexo B.

Apresentam-se a seguir, as linhas isográficas para a pista de rodagem.

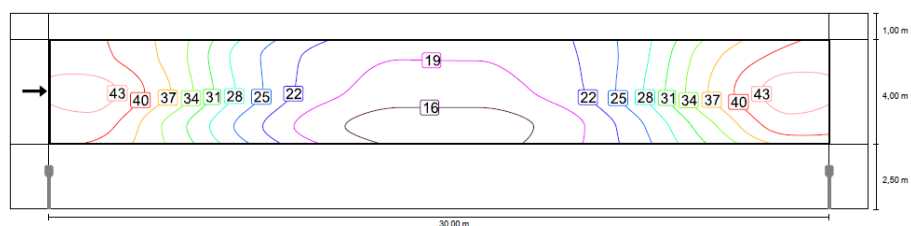


Figura 6.25: Potência luminosa na pista de rodagem do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

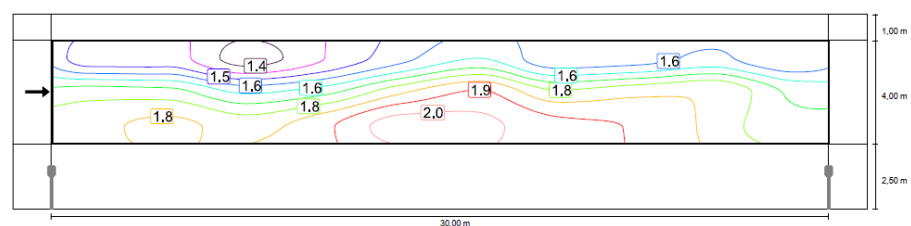


Figura 6.26: Densidade de luminância na pista de rodagem seca do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

De seguida estão expostas as linhas isográficas obtidas para as pistas de acostamento (direita e esquerda).

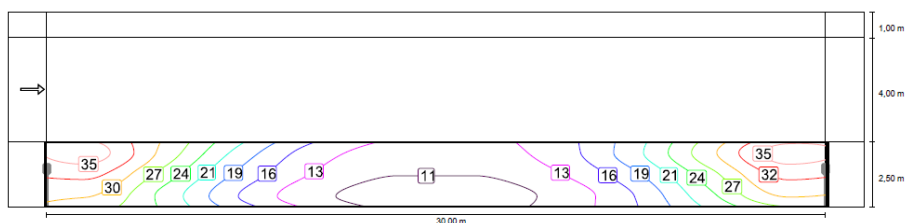


Figura 6.27: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

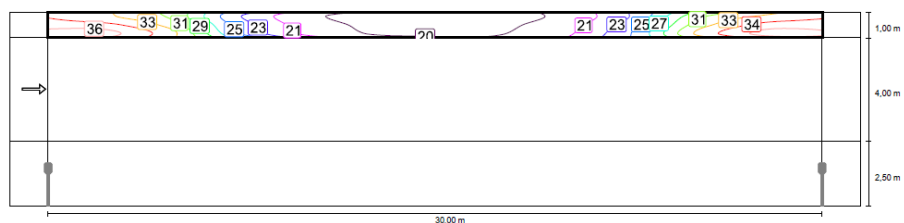


Figura 6.28: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

O passo seguinte será verificar o cumprimento dos parâmetros exigidos pela norma europeia para a utilização da luminária em questão no ramo A do nó de Custóias para a pista de rodagem e para as pistas de acostamento. Os resultados estão denotados nas figuras 6.29 e 6.30.

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	U _o ≥ 0.40	U _i ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 1.72	✓ 0.79	✓ 0.86	✓ 8	* 0.65

Figura 6.29: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40
✓ 20.15	✓ 0.46

Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40
✓ 26.10	✓ 0.71

Figura 6.30: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) do Ramo A do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

Na análise dos parâmetros que correspondem ao Ramo A já é visível um dimensionamento mais adequado no que toca à luminância média da pista de rodagem ($1,72 \text{ cd/m}^2$), quando relacionada com a pista de rodagem da plena via, porém os critérios de uniformidade encontram-se algo superiores aos valores mínimos necessários.

Uma vez mais, existem desproporções nos valores obtidos nas pistas de acostamento em consequência das suas classes de iluminação (C5).

6.2.5.3 Resultados no Ramo B

Ainda é possível analisar os resultados na pista de rodagem e nas pistas de acostamento do ramo B do nó de Custóias, as conclusões do cumprimento dos parâmetros da norma europeia EN 13201 e também das linhas isográficas produzidas pelas luminárias quanto à sua potência luminosa e quanto à sua densidade de luminância com a pista seca, que foram obtidos a partir do *Dialux*. Para este ramo, a escala utilizada em todos os casos exibidos são de 1:500.

No Ramo B foram utilizadas luminárias *Schröder SAPPHIRE 2 / 1963 / SON-T 250 W / 270117*. Para obter informações mais detalhadas acerca desta luminária, a sua ficha técnica encontra-se no Anexo B.

Apresentam-se a seguir, as linhas isográficas para a pista de rodagem.

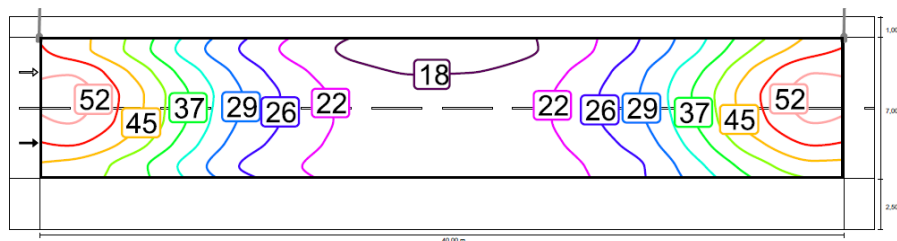


Figura 6.31: Potência luminosa na pista de rodagem do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

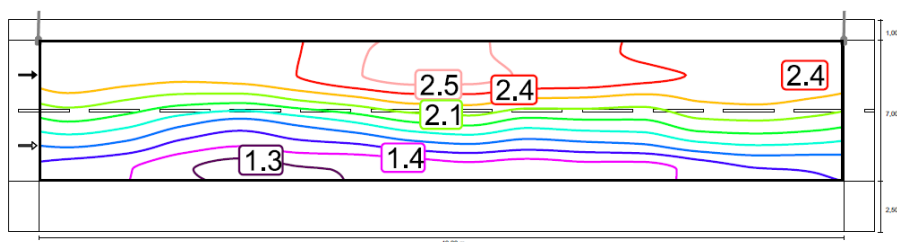


Figura 6.32: Densidade de luminância na pista de rodagem seca do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

Abaixo estão expostas as linhas isográficas obtidas para as pistas de acostamento (direita e esquerda).

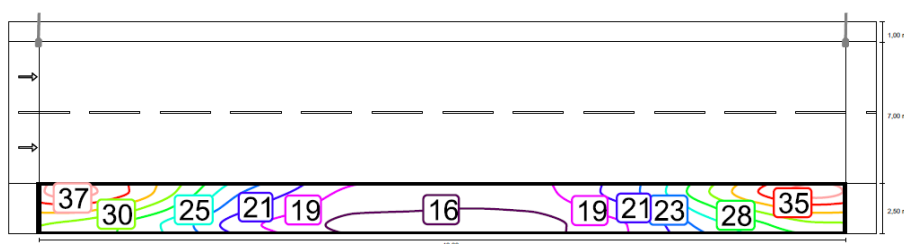


Figura 6.33: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

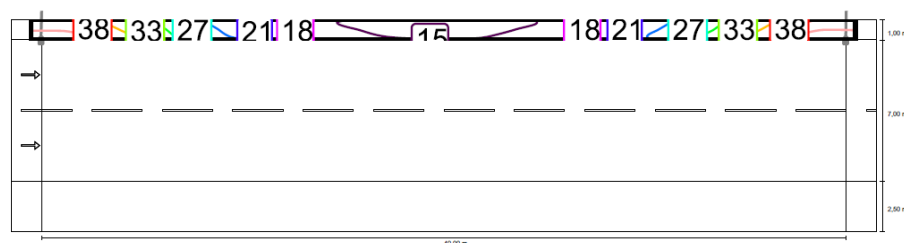


Figura 6.34: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

Segue-se então será a avaliação do cumprimento dos parâmetros exigidos pela norma europeia para a utilização da luminária em questão no ramo B do nó de Custóias para a pista de rodagem e para as pistas de acostamento. Os resultados estão denotados nas figuras 6.29 e 6.30.

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	U _o ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 2.00	✓ 0.61	✓ 0.82	✓ 7	* 0.70

Figura 6.35: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40
✓ 23.47	✓ 0.64

Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40
✓ 25.30	✓ 0.55

Figura 6.36: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) do Ramo B do Nó de Custóias com as luminárias atuais (VSAP)

Na análise dos parâmetros que correspondem ao Ramo B o dimensionamento não demonstra ser o mais adequado por causa do valor elevado da luminância média da pista de rodagem ($2,00 \text{ cd/m}^2$), e também pelo valor dos critério de uniformidade geral que é o dobro do valor mínimo para este caso.

As desproporções nos valores obtidos nas pistas de acostamento aparentam ser habituais em consequência das suas classes de iluminação (C5).

6.2.6 Soluções para Novas Luminárias

Como foi dito anteriormente, o objetivo deste estudo é de obter uma solução mais eficiente para este nó ao instalar novas luminárias LED. Assim sendo, procedeu-se a uma pesquisa no mercado por potenciais luminárias que sejam economicamente viáveis e também que cumpram os requisitos necessários à sua instalação.

A procura das luminárias teve em conta as necessidades que cada local do nó detém, e por esse motivo, dividiu-se o estudo por zona.

6.2.6.1 Resultados na Plena Via

Após a realização da pesquisa por luminárias adequadas, analisou-se a escolha final entre as potenciais soluções e concluiu-se que existem três possíveis soluções, duas da fabricante *Schröder* e uma da fabricante *Philips*.

Tabela 6.16: Características das luminárias consideradas para possível substituição na plena via

Fabricante	Modelo	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Rendimento Luminoso (lm/W)	Preço p/ unidade (€)
<i>Schröder</i>	Piano Maxi	166	19862	119,6	765,70
<i>Schröder</i>	Teceo 2	163	19398	119	715,08
<i>Philips</i>	DigiStreet	140	19546	139,6	600,00

Analisando estas três luminárias, é possível concluir que a luminária que seria mais conveniente para a troca na plena via é a *Philips DigiStreet*, já que, para além de ter um custo de aquisição inferior (600,00 euros), também detém uma potência inferior (140 W) e um rendimento luminoso superior (139,6 lm/W) inferior às restantes luminárias em escolha. As informações mais detalhadas desta luminária encontram-se no Anexo B.

Com a luminária LED escolhida para a plena via, pode-se então, proceder à análise de resultados no software *Dialux*.

A escala utilizada para a plena via é de 1:500. As linhas isográficas para a pista de rodagem são as seguintes.

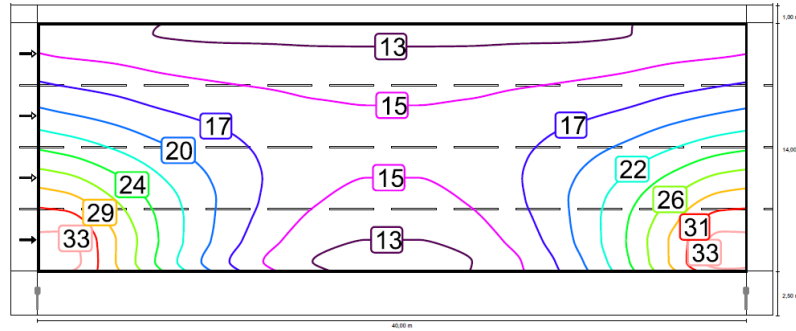


Figura 6.37: Potência luminosa na pista de rodagem da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

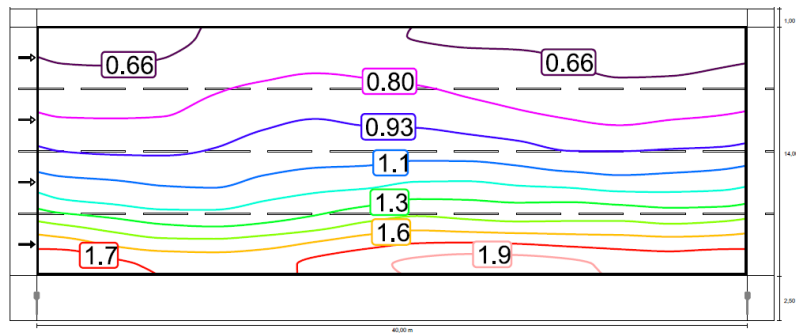


Figura 6.38: Densidade de luminância na pista de rodagem seca da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

O mesmo foi realizado para as pistas de acostamento e estão expostas de seguida.

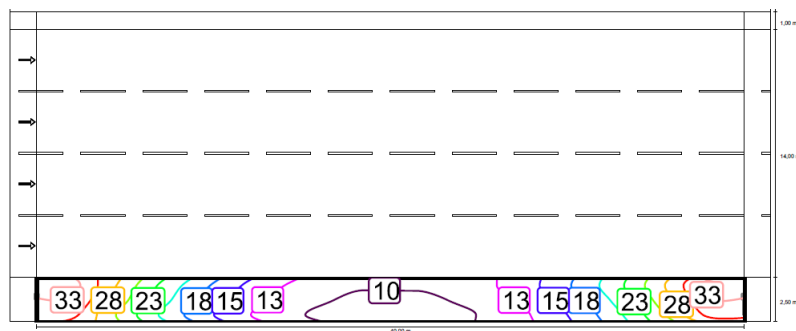


Figura 6.39: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

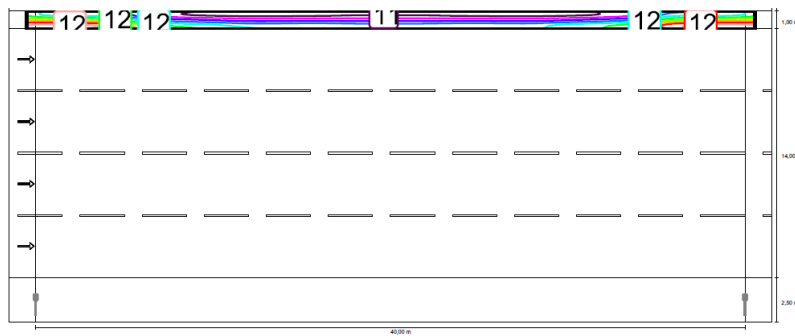


Figura 6.40: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

Nas figuras 6.41 e 6.42 estão demonstrados os cumprimentos dos parâmetros que são necessários para a aprovação da utilização deste modelo de luminária na plena via do nó de Custóias, tanto para a pista de rodagem como para as pistas de acostamento.

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	U _o ≥ 0.40	U _i ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 1.08	✓ 0.47	✓ 0.80	✓ 10	* 0.77

Figura 6.41: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40
✓ 18.56	✓ 0.48

Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40
✓ 11.41	✓ 0.96

Figura 6.42: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

Os resultados para a luminância média obtida com as novas luminárias LED na pista de rodagem é de 1,08 cd/m², sendo então, um valor muito próximo do valor limite imposto na norma europeia. Isto significa que tira-se assim um proveito muito elevado com esta nova luminária, em termos de rendimento. Em relação aos critérios de uniformidade, sugerem ser valores aceitáveis.

Em relação às pistas de acostamento, os seus valores são bastante elevados devido à sua classe de iluminação (C5) que apresenta menores restrições nos seus parâmetros.

Uma vez mais, é de realçar que devido à arquitetura do sistema de iluminação da plena via em Custóias ser de disposição bilateral e da igualdade de dimensões nos dois sentidos da via, as pistas de rodagem e de acostamento para o sentido oposto terão as mesmas linhas isográficas que as que foram apresentadas, uma vez que existe simetria ao longo da via.

6.2.6.2 Resultados no Ramo A

Após a realização da pesquisa por luminárias adequadas para o Ramo A, analisou-se a escolha final entre as potenciais soluções e concluiu-se que existem três possíveis soluções, duas da fabricante *Schröder* e uma da fabricante *Philips*.

Tabela 6.17: Características das luminárias consideradas para possível substituição no ramo A

Fabricante	Modelo	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Rendimento Luminoso (lm/W)	Preço p/ unidade (€)
<i>Schröder</i>	Piano Maxi	80	10356	129,5	625,55
<i>Schröder</i>	Teceo 1	55	6480	98,5	373,00
<i>Philips</i>	UniStreet	51	6803	133,4	380,00

Analisando estas três luminárias, é possível concluir que a luminária que seria mais conveniente para a troca no ramo A é a *Philips UniStreet*, pois, ainda que possa ter um custo maior que a luminária *Schröder Teceo 1*, essa diferença é bastante reduzida e possui um rendimento luminoso (133,4 lm/W) muito superior a essa mesma luminária da *Schröder*. Quanto à luminária *Schröder Piano Maxi*, esta parece ser algo dispendiosa e com valores de potência (80 W) e de fluxo luminoso (10356 lm) também demasiado elevados para a instalação neste tipo de ramo.

As informações mais detalhadas da luminária escolhida encontram-se no Anexo B.

Com a luminária LED definida para o ramo A, pode-se então, proceder à análise de resultados no software *Dialux*.

A escala utilizada para este caso é de 1:200. As linhas isográficas para a pista de rodagem são as seguintes.

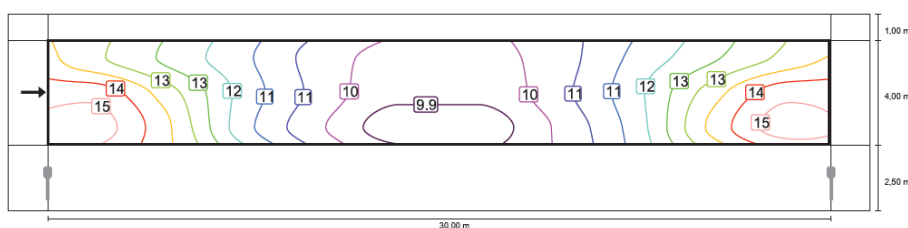


Figura 6.43: Potência luminosa na pista de rodagem do ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

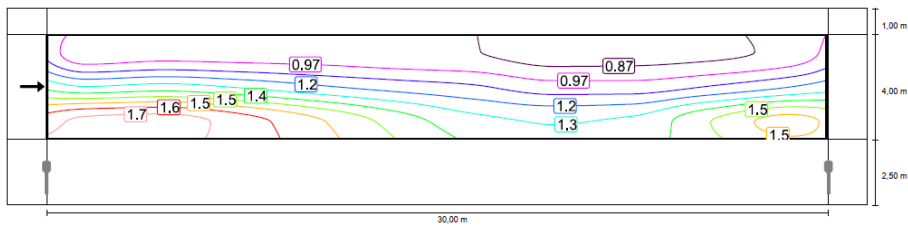


Figura 6.44: Densidade de luminância na pista de rodagem seca do ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

De seguida estão expostas as linhas isográficas obtidas para as pistas de acostamento.

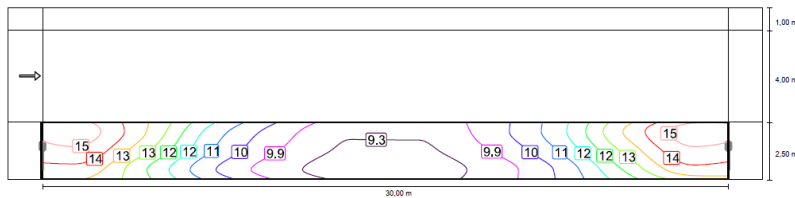


Figura 6.45: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador do ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

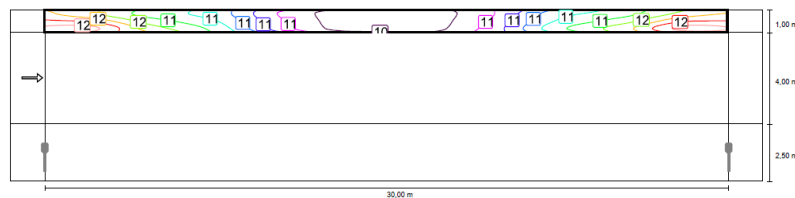


Figura 6.46: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador do ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

O passo seguinte será verificar o cumprimento dos parâmetros exigidos pela norma europeia para a utilização da luminária em questão no ramo A do nó de Custóias para a pista de rodagem e para as pistas de acostamento. Os resultados estão denotados nas figuras 6.47 e 6.48.

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	
✓ 1.18	✓ 0.70	✓ 0.78	✓ 12	* 0.88

Figura 6.47: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem do Ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

Em [lx] ≥ 7.50	Uo ≥ 0.40	Em [lx] ≥ 7.50	Uo ≥ 0.40
✓ 11.48	✓ 0.79	✓ 11.09	✓ 0.92

Figura 6.48: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) do Ramo A do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

Na análise dos parâmetros que correspondem ao Ramo A é notório um dimensionamento adequado no que toca à luminância média da pista de rodagem ($1,18 \text{ cd/m}^2$), assim como os seus critérios de uniformidade.

As desproporções nos valores obtidos nas pistas de acostamento aparentam ser habituais em consequência das suas classes de iluminação (C5).

6.2.6.3 Resultados no Ramo B

Por fim, realizou-se a pesquisa de luminárias LED para o ramo B e, como os dois casos anteriores, foram identificadas três novas luminárias LED que podem ocupar o lugar neste ramo em Custóias, duas da fabricante *Schröder* e uma da fabricante *Philips*.

Tabela 6.18: Características das luminárias consideradas para possível substituição no ramo B

Fabricante	Modelo	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Rendimento Luminoso (lm/W)	Preço p/ unidade (€)
<i>Schröder</i>	Piano Maxi	109	13869	127,2	751,60
<i>Schröder</i>	Teceo 2	102	13248	129,9	697,00
<i>Philips</i>	ClearWay	79	10303	131,2	370,00

A escolha será novamente, a luminária *Philips ClearWay* principalmente pelo fator monetário (370 euros) sendo menos de metade das luminárias *Schröder* e pela sua potência reduzida (79 W), conseguindo atingir um valor de fluxo luminoso elevado (131,2 lm/W). As luminárias restantes apesar de serem boas soluções para o ramo B do nó de Custóias, apresentam valores mais elevados, tanto de potência, como de preço.

Com a luminária LED escolhida para a plena via, pode-se então, proceder à análise de resultados no software *Dialux*.

A escala utilizada para a plena via é de 1:500. As linhas isográficas para a pista de rodagem são as seguintes.

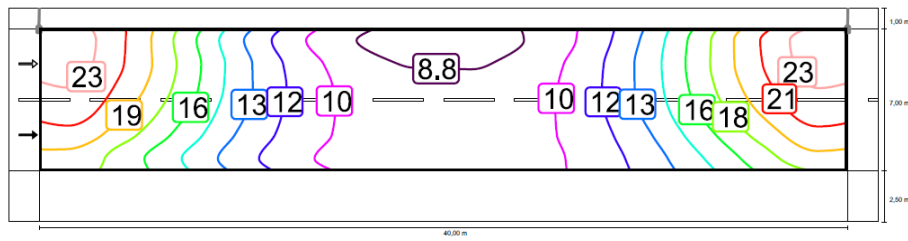


Figura 6.49: Potência luminosa na pista de rodagem do ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

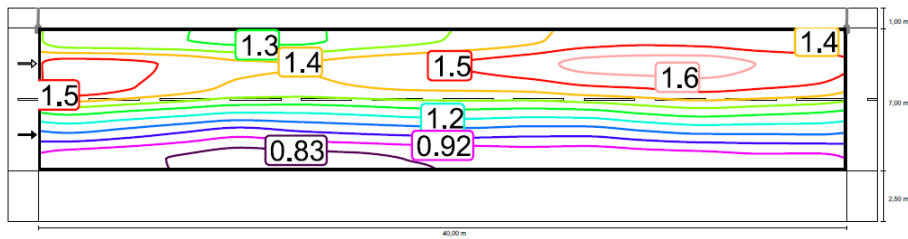


Figura 6.50: Densidade de luminância na pista de rodagem seca do ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

De seguida estão expostas as linhas isográficas obtidas para as pistas de acostamento. A escala usada para as duas pistas é de 1:500.

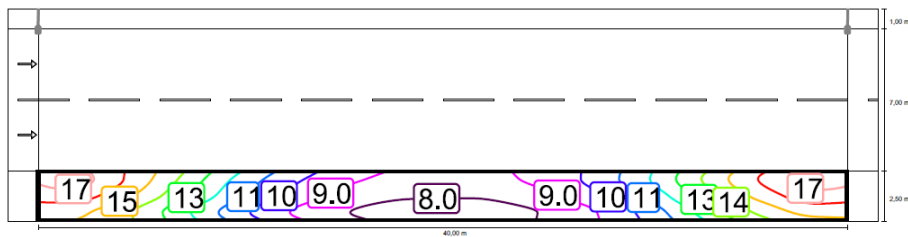


Figura 6.51: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador do ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

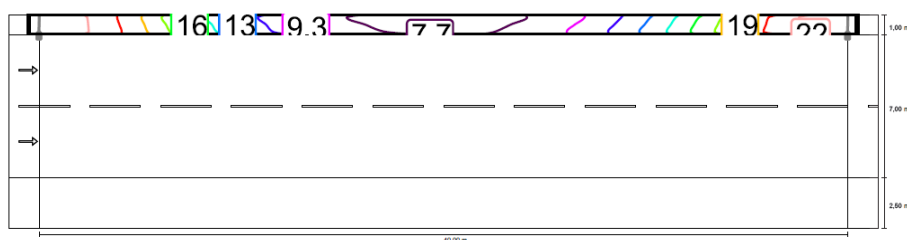


Figura 6.52: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador do ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

Segue-se então a avaliação do cumprimento dos parâmetros exigidos pela norma europeia para a utilização da luminária *Schröder ClearWay* no ramo B do nó de Custóias para a pista de rodagem e para as pistas de acostamento. Os resultados estão denotados nas figuras 6.53 e 6.54.

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	U _o ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 1.14	✓ 0.60	✓ 0.85	✓ 8	* 0.80

Figura 6.53: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem do Ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40
✓ 11.84	✓ 0.63

Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40
✓ 14.06	✓ 0.49

Figura 6.54: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) do Ramo B do Nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

Ao rever os valores obtidos para este nó com as novas luminárias, conclui-se que a sua colocação é apropriada para a pista de rodagem (luminância média de 1,14 lm/W e critérios de uniformidade com valores plausíveis).

Uma vez mais, existem desproporções nos valores obtidos nas pistas de acostamento em consequência das suas classes de iluminação (C5).

6.2.7 Luminárias Escolhidas

Após a análise elaborada para a troca das luminárias nas três zonas do nó de Custóias, na tabela 6.19 estão os modelos das luminárias que foram escolhidas para uma possível instalação.

Tendo contactado os fornecedores das luminárias *Philips*, é sabido que existe a possibilidade de definir um desconto de 25% na aquisição destas luminárias, e assim sendo, na tabela 6.19 estão disponíveis os preços finais por luminária após o desconto.

Tabela 6.19: Luminárias escolhidas para a instalação no Nó de Custóias

Zona	Fabricante	Modelo	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	Rendimento Lumnoso (lm/W)	Preço p/unidade (€)	Preço p/ unidade (25% desconto) (€)
Plena Via	<i>Philips</i>	DigiStreet	140	19546	139,6	600,00	450,00
Ramo A	<i>Philips</i>	UniStreet	51	6803	133,4	380,00	285,00
Ramo B	<i>Philips</i>	ClearWay	79	10303	131,2	370,00	277,50

Com o cumprimento dos requisitos por parte das três luminárias que foram elegidas para a substituição, é possível dizer que haverá uma redução significativa no consumo já que, para a plena via há uma redução de potência na luminária na ordem dos 65%, no tipo de ramo A alcança-se uma retenção de 68% em relação à atual luminária e para o tipo de ramo B uma diminuição de 66%.

6.3 Nó de Santo Tirso

6.3.1 Caracterização do Nó

O nó de Santo Tirso une a A41 ou CREP (Circular Regional Externa do Grande Porto), que circunda a região do Grande Porto à N105, terminando em Santo Tirso. O troço da A41 foi terminado em 2011 e auxilia no descongestionamento da VCI (Via de Cintura Interna) e nas ligações entre o sul e o leste da região.



Figura 6.55: Localização do Nó de Santo Tirso

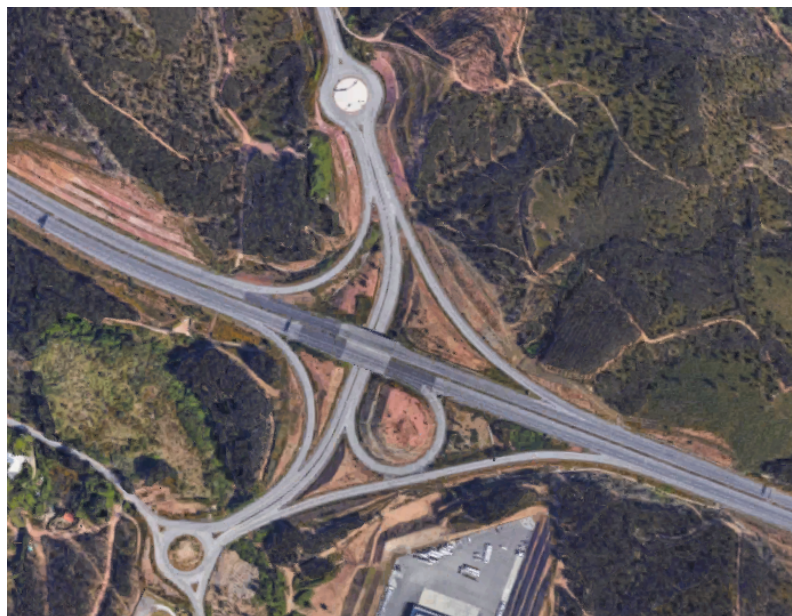


Figura 6.56: Imagem de Satélite do Nó de Santo Tirso

6.3.2 Classificação da Via

De igual modo como foi tratado o caso do nó de Custóias, há que classificar o tipo de via que o nó de Santo Tirso sempre com o objetivo de realizar a substituição das luminárias de uma forma ótima.

O nó de Santo Tirso é composto por uma plena via com duas faixas de rodagem (com sentidos opostos), uma delas com três vias de trânsito com 11 metros de largura de pista de rodagem 2,5 metros de largura de pista de acostamento exterior e 1 metro de largura de pista de acostamento interior, e outra com duas vias de trânsito com 7,5 metros de largura de pista de rodagem, 3 metros de largura de pista de acostamento exterior e 1 metro de largura de pista de acostamento interior. A plena via também é composta por uma faixa central com 3 metros de largura. Também conta com um tipo de ramo que com uma pista de rodagem de uma única faixa com 4 metros de largura e duas pistas de acostamento com 2,5 metros de largura (à direita) e 1 metro de largura (à esquerda).

Uma vez mais, tendo em consideração os fatores de peso da figura 5.5 procedeu-se ao cálculo final para obter a classe de iluminação do nó de Santo Tirso.

Tabela 6.20: Classe de iluminação do nó de Santo Tirso (Pista de Rodagem e Pista de Acostamento)

NÓ	Pista de Rodagem		Pista de Acostamento	
S. Tirso	Cálculo	Classe de Iluminação	Cálculo	Classe de Iluminação
Plena Via	2,5	M3	4,5	C5
Ramo	2,5	M3	4,5	C5

A partir da tabela 6.20 conclui-se que tanto a plena via, como os ramos têm a mesmas classes, M3 para as pistas de rodagem e C5 para as pistas de acostamento. Recordando a EN 13201, um via de classe M3 tem de ter, no mínimo uma luminância média de 1,00 cd/m², e as pistas de acostamento de classe C5 terão de ter um valor de iluminância de pelo menos a 7,50 lx.

Em relação à classe do pavimento, este é apontado como R3 pois é composto por asfalto com agregado escuro.

6.3.3 Análise das Faturas Energéticas

Tal como nos dois casos anteriores, realizou-se uma análise tarifária ao nó de Santo Tirso no sentido de encontrar a melhor fatura a empregar, ou seja, com o menor custo possível.

O nó de Santo Tirso é alimentado em Média Tensão, com contrato atual da fatura com a Iberdrola em ciclo semanal com feriados e em regime terta-horário. A potência do posto de transformação é de 50 kVA e potência contratada de 33,71 kW.

Além do mais, este sistema de iluminação é comandado de forma automática através de um relógio programável com compensação astronómica que permite desligar os circuitos de maior potência instalada a determinadas horas da noite em que se verifica um tráfego diminuto, através de um contacto programável do relógio, obtendo-se assim uma apreciável poupança de energia.

Os cálculos efetuados tiveram base nas faturas mensais entre janeiro e dezembro de 2016 (12 meses).

Tabela 6.21: Consumos Mensais do Nó de Santo Tirso entre Janeiro e Dezembro de 2016

2016	Energia Ativa (kWh)			
Mês	Super Vazio	Vazio	Cheia	Ponta
Janeiro	167,49	964,04	1 640,83	864,83
Fevereiro	181,82	745,15	1 477,67	836,20
Março	269,52	805,42	1 518,10	623,97
Abril	156,98	679,08	1 381,90	66,53
Maió	132,27	532,73	1 333,26	84,76
Junho	124,06	612,44	1 189,91	104,08
Julho	129,13	565,20	1 256,99	70,80
Agosto	129,19	600,06	1 459,06	73,19
Setembro	139,17	692,23	1 704,61	71,18
Outubro	203,02	847,54	2 031,52	224,92
Novembro	163,81	952,96	1 817,48	832,41
Dezembro	212,67	1 256,17	1 810,42	876,04
Total	2 009,15	9 253,03	18 621,75	4 728,90

Na avaliação aos dados dos consumos energéticos deste nó, são visíveis as disparidades destes valores entre os períodos de verão e de inverno, já que existem maiores períodos de exposição solar no verão e, como tal, o consumo nesta época será menor.

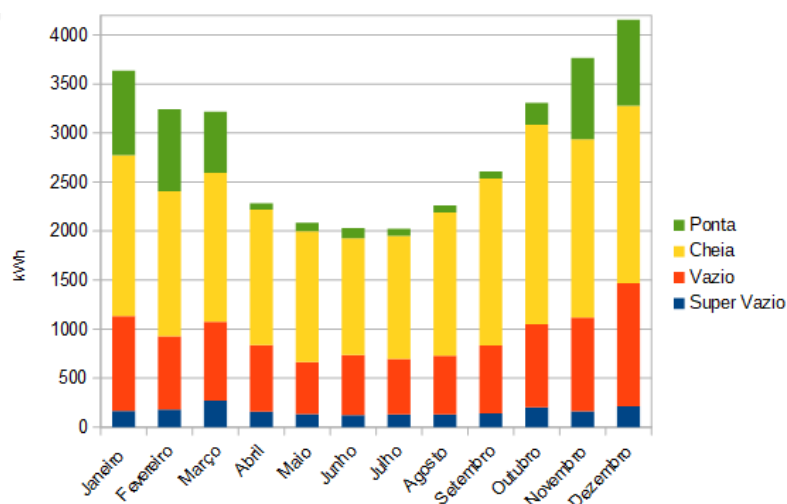


Figura 6.57: Gráfico dos Consumos Mensais do Nó de Santo Tirso entre Janeiro e Dezembro de 2016

Na figura 6.58, verifica-se essa diminuição dos consumos em períodos de ponta nos meses com maior exposição solar. O período de super vazio mantém-se constante, com consumos bastante reduzidos devido à regulação de fluxo por parte do relógio astronómico instalado no nó, que também reduz os consumos nos restantes períodos.

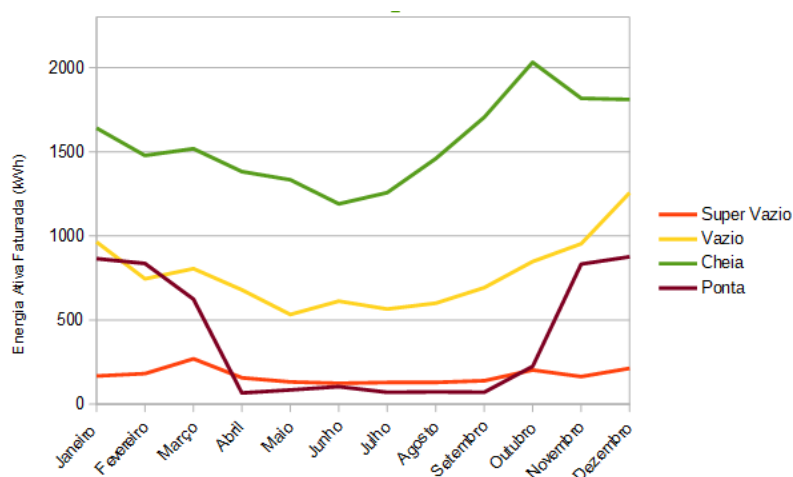


Figura 6.58: Gráfico da Energia Ativa Faturada no Nó de Santo Tirso entre Janeiro e Dezembro de 2016

As faturas estudadas pertencem às mesmas empresas comercializadoras que foram analisadas nos dois casos anteriores (Fenosa, LUZBOA, Hen, EDP (Serviço Universal) e Energia Simples) com o contrato atual a ser fornecido também pela Iberdrola. Os cálculos para cada comercializador foram realizados do mesmo modo que no caso do nó de Nozelos e de Custóias e, assim sendo, neste caso estes encontram-se no Anexo A.

Da mesma forma que foram realizadas as operações das alternativas de faturas dos nós de Nozelos e Custóias, também se realizaram as do nó de Santo Tirso. Os cálculos podem ser encontrados no Anexo A.

6.3.3.1 Análise Final das Faturas

A análise final de todas as tarifas estudadas revela que a fatura energética atual, pertencente à Iberdrola é o mais adequado para este nó, o que significa que quanto ao aspeto dos tarifários este caso já se encontra otimizado. Estas conclusões encontram-se na tabela 6.22

Tabela 6.22: Análise final das faturas energéticas para o nó de Santo Tirso

Empresa	Custo Anual (€)		Diferença relativa ao atual tarifário (€)	
	Com Impostos e Taxas	Sem Impostos e Taxas	Com Impostos e Taxas	Sem Impostos e Taxas
Iberdrola (Fatura Atual)	4 440,54	3 546,11		
Fenosa	5 026,31	4 022,35	585,77	476,24
LUZBOA	4 828,56	3 861,58	670,26	315,47
Hen	5 110,80	4 091,03	581,56	715,31
EDP (Serviço Universal)				
Curtas Utilizações	6 859,05	5 512,37	2 418,51	1 966,26
Médias Utilizações	6 433,10	5 166,08	2 022,56	1 619,97
Longas Utilizações	6 360,12	5 106,74	1 919,58	1 560,63
Energia Simples	4 803,45	3 841,16	362,91	295,05

A tabela 6.22, que também foi utilizada nos dois casos de estudo anteriores, averigua-se que o menor custo será alcançado com a continuação da fatura atual (*Iberdrola*).

6.3.4 Substituição das Luminárias

Também neste nó se procedeu a uma troca das luminárias atuais (VSAP) por luminárias LED, a fim de estudar o comportamento deste sistema (em termos de poupança energética), que possui tecnologia de regulação de fluxo.

De seguida encontram-se descritos os métodos utilizados e os valores que se obtiveram de acordo com as normas existentes.

É de realçar que não houve nenhuma mudança quanto à disposição e altura das luminárias atuais, visto que estas já se encontram em locais otimizados.

De acordo com o levantamento elaborado, o nó de Santo Tirso é composto por um total de 98 luminárias que estão divididas por dois tipos de zona:

- Na plena via com 60 luminárias de disposição bilateral com faixa central, com uma altura de montagem de 12, distâncias entre luminárias de 45 metros e uma potência de 250 watt;
- Um tipo de ramo com 38 luminárias de disposição unilateral, com uma altura de montagem de 9 metros, distâncias entre luminárias de 30 metros e uma potência de 150 watt;

É possível observar a distribuição das luminárias do nó de Santo Tirso a partir da sua planta que se encontra no Anexo C.

6.3.5 Luminárias Existentes

Verifica-se assim, a conveniência da utilização das luminárias que estão instaladas atualmente, utilizando uma vez mais, o *Dialux*.

O modelo das luminárias que estão instaladas no nó de Santo Tirso são as *Schröder MC 2*, porém em detrimento da falta de informação relativa às suas características, optou-se por realizar o teste com uma luminária capaz de reproduzir os mesmos efeitos, tal como no caso do nó de Custóias. A luminária escolhida foi então, o modelo *CITEA MIDI* da fabricante *Schröder*.

6.3.5.1 Resultados na Plena Via

Aqui estão divulgadas as conclusões retiradas quanto ao cumprimento das regras da norma europeia EN 13201 e também as linhas isográficas geradas na via pelo modelo de luminária em questão, tanto da potência luminosa, como da densidade de luminância com a pista seca. Em primeiro lugar estão divulgados os resultados da plena via no sentido Matosinhos/Espinho e em seguida os resultados para a plena via no sentido Espinho/Matosinhos. A escala empregada para a plena via com estas luminárias VSAP é de 1:500.

O modelo de luminária utilizado é então as *Schröder CITEA MIDI / 1954 / SON-T 250 W / 263852*. A ficha técnica desta luminária encontra-se no Anexo B.

As linhas isográficas para a pista de rodagem no sentido Matosinhos/Espinho estão expostas de seguida.

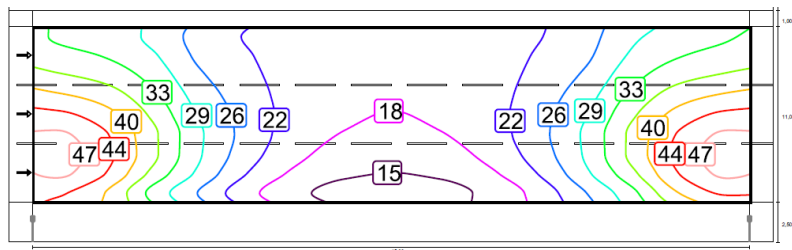


Figura 6.59: Potência luminosa na pista de rodagem (sentido Matosinhos/Espinho) da plena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)

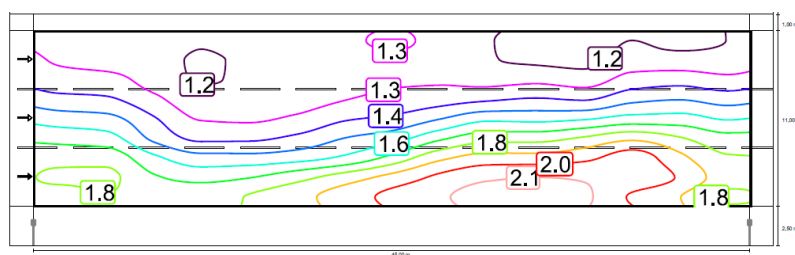


Figura 6.60: Densidade de luminância na pista de rodagem seca (sentido Matosinhos/Espinho) da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)

De seguida estão expostas as linhas isográficas obtidas para as pistas de acostamento (direita e esquerda) na plena via no sentido Matosinhos/Espinho.

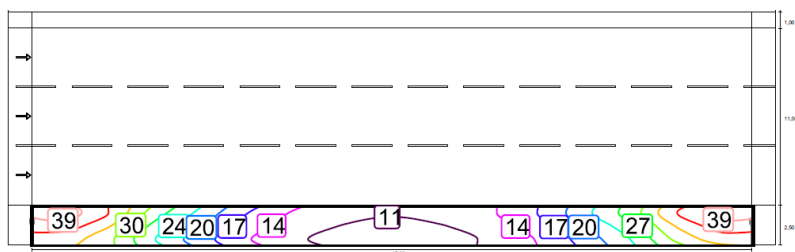


Figura 6.61: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Matosinhos/Espinho

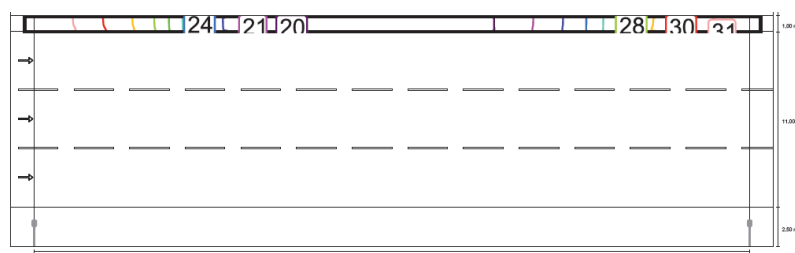


Figura 6.62: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Matosinhos/Espinho

Nas figuras 6.63 e 6.64 estão demonstrados os cumprimentos dos parâmetros que são necessários para a aprovação da utilização deste modelo de luminária na plena via do nó de Santo Tirso (sentido Matosinhos/Espinho), tanto para a pista de rodagem como para as pistas de acostamento.

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	U _o ≥ 0.40	U _i ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 1.51	✓ 0.68	✓ 0.79	✓ 9	* 0.72

Figura 6.63: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Matosinhos/Espinho

Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40	Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40
✓ 21.72	✓ 0.45	✓ 24.59	✓ 0.78

Figura 6.64: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Matosinhos/Espinho

Os resultado para a luminância média obtida com luminária VSAP utilizada nesta pista de rodagem é de 1,51 cd/m², o que é algo superior ao limite imposto na norma europeia e assim sendo poderá ser possível empreender um dimensionamento mais adequado para este caso. Quanto aos parâmetros de uniformidade, estes estão dentro de valores aceitáveis.

Em relação às pistas de acostamento, os seus valores são bastante elevados devido à sua classe de iluminação (C5) que apresenta menores restrições nos seus parâmetros.

Com a demonstração dos resultados da via no sentido Matosinhos/Espinho concluída, passa-se então, para a avaliação da via no sentido oposto, ou seja, Espinho/Matosinhos, começando pela visualização das linhas isográficas, em particular, pela pista de rodagem.

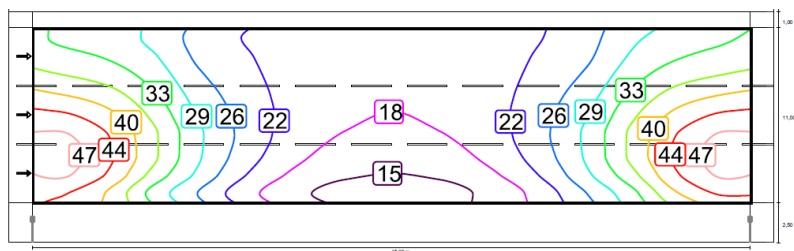


Figura 6.65: Potência luminosa na pista de rodagem (sentido Espinho/Matosinhos) da plena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)

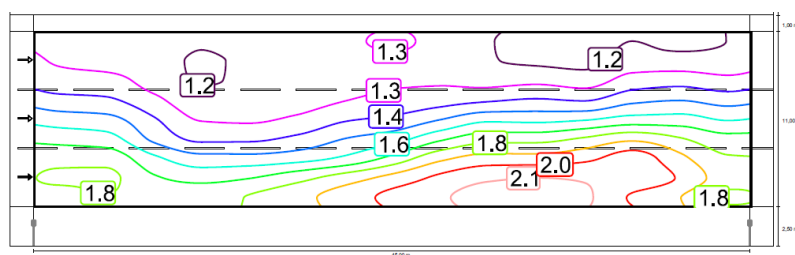


Figura 6.66: Densidade de luminância na pista de rodagem seca (sentido Espinho/Matosinhos) da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)

Agora passa-se para a exposição das linhas isométricas obtidas para as pistas de acostamento (direita e esquerda) na plena via no sentido Espinho/Matosinhos.

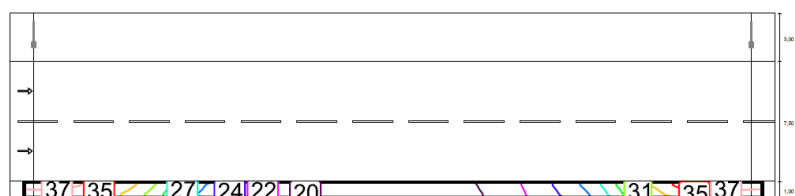


Figura 6.67: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Espinho/Matosinhos

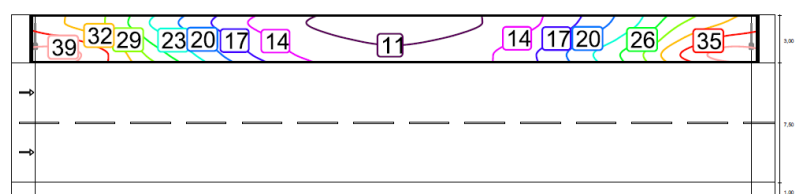


Figura 6.68: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Espinho/Matosinhos

Segue-se então a avaliação do cumprimento dos parâmetros exigidos pela norma europeia no nó de Santo Tirso no sentido Espinho/Matosinhos para a pista de rodagem e para as pistas de acostamento com as luminárias VSAP. Os resultados estão denotados nas figuras 6.69 e 6.70.

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	U ₀ ≥ 0.40	U _I ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 1.65	✓ 0.72	✓ 0.79	✓ 8	* 0.71

Figura 6.69: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Espinho/Matosinhos

Em [lx] ≥ 7.50	Uo ≥ 0.40	Em [lx] ≥ 7.50	Uo ≥ 0.40
✓ 26.88	✓ 0.71	✓ 21.18	✓ 0.44

Figura 6.70: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP) no sentido Espinho/Matosinhos

Os resultados para a luminância média obtida com as novas luminárias LED na pista de rodagem é de $1,65 \text{ cd/m}^2$, sendo então, um valor algo afastado do valor limite imposto na norma europeia. Tal como acontece no sentido oposto deste nó, isto significa que existe um sobre-emprego da utilização das luminárias existentes. Em relação aos critérios de uniformidade, sugerem ser valores aceitáveis.

Em relação às pistas de acostamento, os seus valores são bastante elevados devido à sua classe de iluminação (C5) que apresenta menores restrições nos seus parâmetros.

6.3.5.2 Resultados nos Ramos

Para o tipo de ramo existente neste nó também estão apresentados os resultados na pista de rodagem e nas pistas de acostamento, quanto às conclusões do cumprimento dos parâmetros da norma europeia EN 13201 e também às linhas isográficas produzidas pelas luminárias da sua potência luminosa e da sua densidade de luminância com a pista seca, que foram obtidos a partir do *Dialux*. Para este ramo, a escala utilizada em todos os casos exibidos são de 1:200.

Nos ramos do nó de Santo Tirso foram utilizadas luminárias *Schröder CITEA MIDI / 1954 / SON-T 150 W / 263181*. Para obter informações mais detalhadas acerca desta luminária, a sua ficha técnica encontra-se no Anexo B.

Em primeiro lugar, estão apresentadas as linhas isográficas para a pista de rodagem.

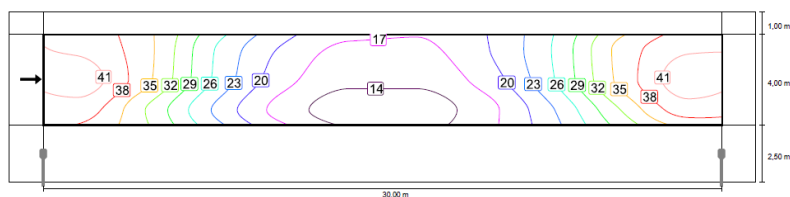


Figura 6.71: Potência luminosa na pista de rodagem de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)

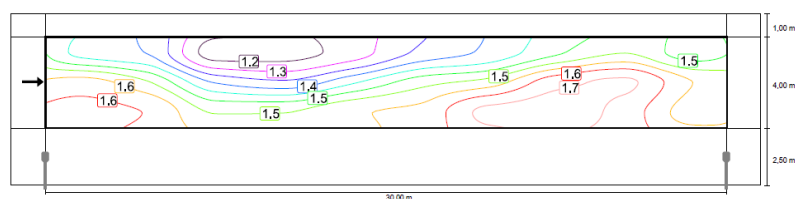


Figura 6.72: Densidade de luminância na pista de rodagem seca de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)

Logo depois da pista de rodagem, estão expostas as linhas isográficas para as pistas de acostamento.

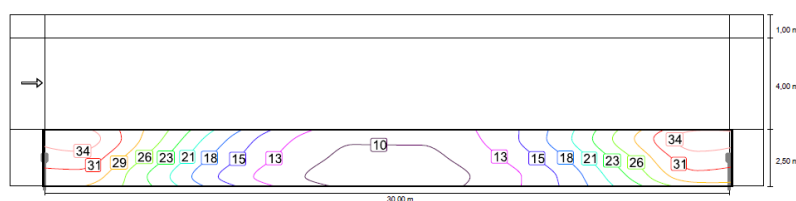


Figura 6.73: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)

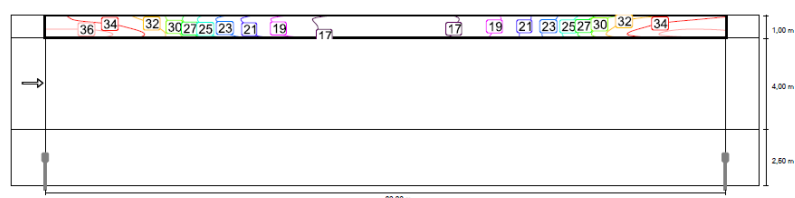


Figura 6.74: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)

Apenas estão em falta os resultados dos valores necessários para o cumprimento dos requisitos impostos pela norma EN 13201, para a plena via e para o tipo de ramo existente no nó de Santo Tirso. Os resultados estão denotados nas figuras 6.75 e 6.76.

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	U _o ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 1.48	✓ 0.80	✓ 0.79	✓ 7	* 0.69

Figura 6.75: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)

Em [lx] ≥ 7.50	U ₀ ≥ 0.40	Em [lx] ≥ 7.50	U ₀ ≥ 0.40
✓ 19.59	✓ 0.45	✓ 25.36	✓ 0.64

Figura 6.76: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) de um ramo do Nó de Santo Tirso com as luminárias atuais (VSAP)

Na análise dos parâmetros que correspondem ao ramo também é notório um valor elevado de luminância média da pista de rodagem ($1,48 \text{ cd/m}^2$), tal como acontece na plena via, assim como os critérios de uniformidade que igualmente se encontram algo superiores aos valores mínimos necessários, em especial o de uniformidade geral.

Uma vez mais, existem desproporções nos valores obtidos nas pistas de acostamento em consequência das suas classes de iluminação (C5).

6.3.6 Soluções Para Novas Luminárias

Tal como foi realizado para o nó de Custóias, também para este nó foram procuradas soluções mais eficientes ao instalar novas luminárias LED. Assim sendo, procedeu-se a uma pesquisa no mercado por potenciais luminárias que sejam economicamente viáveis e também que cumpram os requisitos necessários à sua instalação.

A procura das luminárias teve em conta as necessidades que cada local do nó detém, e por esse motivo, dividiu-se o estudo por zona.

6.3.6.1 Resultados na Plena Via

Após a pesquisa por potenciais luminárias para instalação na plena via do nó de Santo Tirso, procedeu-se para a escolha final da luminária a implementar. Também aqui se obtiveram duas boas soluções, uma da fabricante *Schröder* e uma da fabricante *Philips*.

Tabela 6.23: Características das luminárias consideradas para possível substituição na plena via do nó de Santo Tirso

Fabricante	Modelo	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	Rendimento Luminoso (lm/W)	Preço p/ unidade (€)
<i>Schröder</i>	SmartLume 2	104	13554	130,3	487,50
<i>Philips</i>	UniStreet	88	12004	136,4	455,00

Analisando as duas luminárias em questão, é possível concluir que a luminária que seria mais conveniente para a troca na plena via é a *Philips UniStreet*, pois supera a luminária da *Philips* em todas as vertentes, sendo as mais importantes, a potência (88 W) e o preço (455,00 euros), à exceção da vertente do fluxo luminoso, porém os dois valores são bastante próximos. Com o processo de escolha da luminária LED concluído, é necessário verificar se, de facto, esta poderá

ser instalada em função dos requisitos mínimos e essa verificação passa por continuar o estudo no software *Dialux*.

As linhas isográficas reproduzidas na plena via (sentido Matosinhos/Espinho) por esta luminária podem ser consultadas logo abaixo, entre a figura 6.83 e a figura 6.86.

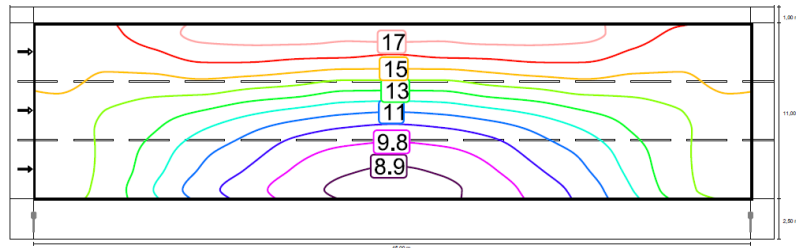


Figura 6.77: Potência luminosa na pista de rodagem (sentido Matosinhos/Espinho) da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

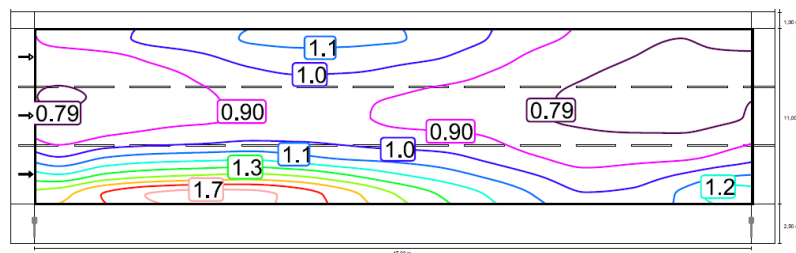


Figura 6.78: Densidade de luminância na pista de rodagem seca (sentido Matosinhos/Espinho) da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

De seguida estão expostas as linhas isográficas obtidas para as pistas de acostamento (direita e esquerda) na plena via no sentido Matosinhos/Espinho.

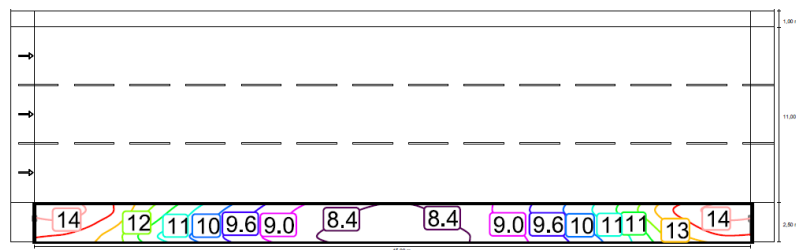


Figura 6.79: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Matosinhos/Espinho

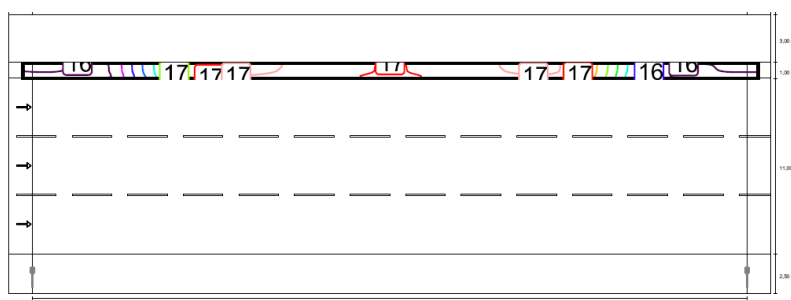


Figura 6.80: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da plena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Matosinhos/Espinho

Passando para a obtenção dos valores finais de cumprimento das normas, nas figuras 6.81 e 6.82 estão expostos esses mesmos valores.

Lm [cd/m^2] ≥ 1.00	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 1.13	✓ 0.62	✓ 0.70	✓ 11	* 0.64

Figura 6.81: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Matosinhos/Espinho

Em [lx] ≥ 7.50	Uo ≥ 0.40
✓ 10.56	✓ 0.77

Em [lx] ≥ 7.50	Uo ≥ 0.40
✓ 16.67	✓ 0.94

Figura 6.82: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Matosinhos/Espinho

Ao rever os valores obtidos para este nó com as novas luminárias, conclui-se que a sua colocação é apropriada para a pista de rodagem (luminância média de $1,13 \text{ cd}/\text{m}^2$ e critérios de uniformidade com valores plausíveis).

Uma vez mais, existem desproporções nos valores obtidos nas pistas de acostamento em consequência das suas classes de iluminação (C5).

Com a análise do sentido Matosinhos/Espinho da plena via concluída, chega a vez de se estudar o sentido Espinho/Matosinhos.

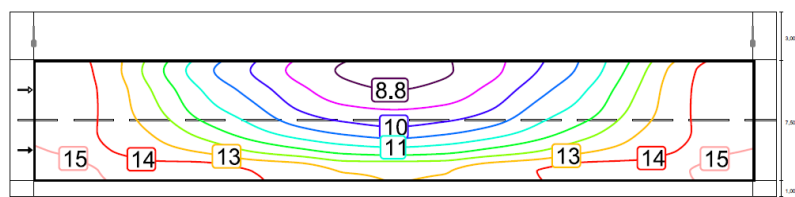


Figura 6.83: Potência luminosa na pista de rodagem (sentido Espinho/Matosinhos) da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

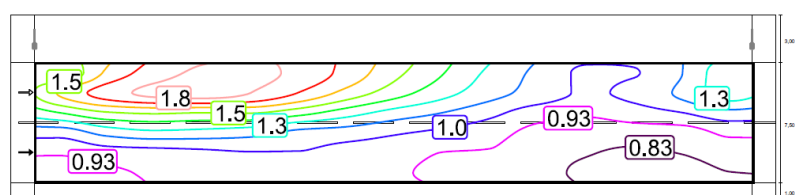


Figura 6.84: Densidade de luminância na pista de rodagem seca (sentido Espinho/Matosinhos) da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

De seguida estão expostas as linhas isográficas obtidas para as pistas de acostamento (direita e esquerda) na plena via no sentido Matosinhos/Espinho.

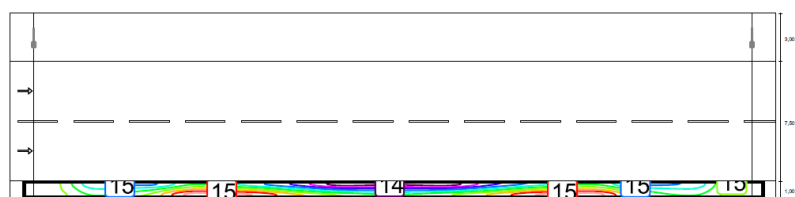


Figura 6.85: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Espinho/Matosinhos

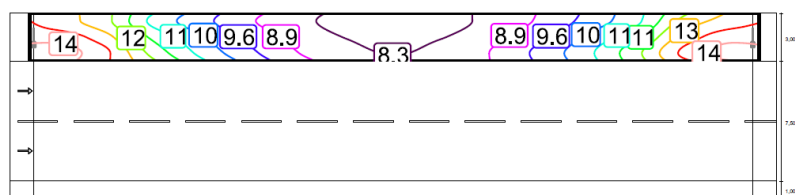


Figura 6.86: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador da pena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Espinho/Matosinhos

Segue-se então a avaliação do cumprimento dos parâmetros exigidos pela norma europeia no nó de Santo Tirso no sentido Espinho/Matosinhos para a pista de rodagem e para as pistas de acostamento com as luminárias LED *Philips Unistreet*. Os resultados estão denotados nas figuras 6.87 e 6.88.

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	U _o ≥ 0.40	U _l ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 1.24	✓ 0.61	✓ 0.70	✓ 10	* 0.63

Figura 6.87: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem da plena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Espinho/Matosinhos

Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40	Em [lx] ≥ 7.50	U _o ≥ 0.40
✓ 14.95	✓ 0.95	✓ 10.45	✓ 0.77

Figura 6.88: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) da plena via do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED) no sentido Espinho/Matosinhos

Como foi concluído para o sentido Matosinhos/Espinho, aqui também se verificam valores apropriados em termos de dimensionamento da nova luminária, com 1,24 cd/m² e valores de uniformidade geral e longitudinal aceitáveis.

Quanto às pistas de acostamento, os seus valores são bastante elevados devido à sua classe de iluminação (C5) que apresenta menores restrições nos seus parâmetros.

6.3.6.2 Resultados no Ramo

Também nos ramos do nó de Santo Tirso foram elaboradas pesquisas de novas luminárias LED e como aconteceu na plena via, encontraram-se duas luminárias que podem substituir a luminária atual, sendo que uma pertence à fabricante *Schröder* e outra à fabricante *Philips*.

Tabela 6.24: Características das luminárias consideradas para possível substituição nos ramos do nó de Santo Tirso

Fabricante	Modelo	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	Rendimento Luminoso (lm/W)	Preço p/ unidade (€)
<i>Schröder</i>	SmartLume 2	64	8207	128,2	385,00
<i>Philips</i>	ClearWay	44,5	6171	138,7	370,00

Comparando novamente as duas luminárias em questão, conclui-se que a luminária mais conveniente para a troca nos ramos é a *Philips ClearWay*, pois supera a luminária da *Philips* em quase todas as características, sendo elas, a potência (44,5 W) e o preço (370,00 euros) e o rendimento luminoso (138,7 lm/W), à exceção da vertente do fluxo luminoso, porém os dois valores são bastante próximos. Com o processo de escolha da luminária LED concluído, é necessário verificar se, de facto, esta poderá ser instalada em função dos requisitos mínimos e essa verificação passa por continuar o estudo no software *Dialux*.

As linhas isográficas reproduzidas nos ramos por esta luminária podem ser consultadas logo abaixo, entre a figura 6.89 e a figura 6.92.

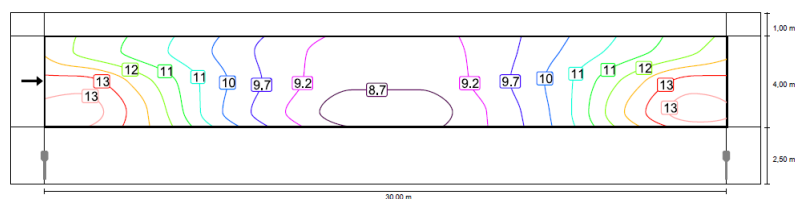


Figura 6.89: Potência luminosa na pista de rodagem dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

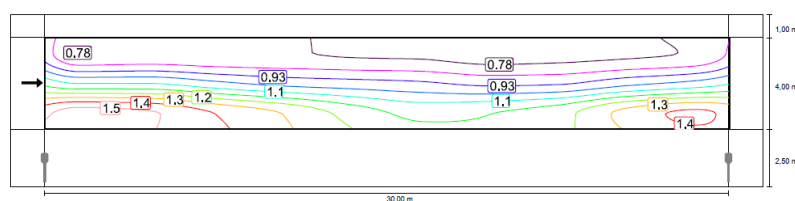


Figura 6.90: Densidade de luminância na pista de rodagem seca dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

De seguida estão expostas as linhas isogrâficas obtidas para as pistas de acostamento (direita e esquerda) na plena via no sentido Matosinhos/Espinho.

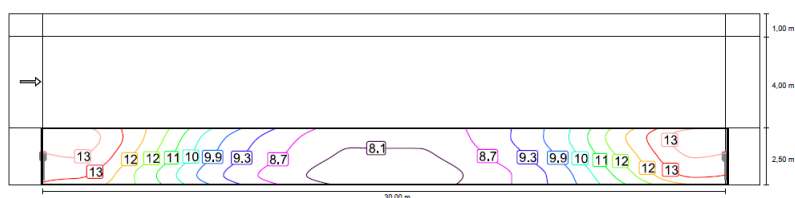


Figura 6.91: Potência luminosa na pista de acostamento à direita do utilizador dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

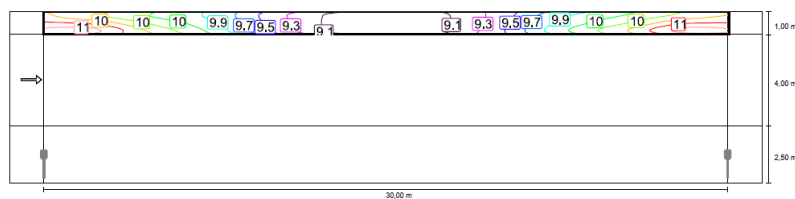


Figura 6.92: Potência luminosa na pista de acostamento à esquerda do utilizador dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

De seguida realizou-se a avaliação do cumprimento dos parâmetros exigidos pela norma europeia nos ramos do nó de Santo Tirso para a pista de rodagem e para as pistas de acostamento com as luminárias LED *Philips Unistreet*. Os resultados estão denotados nas figuras 6.95 e 6.94.

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	Uo ≥ 0.40	Ul ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 1.14	✓ 0.72	✓ 0.84	✓ 7	* 0.80

Figura 6.93: Resultados dos parâmetros de planeamento na pista de rodagem dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

Em [lx] ≥ 7.50	Uo ≥ 0.40
✓ 10.35	✓ 0.75

Em [lx] ≥ 7.50	Uo ≥ 0.40
✓ 9.81	✓ 0.91

Figura 6.94: Resultados dos parâmetros de planeamento nas pistas de acostamento da esquerda (à direita) e da direita (à esquerda) dos ramos do Nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

Os resultados obtidos através do *Dialux* demonstram que não só esta luminária pode ser instalada, uma vez que atinge os requisitos mínimos da EN 13201, como também está bem dimensionada, pois não ultrapassa esses mesmos valores de uma forma exagerada (luminância média em 1,14 cd/m² e uniformidades geral e longitudinal com valores apropriados).

Quanto às pistas de acostamento, os seus valores são bastante elevados devido à sua classe de iluminação (C5) que apresenta menores restrições nos seus parâmetros.

6.3.7 Luminárias Escolhidas

No final da análise das luminárias a substituir no nó de Santo Tirso, na tabela 6.25 estão os modelos das luminárias que foram escolhidas para uma possível instalação.

Sendo que retorna-se a incluir o desconto de 25% na aquisição das luminárias *Philips*, os seus preços são os seguintes.

Tabela 6.25: Luminárias escolhidas para a instalação no Nó de Santo Tirso

Zona	Fabricante	Modelo	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	Rendimento Luminoso (lm/W)	Preço p/unidade (€)	Preço p/ unidade (25% desconto) (€)
Plena Via	<i>Philips</i>	UniStreet	88	12004	136,4	455,00	341,25
Ramos	<i>Philips</i>	ClearWay	44,5	6171	138,7	370,00	277,50

Com o cumprimento dos requisitos por parte das duas luminárias que foram elegidas para a substituição, é possível dizer que haverá uma redução significativa no consumo já que, para a plena via há uma redução de potência na luminária na ordem dos 65% e nos ramos uma retenção de quase 70% em relação às luminárias atualmente instaladas.

6.4 Análise Económica

Nesta secção será elaborada a análise e viabilidade económica de cada caso que foi estudado, ou seja, do nó de Nozelos, do nó de Custóias e o nó de Santo Tirso. Dado que cada nó tem as suas características próprias, também se atingiram conclusões para cada caso.

Para o nó de Nozelos verificou-se a rentabilidade do projeto do sistema fotovoltaico em regime de UPP.

Em relação aos nós de Custóias e de Santo Tirso também se realizou o estudo da rentabilidade, porém agora a partir da troca de luminárias que se implementou no estudo destes dois nós.

Há que ter em conta que as conclusões serão diferentes para cada caso, pois o nó de Nozelos é um nó não urbano com o período de iluminação desde o anoitecer até à meia-noite, o nó de Custóias é um nó urbano e como tal, tem as luminárias em funcionamento desde o anoitecer até ao amanhecer e por fim, o nó de Santo Tirso que é considerado um nó não urbano e que está iluminado desde o anoitecer até à meia-noite, porém com tecnologia de regulação de fluxo.

6.4.1 Nó de Nozelos

Para efetuar o estudo da viabilidade económica neste nó, o primeiro passo será o de estimar o investimento que será necessário para implementar o sistema fotovoltaico.

Ao longo do estudo do nó de Nozelos já foram escolhidos os equipamentos que serão necessários para a construção deste projeto, porém ainda existem alguns custos que não ficaram incluídos, tal como os custos de instalação ou a mão de obra para todos os equipamentos e a manutenção que terá de ser efetuada.

Na tabela 6.26 estão os preços de todos os equipamentos a utilizar no sistema, a sua quantidade e o total do investimento a realizar.

Tabela 6.26: Orçamento para o projeto fotovoltaico no nó de Nozelos

Equipamento	Designação	Quantidade	Preço p/ un (€)	Preço Total (€)
Módulos FV	MPRIME G Séries GENIUS 4BB 260 (Martifer)	88	120,00	10 560,00
Suporte Módulos		88	41,40	3 643,20
Cabo DC	Top Solar PV ZZ-F/H1Z2Z2-K (Top Cable)	0,32 km	1 232,00 €/km	394,24
Cabo AC INVERSOR/QE	Cabelte XV 3X25+2G16	0,035 km	16 634,00 €/km	582,19
Cabo AC QE/QGBT	Cabelte XV 3X25+2G16	0,04 km	16 634,00 €/km	665,36
Fusível DC	Hager LF315PV	8	6,31	50,48
Fusível AC	Hager LF563G	3	3,38	10,14
Interruptor DC	Hager SB432PV	1	193,22	193,22
Vetor Estanque	Hager VE110SN	1	33,31	33,31
Corta Circuitos Porta Fusíveis	Hager L501PV	8	5,06	40,48
Interruptor Omnipolar Geral	Hager HA451	1	104,28	104,28
Disjuntor AC	Hager NRN440	1	160,88	160,88
Interruptor Diferencial	Hager CDC440A	1	117,99	117,99
Inversor	Sunny Tripower 25000TL-20	1	2 847,80	2 847,80
Armário	Vidropol ADE 85.78	1	381,60	381,60
Pedestal / Maciço (QE)	Vidropol MAC 90.78	1	192,70	192,70
Fechaduras Completas Com Canhão (Sem Tranquetas)	Triangular	1	75,80	75,80
Mão de Obra / Custos de Instalação				
Equipamento elétrico		22880	0,15 €/W	3 432,00
Equipamento não elétrico		22880	0,16 €/W	3 660,80
TOTAL (€)		27 146,47		

Adicionalmente, os custos de manutenção anuais foram considerados em 5% do investimento total inicial, ou seja, terão um custo de 1 357,32 euros por ano. De seguida estão dispostas as informações finais do projeto fotovoltaico no nó de Nozelos.

▼ Informações do projecto			
Quantidade total de módulos FV	88	Rendimento energético anual	36.588,60 kWh
Potência de pico	22,88 kWp	Factor de utilização da energia	100 %
Número de inversores fotovoltaicos	1	Rácio de desempenho	88,9 %
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos	25,00 kW	Rendimento energético espec.	1599 kWh/kWp
Potência activa CA	25,00 kW	Perdas em linha (em % de energia FV)	---
Relação de potência activa	109,3 %	Carga desequilibrada	0,00 VA

Figura 6.95: Informações do Projeto Fotovoltaico

A figura 6.97 representa do rendimento energético mensal do sistema fotovoltaico, extraído do programa *Sunny Design 3*.

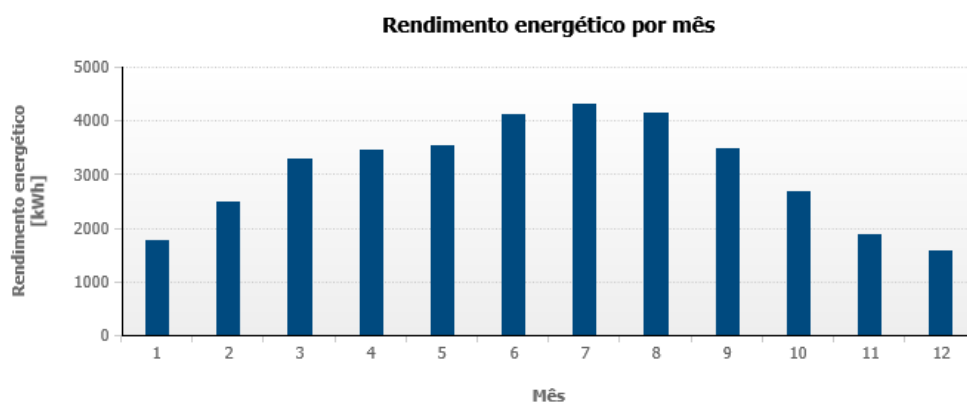


Figura 6.96: Rendimento energético mensal do sistema fotovoltaico

Para cada mês está exposta a produção do sistema, que será totalmente injetada na rede, já que é uma UPP. Ainda é de mencionar que existe maior produção de energia nos meses de Junho, Julho e Agosto, uma vez que estes meses se encontram no período de verão, onde há maior irradiação solar.

Foi ainda realizado um estudo acerca do encarecimento do preço da eletricidade, uma vez que, como é sabido, o preço da eletricidade aumenta a cada ano e será necessário calcular uma taxa de encarecimento anual para realizar uma estimativa mais precisa em relação à amortização deste sistema fotovoltaico.

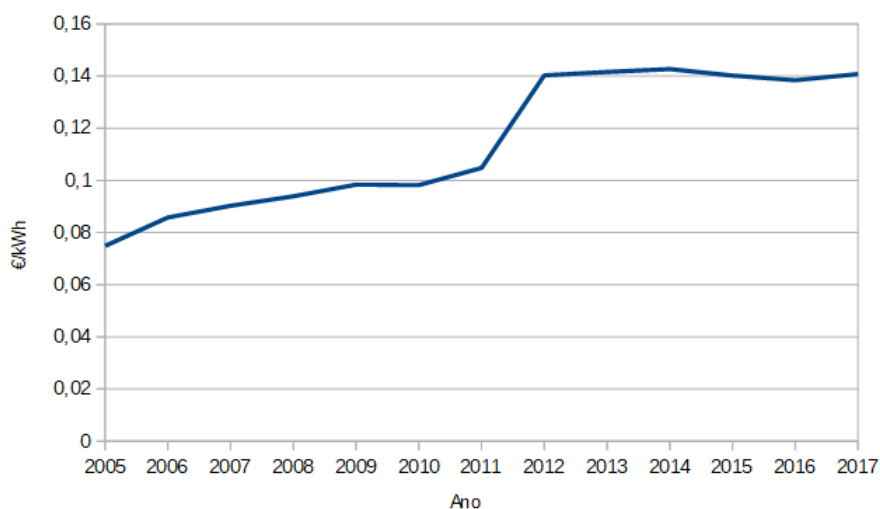


Figura 6.97: Preços da eletricidade em Portugal, de 2005 a 2017 [5]

Com os dados do gráfico da figura 6.97, calculou-se uma média para a taxa de encarecimento anual, para realizar a estimativa para os próximos 25 anos, que é o período de vida dos painéis solares, e chegou-se ao valor de 4%.

Com o valor do investimento e da taxa de encarecimento achadas, é possível encontrar o período de amortização da implementação do sistema fotovoltaico.

Foi tido em conta outros parâmetros igualmente importantes para o cálculo do período de retorno. O tarifário, sendo fundamental para a solução final, foi tido em conta, porém como a melhor solução do tarifário foi mantida com o tarifário atual, como se verifica na tabela 6.9.

Também se tomou em consideração que, sendo o sistema uma UPP, também existe um valor de compensação por rede e o valor que foi imposto no nó de Nozelos foi de 0,135 €/kWh uma vez que é um valor que é normalmente usado para estes casos e que esta compensação tem um período de 15 anos.

Após o período da remuneração de compensação por injetar energia na rede pública, os regimes de UPP passam a ser remunerados como produtores em regime especial, com o valor de 0,343 €/kWh, porém foi decidido não incluir esta remuneração, uma vez que após estes 15 anos de produção, deverão existir demasiadas flutuações na produção de energia, e portanto, na poupança obtida após este extenso período de tempo [31].

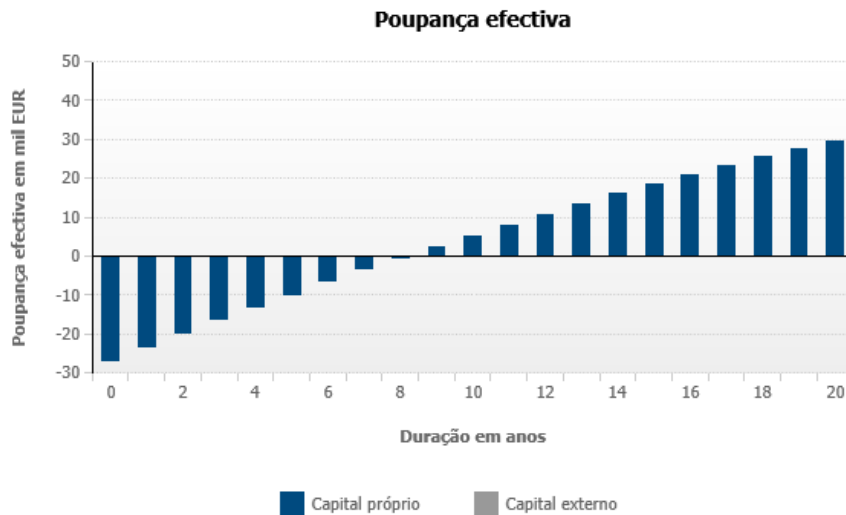


Figura 6.98: Poupança efetiva do sistema fotovoltaico

A partir do gráfico da figura 6.98 chega-se à conclusão de que o período de retorno do investimento do sistema fotovoltaico é de 9 anos. De acordo com o estudo elaborado, crê-se que este projeto é bastante atrativo, em termos financeiros, uma vez que se atinge um retorno do investimento aplicado muito antes do período de vida dos painéis (25 anos), e que no final deste período o nó dará um lucro total de 93 181,00 euros.

6.4.1.1 Manutenção

Estando os painéis fotovoltaicos expostos ao ambiente exterior, estão sujeitos a poeiras e outros resíduos naturais e, como tal, para que estes atinjam uma produção eficiente, também terão de estar sujeitos a manutenções com períodos regulares.

Uma das preocupações será a limpeza dos painéis, visto que com sujidade, a produção de energia será inferior em relação ao mesmos painéis quando estão lavados.

Também terão de existir inspeções ao ângulo de inclinação dos painéis, de forma a que estes mantenham a posição ótima assim como o seu rendimento.

Da mesma forma, as ligações elétricas terão de ser inspecionadas, por motivos de desgaste dos cabos em relação ao meio ambiente e até verificar a existência de oxidação.

6.4.2 Nó de Custóias

No caso do nó de Custóias, em que foi realizado um estudo para substituição para luminárias LED, ou seja, luminárias mais eficientes quanto ao seu rendimento e poupança energética.

Uma vez mais, em primeiro lugar, é realizado o investimento inicial do projeto, que passa pela compra e instalação das novas luminárias.

Relembrando as características gerais das luminárias para substituição no nó de Custóias, que estão na tabela 6.19, os modelos escolhidos e os respetivos preços são os seguintes:

- Para a plena via - *Philips DigiStreet* com 140 W de potência e um preço unitário de 600,00 euros;
- Para o tipo de ramo A - *Philips UniStreet* com 51 W de potência e um preço unitário de 380,00 euros;
- Para o tipo de ramo B - *Philips ClearWay* com 79 W de potência e um preço unitário de 370,00 euros;

É possível verificar o investimento total do nó de Custóias na tabela 6.27. O investimento foi calculado ao multiplicar o número de luminárias de cada zona pelo custo unitário da luminária e por fim, fazer o somatório das três zonas. Além do custo de aquisição das novas luminárias, é sabido que o custo de instalação destas mesmas é de 25 euros por luminária.

Tabela 6.27: Investimentos realizados para o nó de Custóias

Nó de Custóias	Plena Via	Ramo A	Ramo B	Total
Nº Luminárias	53	17	106	176
Modelo	<i>Philips DigiStreet</i>	<i>Philips ClearWay</i>	<i>Philips UniStreet</i>	
Custo p/luminária (€)	450,00	285,00	277,50	
Investimento em luminárias (€)	23 850,00	4 845,00	29 415,00	58 110,00
Custo de Instalação	25 € p/luminária			4 400,00
Investimento Total (€)	62 510,00			

Determinou-se então, que o investimento total para o nó de Custóias será de 62 510,00 euros.

Para determinar a potência total consumida pelas novas luminárias há que ter em conta a potência das luminárias e também da quantidade de luminárias existentes em cada zona.

A potência total de uma zona do nó é dada pela seguinte expressão:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{luminária}} \times N_{\text{luminárias}} \quad (6.41)$$

Em que:

- $P_{\text{luminária}}$ - Potência de uma luminária;
- $N_{\text{luminárias}}$ - Número de luminárias por zona;

Foram realizados os cálculos para as três zonas existentes no nó de Custóias e os resultados estão na tabela 6.28.

Tabela 6.28: Potências totais das zonas do nó de Custóias e o seu somatório

Nó de Custóias	Plena Via	Ramo A	Ramo B	Total
Nº Luminárias	53	17	106	176
Potência da Luminária (W)	140	51	79	
Potência Total (W)	7 420	867	8 374	16 661

O cálculo do somatório da potência total das três zonas deste nó é fundamental para a estimativa do consumo anual com as novas luminárias, sendo que tem valor de 16 661 W. Realizada a operação da potência total do nó, procede-se ao cálculo do seu consumo mensal.

$$P_{\text{consumida/mês}} = P_{\text{total}} \times N_{\text{horas/mês}} \quad (6.42)$$

Em que:

- P_{total} - Potência de uma luminária;
- $N_{\text{horas/mês}}$ - Número de horas em funcionamento por mês;

O número de horas em que a luminária está em funcionamento foi estimado de acordo com a média de horas de período noturno por cada mês. Nos meses de inverno, as luminárias estão em funcionamento em maior número de horas em relação aos meses de verão. A realização deste cálculo teve em conta que este nó é urbano, ou seja, está em funcionamento todo o período noturno (desde o anoitecer até ao amanhecer).

Os novos consumos para o nó de Custóias estão disponíveis na tabela 6.29.

Tabela 6.29: Consumos no nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

Consumos com as novas luminárias (kWh)	Super Vazio	Vazio	Cheia	Ponta	Total Mensal
Janeiro	1 683,24	1 926,67	1 346,94	724,55	5 681,40
Fevereiro	1 548,51	1 571,47	1 126,03	682,32	4 928,32
Março	1 683,21	1 422,19	1 175,71	367,30	4 648,42
Abril	1 548,02	1 248,64	1 031,80	170,18	3 998,64
Maiο	1 596,41	1 283,58	972,41	21,28	3 873,68
Junho	1 459,68	1 154,53	864,91	19,68	3 498,81
Julho	1 597,14	1 196,43	936,50	14,49	3 744,56
Agosto	1 738,82	1 368,04	1 140,10	14,09	4 261,05
Setembro	1 753,63	1 591,87	1 388,95	13,94	4 748,39
Outubro	1 705,55	1 802,80	1 459,27	197,29	5 164,91
Novembro	1 586,93	1 813,11	1 331,87	516,31	5 248,22
Dezembro	1 797,07	2 035,65	1 571,97	793,19	6 197,89
Total Período	19 698,22	18 415,01	14 346,45	3 534,61	55 994,29

Com os novos consumos totais mensais calculados, avançou-se para o cálculo dos novos consumos por períodos (Super Vazio, Vazio, Cheia e Ponta). O procedimento realizado teve em conta os consumos com as luminárias VSAP do nó de Custóias, ao calcular a percentagem desse consumo por período em relação a cada consumo total mensal. Tendo estas percentagens e os consumos totais mensais para as novas luminárias LED, utilizou-se essa percentagem para "distribuir" o consumo mensal pelos vários períodos.

Além do mais, é de referir que o novo consumo anual final é de 55 994,29 kWh, o que significa que a redução de consumo anual é significativa quando relacionada com o consumo anual atual (130 587,05 kWh).

Os valores do consumo anual por período tarifário são bastante convenientes para assim, ser possível colocá-los na fatura energética e conhecer o custo anual da fatura energética com as novas luminárias.

Sendo que no estudo da procura da fatura mais económica, concluiu-se que a fatura atual continua a ser a mais adequada, utilizou-se essa mesma fatura para realizar os cálculos do custo anual.

Tabela 6.30: Custo anual no nó de Custóias com as novas luminárias (LED)

Iberdrola (Fatura Atual)				
Energia Ativa	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,033596	19 698,22	1	661,78
Horas de Vazio Normal	0,040762	18 415,01	1	750,63
Horas Cheias	0,052321	14 346,45	1	750,62
Horas de Ponta	0,058051	3 534,61	1	205,19
Termo de redes Energia	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,0219	19 698,22	1	431,39
Horas de Vazio Normal	0,0224	18 415,01	1	412,50
Horas Cheias	0,0406	14 346,45	1	582,47
Horas de Ponta	0,047	3 534,61	1	166,13
Termo de redes Potência	€/kW	kW	Nº meses	Total (€)
Horas de Ponta	0,2263	740,74	1	167,63
Potência Contratada	0,032	17019	1	544,61
Taxas e Impostos	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	55 994,29	1	55,99
IVA				1 087,65
Contribuição Audiovisual				34,20
IVA Contribuição Audiovisual				2,05
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)		4 672,94		
TOTAL (€)		5 852,84		

Para calcular a poupança anual, terá de se subtrair o custo anual com os consumos atuais do nó, com o custo anual calculado com a substituição para luminárias LED. Em diante, os cálculos serão realizados para os custos anuais sem impostos já que os equipamentos adquiridos não incluem IVA.

$$\begin{aligned}
 \text{Poupança} &= \text{Custo}_{\text{VSAP}} - \text{Custo}_{\text{LED}} \\
 &= 10180,95 - 4672,94 \\
 &= 5508,01 \text{ euros}
 \end{aligned}
 \tag{6.43}$$

O valor da poupança anual no nó de Custóias com as novas luminárias é de 5 508,01 euros.

O tempo de retorno é determinado através do quociente entre o investimento total realizado no nó e a poupança anual.

$$\begin{aligned} \text{Retorno} &= \frac{\text{Investimento}_{\text{total}}}{\text{Poupanca}} \\ &= \frac{62510,00}{5508,01} \\ &= 11,35\text{anos} \end{aligned} \tag{6.44}$$

O tempo de retorno pode ser traduzido, que são sensivelmente 11 anos e 4 meses, ou seja, aproximadamente 11 anos. Este valor de amortização sugere que o possível investimento neste nó não é atrativo.

Esta conclusão pode ser explicada pelo facto da largura da via ser muito extensa, troço em que o nó de Custóias está inserido, o que leva a que seja necessário utilizar luminárias de maior potência e com maiores valores de fluxo luminoso.

É de salientar que os custos de manutenção não foram incluídos nas luminárias, já que estas possuem uma garantia de 10 anos.

6.4.3 Nó de Santo Tirso

Neste nó também foi realizado um estudo de substituição das luminárias atuais de VSAP para novas luminárias com tecnologia LED, de maior rendimento e eficiência.

Primeiramente, é realizado o investimento inicial do projeto, que passa pela compra e instalação das novas luminárias.

Relembrando as características gerais das luminárias para substituição no nó de Santo Tirso, que estão na tabela 6.25, os modelos escolhidos e os respectivos preços são os seguintes:

- Para a plena via - *Philips UniStreet* com 88 W de potência e um preço unitário de 455,00 euros;
- Para os ramos - *Philips ClearWay* com 44,5 W de potência e um preço unitário de 370,00 euros;

É possível verificar o investimento total do nó de Santo Tirso na tabela 6.31. O investimento foi calculado ao multiplicar o número de luminárias de cada zona pelo custo unitário da luminária e por fim, fazer o somatório das duas zonas. Além do custo de aquisição das novas luminárias, é sabido que o custo de instalação destas mesmas é de 25 euros por luminária.

Tabela 6.31: Investimentos realizados para o nó de Santo Tirso

Nó de Santo Tirso	Plena Via	Ramos	Total
Nº Luminárias	60	38	98
Modelo	<i>Philips UniStreet</i>	<i>Philips ClearWay</i>	
Custo p/luminária (€)	341,25	277,50	
Investimento em luminárias (€)	20 475,00	10 545,00	31 020,00
Custo de Instalação	25 € p/luminária		2 450,00
Investimento Total (€)	33 470,00		

Chegou-se à conclusão de que o investimento total para o nó de Santo Tirso é de 33 470,00 euros.

Tal como foi descrito para o nó de Custóias, para o nó de Santo Tirso também se determina a potência total das suas duas zonas.

A potência total de uma zona do nó é dada pela seguinte expressão:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{luminária}} \times N_{\text{luminárias}} \quad (6.45)$$

Em que:

- $P_{\text{luminária}}$ - Potência de uma luminária;
- $N_{\text{luminárias}}$ - Número de luminárias por zona;

Foram realizados os cálculos para as duas zonas existentes no nó de Santo Tirso e os resultados estão na tabela 6.32.

Tabela 6.32: Potências totais das zonas do nó de Santo Tirso e o seu somatório

Nó de Santo Tirso	Plena Via	Ramos	Total
Nº Luminárias	60	38	98
Potência da Luminária (W)	88	44,5	
Potência Total (W)	5280	1691	6971

O somatório da potência total no nó de Santo Tirso tem valor de 6 971 W. Realizada a operação da potência total do nó, procede-se ao cálculo do seu consumo mensal.

$$P_{\text{consumida/mês}} = P_{\text{total}} \times N_{\text{horas/mês}} \quad (6.46)$$

Em que:

- P_{total} - Potência de uma luminária;
- $N_{\text{horas/mês}}$ - Número de horas em funcionamento por mês;

Para o caso do nó de Santo Tirso, sendo que é considerado como um nó não urbano, ou seja, vê as suas luminárias a serem desligadas à meia-noite, o número de horas em funcionamento será mais reduzido que o nó de Custóias. Porém também se averiguaram os períodos entre o anoitecer e a meia-noite para o ano de 2016.

Os novos consumos para o nó de Santo Tirso estão disponíveis na tabela 6.33.

Tabela 6.33: Consumos no nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

Consumos com as novas luminárias (kWh)	Super Vazio	Vazio	Cheia	Ponta	Total Mensal
Janeiro	52,25	300,71	511,81	269,76	1 134,53
Fevereiro	56,71	232,41	460,88	260,81	1 010,80
Março	81,47	243,47	458,90	188,62	972,45
Abril	53,89	233,12	474,39	22,84	784,24
Maiο	51,46	207,25	518,69	32,97	810,38
Junho	38,33	189,24	367,66	32,16	627,39
Julho	48,30	211,41	470,16	26,48	756,35
Agosto	49,38	229,36	557,69	27,98	864,40
Setembro	47,44	235,98	581,11	24,26	888,80
Outubro	66,33	276,92	663,76	73,49	1 080,51
Novembro	54,57	317,46	605,45	277,30	1 254,78
Dezembro	66,36	391,97	564,92	273,36	1 296,61
Total Período	666,50	3 069,29	6 235,43	1 510,02	11 481,24

Tal como no caso do nó de Custóias, realizou-se uma proporção dos consumos por período, através da percentagem dos consumos totais mensais do nó de Santo Tirso (tabela 6.21) e os resultados estão expostos na tabela 6.33. Com as novas luminárias também é notória a poupança no consumo, quando o comparado com os consumos atuais.

No caso de estudo do nó de Santo Tirso também se concluiu-se que a fatura atual continua a ser a mais adequada e como tal, utilizou-se essa mesma fatura para realizar os cálculos do custo anual.

Tabela 6.34: Custo anual no nó de Santo Tirso com as novas luminárias (LED)

Iberdrola (Fatura Atual)				
Energia Ativa	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,033596	666,50	1	22,39
Horas de Vazio Normal	0,040762	3 069,29	1	125,11
Horas Cheias	0,052321	6 235,43	1	326,24
Horas de Ponta	0,058051	1 510,02	1	87,66
Termo de redes Energia	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,0219	666,50	1	14,60
Horas de Vazio Normal	0,0224	3 069,29	1	68,75
Horas Cheias	0,0406	6 235,43	1	253,16
Horas de Ponta	0,047	1 510,02	1	70,97
Termo de redes Potência	€/kW	kW	Nº meses	Total (€)
Horas de Ponta	0,2263	324,23	1	73,37
Potência Contratada	0,032	12 337,86	1	394,81
Taxas e Impostos	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	11 481,24	1	11,48
IVA				333,17
Contribuição Audiovisual				34,20
IVA Contribuição Audiovisual				2,05
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)		1 437,07		
TOTAL (€)		1 817,97		

Uma vez mais, calculou-se a poupança anual (subtração do custo anual com os consumos atuais do nó, com o custo anual calculado com a substituição para luminárias LED), desta vez para o nó de Santo Tirso. De igual forma, os preços dos equipamentos adquiridos não incluem IVA.

$$\begin{aligned}
 \text{Poupança} &= \text{Custo}_{\text{VSAP}} - \text{Custo}_{\text{LED}} \\
 &= 3546,11 - 1437,07 \\
 &= 2109,04 \text{ euros}
 \end{aligned}
 \tag{6.47}$$

O valor da poupança anual no nó de Santo Tirso com as novas luminárias é de 2 109,04 euros.

O tempo de retorno é determinado através do quociente entre o investimento total realizado no nó e a poupança anual.

$$\begin{aligned} \text{Retorno} &= \frac{\text{Investimento}_{\text{total}}}{\text{Poupanca}} \\ &= \frac{33470,00}{2109,04} \\ &= 15,87\text{anos} \end{aligned} \quad (6.48)$$

O tempo de retorno pode ser traduzido, que são aproximadamente 15 anos e 10 meses, ou seja, praticamente 16 anos. Este valor de amortização sugere que o possível investimento neste nó também não é atrativo.

Um possível motivo será pela sua programação, ao desativarem à meia-noite, o que faz com que o tempo de funcionamento seja reduzido.

Sendo que as luminárias estão em funcionamento durante poucas horas por dia, os custos já são baixos, o que faz com que um possível investimento neste nó tenha um período de retorno muito longo.

Neste nó, os custos de manutenção não foram incluídos nas luminárias, já que estas possuem uma garantia de 10 anos.

Capítulo 7

Conclusões e Trabalho Futuro

Foi objetivo desta dissertação, em todo o trabalho realizado, reduzir despesas e implementar nos três casos de estudos, soluções alternativas mais eficientes, em relação aos seus estados atuais.

No nó de Nozelos, onde já existe um sistema de iluminação apenas integrado por luminárias LED, foi sugerida a instalação de um sistema fotovoltaico, apenas em regime de UPP, devido a limitações legislativas quanto ao autoconsumo, de forma a reduzir a sua fatura energética.

Tanto no nó de Custóias, como no nó de Santo Tirso propôs-se a substituição das luminárias atuais de vapor de sódio de alta pressão, por luminárias LED, sendo que apresentam índices elevados de eficiência reduzindo assim, os seus consumos e consequentemente, a fatura energética. Uma vez que os dois nós apresentam características distintas, nomeadamente quanto à sua localização (o nó de Custóias é um nó urbano, enquanto que o nó de Santo Tirso não o é), em relação às horas de funcionamento e por fim relativamente à presença (ou não) de um sistema de gestão e controlo (o nó de Santo Tirso possui tecnologia de regulação de fluxo, enquanto que o nó de Custóias não).

7.1 Fatura Energética

A análise realizada no estudo da faturação energética foi a mesma para os três nós, concluindo-se que todos eles já contam com um contrato bastante económico (energia fornecida pela *Iberdrola*), quando comparado com as possíveis soluções de fatura apresentadas no trabalho. Assim sendo, é sugerido que se mantenham todos os contratos nos casos que foram estudados.

7.2 Sistema Fotovoltaico

Este projeto incluiu exclusivamente o nó de Nozelos, tendo sido implementado de raiz, já que não existia qualquer sistema fotovoltaico neste nó. Este estudo também englobou a compreensão do sistema de iluminação e do ambiente em que o nó está inserido.

O projeto foi executado para o funcionamento regime de UPP, ou seja, injeção total da energia produzida pelo sistema, tendo sido instalados 88 painéis fotovoltaicos e pela a análise efetuada, esta solução mostrou ser viável, tanto em termos legislativos, como económicos, pois apesar de um investimento total algo elevado (27 146,17 euros), o período de retorno é bastante reduzido (9 anos) com um lucro de 93 181 euros após os 25 anos de vida útil dos painéis.

7.3 Iluminação

Durante a realização deste estudo, verificou-se que a iluminação é um campo onde a implementação de soluções eficientes demonstrou reduções significativas no consumo de energia.

Os estudos efetuados, tanto no nó de Custóias, como no nó de Santo Tirso, passaram precisamente por esse propósito com reduções significativas em ambos os casos.

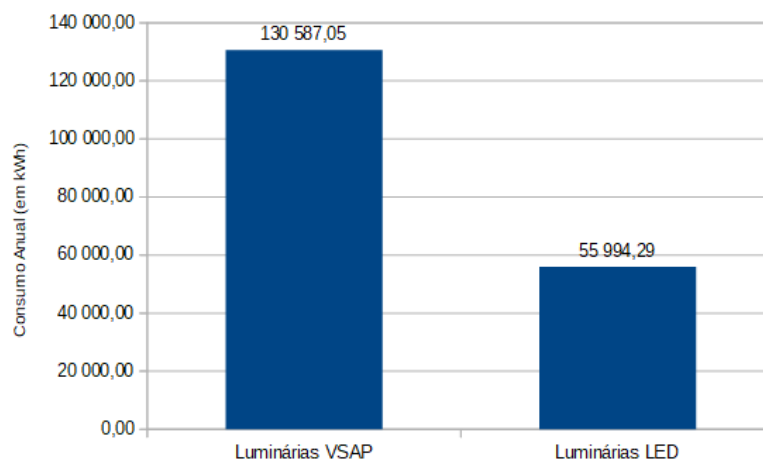


Figura 7.1: Poupança no consumo com a substituição para luminárias LED no nó Custóias

A troca para as luminárias LED no nó de Custóias apresenta uma poupança no consumo em cerca de 57% em relação às luminárias VSAP que estão instaladas atualmente, e ainda uma elevada poupança anual na fatura no valor de 5 508,01 euros. Já o investimento realizado neste mesmo nó é de igual forma, algo elevado (62 510,00 euros), com a consequência de um período de retorno de aproximadamente 11 anos. Este intervalo de tempo manifesta ser algo prolongado o que leva a crer que o projeto é inviável.

Inicialmente, este nó apontava ser promissor em termos de viabilidade devido à sua classificação como nó urbano, ou seja, que está em funcionamento desde o anoitecer até ao amanhecer, porém um dos possíveis motivos para este desfecho serão as características da própria via, que

tem uma área extensa, necessitando assim, de luminárias mais caras, de maior potência e fluxo luminoso que consigam satisfazer os níveis de luminância média e de uniformidade mínimos da EN 13201.

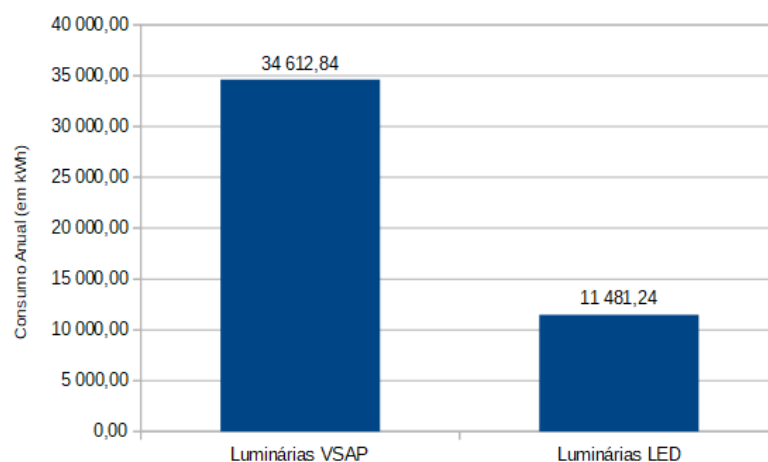


Figura 7.2: Poupança no consumo com a substituição para luminárias LED no nó Santo Tirso

O estudo elaborado no nó de Santo Tirso revela, de igual forma, valores elevados quanto à poupança no consumo, em caso da instalação de luminárias LED (cerca de 67% de poupança no consumo) e redução na despesa da fatura energética em 2 109,04 euros por ano. O investimento total proposto tem como valor 33 470,00 euros, levando a que o seu período de retorno seja de quase 16 anos. O nó de Santo Tirso manifesta ser ainda mais inviável quando comparado com o nó de Custóias.

Sendo classificado como nó não urbano, o que quer dizer que o seu período de funcionamento dura desde o anoitecer até à meia-noite, é um desenlace mais expectável, porém ainda aparenta ter um período de retorno mais extenso do que é esperado. Ao não serem utilizadas durante longos períodos, os seus consumos já são reduzidos, tais como os valores a pagar da fatura energética. Desta forma a poupança originada por uma possível troca de luminárias não seria razoável de forma a proporcionar um período de retorno mais breve.

A solução das luminárias LED demonstraram ser viáveis quanto à sua eficiência/poupança energética, mas pelo contrário o seu elevado custo de aquisição dão a crer que, no nó de Santo Tirso, em particular, que o projeto é inviável. A inviabilidade no caso do nó de Custóias sugere ser mais questionável, pelo que se poderão fazer trabalhos futuros e melhorias no troço para que este apresente melhores resultados.

A partir estudo luminotécnico realizado para os nós de Custóias e de Santo Tirso interpreta-se que, com a troca de luminárias VSAP para LED haverá reduções significativas de consumo energético, porém poderá vir a ser mais pertinente em futuros projetos de iluminação pública onde as luminárias serão instaladas de raiz.

7.4 Trabalho Futuro

Nesta secção serão abordados alguns possíveis trabalhos nos nós estudados com o intuito de melhorar as suas eficiências e os seus tempos de retorno.

Uma possibilidade de aumento na rentabilidade será a análise do sistema de iluminação instalado ao tentar encontrar a melhor arquitetura da disposição das luminárias e otimizar a altura dos postes.

Apesar da redução nos consumos ser muito inferior com as luminárias LED, existe ainda a hipótese de reduzir a fatura energética com a instalação de reguladores de potência luminosa.

Em particular, para o nó de Custóias, que detém luminárias ligadas durante toda a noite, poderá ser pertinente associar tecnologia de regulação de fluxo com um sistema de controlo e gestão inteligente capaz de detetar a existência de tráfego.

As soluções apresentadas como possíveis trabalhos a realizar no futuro terão custos adicionais de investimento, sendo que será oportuno analisar as suas viabilidades.

Anexo A

Faturas Energéticas

A.1 Nó de Nozelos

Termo Tarifário Fixo (€/mês)	Pot. Contratada (€/kW.dia)	Pot. Horas Ponta (€/kW.dia)	H.Ponta (€/kWh)	H.Cheias (€/kWh)	H.Vazio Normal (€/kWh)	H.Vazio Normal (€/kWh)	H.Super Vazio (€/kWh)
47,84	0,0209	0,4998	0,2163	0,1206	0,0819	0,0819	0,073
Curtas Utilizações							
			0,2159	0,1205	0,0825		0,0768
Médias Utilizações							
47,84	0,0486	0,3406	0,1446	0,1121	0,0779	0,0779	0,0665
Longas Utilizações							
			0,1505	0,1122	0,0818		0,0729
47,84	0,0516	0,338	0,1384	0,1087	0,0767	0,0767	0,0654
			0,1414	0,1109	0,0793		0,0729
Energia Ativa							
574,08							
Termo Tarifário Fixo Anual (€/ano)							
574,08							
Curvas Utilizações							
Horário de Inverno (Pr. e IV)	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	NP meses	Total (€)			
Horas de Super Vazio	0,0819	6651,009	1	487,009			
Horas de Vazio Normal	0,0819	7618,655	1	633,07			
Horas Cheias	0,1205	6488,443	1	781,85			
Horas de Ponta	0,2163	2482,303	1	536,92			
Horário de Verão (Pr. II e III)	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	NP meses	Total (€)			
Horas de Super Vazio	0,0768	5925,278	1	455,07			
Horas de Vazio Normal	0,0825	5551,495	1	441,50			
Horas Cheias	0,1205	5710,064	1	688,06			
Horas de Ponta	0,2159	160,537	1	34,66			
Termo der redcs Potência	€/kW	kW	NP meses	Total (€)			
Horas de Ponta	0,4998	549,973	1	274,88			
Potência Contratada	€/kW	kW	NP meses	Total (€)			
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	40417,976	1	40,42			
IVA							
Contribuição Audiovisual							
IVA Contribuição Audiovisual							
TOTAL (Taxes e Impostos (€))		5 076,56		34,20			
TOTAL (€)		6 350,13		2,05			

Figura A.1: Tarifa e custo da fatura anual no nó de Nozelos em MT (EDP Serviço Universal) em curtas utilizações

Médias Utilizações				Total (€)
Termo Tarifário Fixo Anual (€/ano)				574,08 €
Energia Ativa				
Horário de Inverno (Pr. I e IV)				
Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)	
0,665	6681,1999	1	444,30 €	
0,0779	7618,6935	1	595,49 €	
0,1121	6486,3432	1	727,34 €	
0,1446	2482,3032	1	358,94 €	
Horário de Verão (Pr. II e III)				
Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)	
0,0729	5925,3785	1	431,96 €	
0,0818	5351,4935	1	437,75 €	
0,1122	5710,0645	1	640,67 €	
0,1505	160,5377	1	24,16 €	
Termo de redes Potência				
€/kW	kW	Nº meses	Total (€)	
0,3406	549,973206666667	1	187,32 €	
Potência Contratada	8509,5	1	413,56 €	
Taxas e impostos				
€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)	
0,001	40417,976	1	40,42 €	
IVA			1,121,02 €	
Contribuição Audiovisual			34,20 €	
IVA Contribuição Audiovisual			2,05 €	
TOTAL s/Taxas e impostos (€)				
4 833,58 €				
TOTAL (€)				574,08 €
Longas Utilizações				
Termo Tarifário Fixo Anual (€/ano)				574,08 €
Energia Ativa				
Horário de Inverno (Pr. I e IV)				
Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)	
0,0654	6681,1999	1	436,95 €	
0,0767	7618,6935	1	584,35 €	
0,1087	6488,3432	1	705,28 €	
0,1384	2482,3032	1	343,55 €	
Horário de Verão (Pr. II e III)				
Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)	
0,07	5925,3785	1	431,96 €	
0,08	5351,4935	1	424,37 €	
0,11	5710,0645	1	633,25 €	
0,14	160,5377	1	22,70 €	
Termo de redes Potência				
€/kW	kW	Nº meses	Total (€)	
0,338	549,973206666667	1	185,89 €	
Potência Contratada	8509,5	1	439,09 €	
Taxas e impostos				
€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)	
0,001	40417,976	1	40,42 €	
IVA			1,105,04 €	
Contribuição Audiovisual			34,20 €	
IVA Contribuição Audiovisual			2,05 €	
TOTAL s/Taxas e impostos (€)				
4 781,48 €				
TOTAL (€)				5 967,18 €

Figura A.2: Custos da fatura anual no nó de Nozelos em MT (EDP Serviço Universal) em médias e longas utilizações

A.2 Nó de Custóias

Iberdrola (Fatura Atual)				
Energia Ativa	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,033596	45905,9113	1	1 542,25 €
Horas de Vazio Normal	0,040762	42927,5407	1	1 749,81 €
Horas Cheias	0,052321	33403,1294	1	1 747,69 €
Horas de Ponta	0,058051	8350,4719	1	484,75 €
Termo de redes Energia	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,0219	45905,9113	1	1 005,34 €
Horas de Vazio Normal	0,0224	42927,5407	1	961,58 €
Horas Cheias	0,0406	33403,1294	1	1 356,17 €
Horas de Ponta	0,047	8350,4719	1	392,47 €
Termo de redes Potência	€/kW	kW	Nº meses	Total (€)
Horas de Ponta	0,2263	1751,10178	1	396,27 €
Potência Contratada	0,032	17019	1	544,61 €
Taxas e Impostos	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	130587,0533	1	130,59 €
IVA				2 371,65 €
Contribuição Audiovisual				34,20 €
IVA Contribuição Audiovisual				2,05 €
TOTAL s/ Taxas e Impostos (€)		10 180,95 €		
TOTAL (€)		12 719,44 €		

Figura A.3: Custos anuais no nó de Custóias em MT com a fatura atual (Iberdrola)

HEN										
Ciclo	Pot. Contratada (€/kW.dia)	Pot. Horas Ponta (€/kW.dia)	H. Ponta (€/kWh)	H. Cheias (€/kWh)	H. Vazio Normal (€/kWh)	H. Super Vazio (€/kWh)				
	0,0397	0,2641	0,1158	0,1044						
Energia Ativa e Termo de Redes de Energia										
Horas de Super Vazio		Valor Unitário (€/kWh)	0,0678		45905,9113					
Horas de Vazio Normal			0,0764		42927,5407					
Horas Cheias			0,1044		33403,1294					
Horas de Ponta			0,1158		8350,4719					
Termo de redes Potência		€/kW								
Horas de Ponta		0,2641			1751,10178					
Potência Contratada		0,0397			17019					
Taxas e impostos		€/kWh								
Imposto Sobre Eletricidade		0,001			130587,0533					
IVA										
Contribuição Audiovisual										
IVA Contribuição Audiovisual										
TOTAL s/ Taxas e impostos (€)					11984,48 €					
TOTAL (€)					14937,78 €					

Energia Simples									
Pot. Contratada (€/kW.dia)	Pot. Horas Ponta (€/kW.dia)	H. Ponta (€/kWh)	H. Cheias (€/kWh)	H. Vazio Normal (€/kWh)	H. Super Vazio (€/kWh)				
0,0397	0,2641	0,0463	0,0401	0,050355	0,045745				
Energia Ativa									
Horas de Super Vazio		Valor Unitário (€/kWh)	0,045745		45905,9113				
Horas de Vazio Normal			0,050355		42927,5407				
Horas Cheias			0,056275		33403,1294				
Horas de Ponta			0,06945		8350,4719				
Horário de Inverno (Pr. I e IV)									
Horas de Super Vazio		0,0212			23591,9113				
Horas de Vazio Normal		0,0221			24887,0518				
Horas Cheias		0,0401			18836,1517				
Horas de Ponta		0,0463			7742,9164				
Horário de Verão (Pr. II e III)									
Horas de Super Vazio		0,0214			22314				
Horas de Vazio Normal		0,022			18040,4889				
Horas Cheias		0,0398			14566,9777				
Horas de Ponta		0,046			607,5555				
Termo de redes potência		€/kW							
Horas de Ponta		0,2641			1751,10178				
Potência Contratada		0,0397			17019				
Taxas e impostos		€/kWh							
Imposto Sobre Eletricidade		0,001			130587,0533				
IVA									
Contribuição Audiovisual									
IVA Contribuição Audiovisual									
TOTAL s/ Taxas e impostos (€)					11401,08 €				
TOTAL (€)					14220,21 €				

Figura A.5: Custos da fatura anual no nó de Custóias em MT da Hen (à esquerda) e da Energia Simples (à direita)

Termo Tarifário Fixo (€/mês)	Pot. Contratada (€/kW.dia)	Pot. Horas Ponta (€/kW.dia)	H ₁ Ponta (€/kWh)	H ₂ Chelias (€/kWh)	H ₃ Vazio Normal (€/kWh)	H ₄ Super Vazio (€/kWh)
Curtas Utilizações						
47,84	0,0209	0,4998	0,2163	0,1206	Horário de Inverno (Pr. I e IV) 0,0819	0,073
			0,2159	0,1205	Horário de Verão (Pr. II e III) 0,0825	0,0768
Médias Utilizações						
47,84	0,0486	0,3406	0,1446	0,1121	Horário de Inverno (Pr. I e IV) 0,0779	0,0665
			0,1505	0,1122	Horário de Verão (Pr. II e III) 0,0818	0,0729
Longas Utilizações						
47,84	0,0516	0,338	0,1384	0,1087	Horário de Inverno (Pr. I e IV) 0,0767	0,0654
			0,1414	0,1109	Horário de Verão (Pr. II e III) 0,0793	0,0729
Energia Ativa						
Termo Tarifário Fixo Anual (€/ano)						
574,08						
Curtas Utilizações						
Horário de Inverno (Pr. I e IV)	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Total (€)	Nº meses	Total (€)	
Horas de Super Vazio	0,073	23591,9113	1 722,21	1	1 722,21 €	
Horas de Vazio Normal	0,0819	24887,0518	2 038,25	1	2 038,25 €	
Horas Chelias	0,1205	18836,1517	2 269,76	1	2 269,76 €	
Horas de Ponta	0,2163	7742,9164	1 674,79	1	1 674,79 €	
Horário de Verão (Pr. II e III)	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Total (€)	Nº meses	Total (€)	
Horas de Super Vazio	0,0768	22314	1 713,72	1	1 713,72 €	
Horas de Vazio Normal	0,0825	18040,4889	1 488,34	1	1 488,34 €	
Horas Chelias	0,1205	14566,9777	1 755,32	1	1 755,32 €	
Horas de Ponta	0,2159	607,5555	131,17	1	131,17 €	
Termo de redes Potência	€/kW	kW	Total (€)	Nº meses	Total (€)	
Horas de Ponta	0,4998	1751,10178	875,20	1	875,20 €	
Potência Contratada	0,0209	17019	355,70	1	355,70 €	
Taxas e Impostos	€/kWh	kWh	Total (€)	Nº meses	Total (€)	
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	34612,8362	34,61	1	34,61 €	
IVA			3 365,62		3 365,62 €	
Contribuição Audiovisual			34,20		34,20 €	
IVA Contribuição Audiovisual			2,05		2,05 €	
TOTAL s/ Taxas e Impostos (€)			14 598,53		14 598,53 €	
TOTAL (€)			18 035,02		18 035,02 €	

Figura A.6: Tarifa e custo da fatura anual no nó de Custóias em MT (EDP Serviço Universal) em curtas utilizações

Médias Utilizações				
Termo Tarifário Fixo Anual (€/ano)				
Energia Ativa	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
574,08				
Horário de Inverno (Pr. I e IV)	0,0665	23591,9113	1	1 568,86 €
Horas de Super Vazio	0,0779	24887,0518	1	1 938,70 €
Horas de Vazio Normal	0,1121	18836,1517	1	2 111,53 €
Horas Cheias	0,1446	7742,9164	1	1 119,63 €
Horário de Verão (Pr. II e III)	0,0729	22314	1	1 626,69 €
Horas de Super Vazio	0,0818	18040,4889	1	1 475,71 €
Horas de Vazio Normal	0,1122	14566,9777	1	1 634,41 €
Horas Cheias	0,1505	607,5555	1	91,44 €
Termo de redes Potência	€/kW	1751,10178	1	596,43 €
Horas de Ponta	0,3406	17019	1	827,12 €
Potência Contratada	€/kWh	34612,8362	1	34,61 €
Taxas e impostos				13 564,61 €
Imposto Sobre Eletricidade	0,001			16 768,29 €
IVA				
Contribuição Audiovisual				
IVA Contribuição Audiovisual				
TOTAL §/Taxas e impostos (€)				3 127,82 €
TOTAL (€)				34,20 €
				2,05 €
				574,08 €
Longas Utilizações				
Termo Tarifário Fixo Anual (€/ano)				
Energia Ativa	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
574,08				
Horário de Inverno (Pr. I e IV)	0,0654	23591,9113	1	1 542,91 €
Horas de Super Vazio	0,0767	24887,0518	1	1 908,84 €
Horas de Vazio Normal	0,1087	18836,1517	1	2 047,49 €
Horas Cheias	0,1384	7742,9164	1	1 071,62 €
Horário de Verão (Pr. II e III)	0,07	22314	1	1 626,69 €
Horas de Super Vazio	0,08	18040,4889	1	1 430,61 €
Horas de Vazio Normal	0,11	14566,9777	1	1 615,48 €
Horas Cheias	0,14	607,5555	1	85,91 €
Horas de Ponta	€/kW	1751,10178	1	591,87 €
Termo de redes Potência	0,0516	17019	1	878,18 €
Potência Contratada	€/kWh	34612,8362	1	34,61 €
Taxas e impostos				3 083,91 €
Imposto Sobre Eletricidade	0,001			34,20 €
IVA				
Contribuição Audiovisual				
IVA Contribuição Audiovisual				
TOTAL §/Taxas e impostos (€)				13 373,68 €
TOTAL (€)				16 528,45 €

Figura A.7: Custos da fatura anual no nó de Custóias em MT (EDP Serviço Universal) em médias e longas utilizações

A.3 N3 de Santo Tirso

Iberdrola (Fatura Atual)				
Energia Ativa	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,033596	2009,1513	1	67,50 €
Horas de Vazio Normal	0,040762	9253,0293	1	377,17 €
Horas Cheias	0,052321	18621,7549	1	974,31 €
Horas de Ponta	0,058051	4728,9007	1	274,52 €
Termo de redes Energia	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)
Horas de Super Vazio	0,0219	2009,1513	1	44,00 €
Horas de Vazio Normal	0,0224	9253,0293	1	207,27 €
Horas Cheias	0,0406	18621,7549	1	756,04 €
Horas de Ponta	0,047	4728,9007	1	222,26 €
Termo de redes Potência	€/kW	kW	Nº meses	Total (€)
Horas de Ponta	0,2263	1008,51778	1	228,23 €
Potência Contratada	0,032	12337,86	1	394,81 €
Taxas e Impostos	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	34612,8362	1	34,61 €
IVA				823,57 €
Contribuição Audiovisual				34,20 €
IVA Contribuição Audiovisual				2,05 €
TOTAL 5/Taxas e Impostos (€)		3 546,11 €		
TOTAL (€)		4 440,54 €		

Figura A.8: Custos anuais no n3 de Santo Tirso em MT com a fatura atual (Iberdrola)

FENOSA									
Ciclo	Pot. Contratada (€/kW.dia)	Pot. Horas Ponta (€/kW.dia)	H.Ponta (€/kWh)	H.Cheias (€/kWh)	H.Vazio Normal (€/kWh)	H.Super Vazio (€/kWh)			Total (€)
Semanal	0,039748	0,264099	0,10875	0,10115	0,07745	0,0752	Nº meses		
Energia Ativa e Termo de Redes de Energia									
Horas de Super Vazio	0,0752				2009,1513		1	151,09 €	
Horas de Vazio Normal	0,07745				9253,0293		1	716,65 €	
Horas Cheias	0,10115				18621,7549		1	1 883,59 €	
Horas de Ponta	0,10875				4728,9007		1	514,27 €	
Termo de redes Potência									
Horas de Ponta	0,264099				1008,51778		1	266,35 €	
Potência Contratada	0,039748				12337,86		1	490,41 €	
Taxas e Impostos									
Imposto Sobre Eletricidade	0,001				34612,8362		1	94,61 €	
IVA									
Contribuição Audiovisual								938,10 €	
IVA Contribuição Audiovisual								34,20 €	
TOTAL s/ Taxas e Impostos (€)									
					4 022,35 €				
TOTAL (€)									
					5 026,31 €				

LUZBOA									
Ciclo	Pot. Contratada (€/kW.dia)	Pot. Horas Ponta (€/kW.dia)	H.Ponta (€/kWh)	H.Cheias (€/kWh)	H.Vazio Normal (€/kWh)	H.Super Vazio (€/kWh)			Total (€)
	0,0397	0,2641	0,061	0,055	0,0463	0,0212	Nº meses		
Energia Ativa									
Horas de Super Vazio	0,046				2059,1333		1	94,42 €	
Horas de Vazio Normal	0,055				18621,7549		1	1 024,30 €	
Horas de Ponta	0,061				4728,9007		1	288,46 €	
Horário de Inverno (Pr. I e IV)									
Horas de Super Vazio	0,0212				1198,3341		1	25,40 €	
Horas de Vazio Normal	0,0212				5571,282		1	123,13 €	
Horas Cheias	0,0401				10296,0184		1	412,87 €	
Horas de Ponta	0,0463				4258,3684		1	197,16 €	
Horário de Verão (Pr. II e III)									
Horas de Super Vazio	0,0214				810,8172		1	17,35 €	
Horas de Vazio Normal	0,022				3681,7473		1	81,00 €	
Horas Cheias	0,0398				8325,7365		1	331,36 €	
Horas de Ponta	0,046				470,5323		1	21,64 €	
Termo de redes Potência									
Horas de Ponta	0,2641				1008,51778		1	266,35 €	
Potência Contratada	0,0397				12337,86		1	489,81 €	
Taxas e Impostos									
Imposto Sobre Eletricidade	0,001				34612,8362		1	89,61 €	
Contribuição Audiovisual								34,20 €	
IVA Contribuição Audiovisual								94,70 €	
TOTAL s/ Taxas e Impostos (€)									
					3 851,58 €				
TOTAL (€)									
					4 838,56 €				

Figura A.9: Custos da fatura anual no nó de Santo Tirso em MT da Fenosa (à esquerda) e da LUZBOA (à direita)

HEN									
Ciclo	Pot. Contratada (€/kW.dia)	qtz.Horas Ponta (€/kW.dia)	H.Ponta (€/kWh)	H.Cheias (€/kWh)	H.Vazio Normal (€/kWh)	H.Super.Vazio (€/kWh)	Nº meses	Total (€)	
	0,0397	0,2641	0,1158	0,1044	0,0764	0,0678	1	136,22 €	
Energia Ativa e Termo de Redes de Energia									
Valor Unitario (€/kWh)									
Horas de Super Vazio	0,0678	2009,1513					1	706,98 €	
Horas de Vazio Normal	0,0764	9253,0293					1	1.944,11 €	
Horas Cheias	0,1044	18621,7549					1	547,61 €	
Horas de Ponta	0,1158	4728,9007					1		
Termo de redes Potência									
Horas de Ponta	0,2641	1008,51778					1	266,35 €	
Potência Contratada	0,0397	12337,86					1	489,81 €	
Taxas e Impostos									
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	34612,8362					1	34,61 €	
IVA									
Contribuição Audiovisual								948,90 €	
IVA Contribuição Audiovisual								34,20 €	
TOTAL \$/Taxas e Impostos (€)								4.091,03 €	
TOTAL (€)								5.110,80 €	

Energia Simples									
Ciclo	Pot. Contratada (€/kW.dia)	qtz.Horas Ponta (€/kW.dia)	H.Ponta (€/kWh)	H.Cheias (€/kWh)	H.Vazio Normal (€/kWh)	H.Super.Vazio (€/kWh)	Nº meses	Total (€)	
	0,0397	0,2641	0,056945	0,056275	0,050355	0,045745	1	91,91 €	
Energia Ativa									
Valor Unitario (€/kWh)									
Horas de Super Vazio	0,045745	2009,1513					1	465,94 €	
Horas de Vazio Normal	0,050355	9253,0293					1	1.047,94 €	
Horas Cheias	0,056275	18621,7549					1	269,29 €	
Horas de Ponta	0,056945	4728,9007					1		
Horário de Inverno (Pr. I e IV)									
Horas de Super Vazio	0,0212	1188,3341					1	25,40 €	
Horas de Vazio Normal	0,0221	5571,282					1	123,13 €	
Horas Cheias	0,0401	10296,0184					1	412,87 €	
Horas de Ponta	0,0463	4258,3694					1	197,16 €	
Horário de Verão (Pr. II e III)									
Valor Unitario (€/kWh)									
Horas de Super Vazio	0,0214	810,8172					1	17,35 €	
Horas de Vazio Normal	0,022	3681,7473					1	81,00 €	
Horas Cheias	0,0398	8325,7365					1	331,36 €	
Horas de Ponta	0,046	470,5323					1	21,64 €	
Termo de redes Potência									
Horas de Ponta	0,2641	1008,51778					1	266,35 €	
Potência Contratada	0,0397	12337,86					1	489,81 €	
Taxas e Impostos									
Imposto Sobre Eletricidade	0,001	34612,8362					1	34,61 €	
IVA									
Contribuição Audiovisual								891,43 €	
IVA Contribuição Audiovisual								34,20 €	
TOTAL \$/Taxas e Impostos (€)								3.841,16 €	
TOTAL (€)								4.803,45 €	

Figura A.10: Custos da fatura anual no nó de Santo Tirso em MT da Hen (à esquerda) e da Energia Simples (à direita)

Termo Tarifário Fixo (€/mês)	Pot. Contratada (€/kW.dia)	Pot. Horas Ponta (€/kW.dia)	H. Ponta (€/kWh)	H. Cheias (€/kWh)	H. Vazio Normal (€/kWh)	H. Super Vazio (€/kWh)
47,84	0,0209	0,4998	0,2163	0,1206	0,0819	0,073
Curtas Utilizações						
Horário de Inverno (Pr. I e IV)						
Horário de Verão (Pr. II e III)						
Médias Utilizações						
Longas Utilizações						
47,84	0,0486	0,3406	0,1446	0,1121	0,0779	0,0665
Médias Utilizações						
Longas Utilizações						
47,84	0,0516	0,338	0,1384	0,1087	0,0767	0,0654
Médias Utilizações						
Longas Utilizações						
Termo Tarifário Fixo Anual (€/ano)						
574,08						
Total (€)						
574,08 €						
Energia Ativa						
Curtas Utilizações						
Termo Tarifário Fixo Anual (€/ano)						
574,08						
Total (€)						
574,08 €						
Horário de Inverno (Pr. I e IV)						
Horas de Super Vazio						
Horas de Vazio Normal						
Horas Cheias						
Horas de Ponta						
Horário de Verão (Pr. II e III)						
Horas de Super Vazio						
Horas de Vazio Normal						
Horas Cheias						
Horas de Ponta						
Termo de redes Potência						
Potência Contratada						
Taxas e Impostos						
Imposto Sobre Eletricidade						
IVA						
Contribuição Audiovisual						
IVA Contribuição Audiovisual						
TOTAL s/ Taxas e Impostos (€)						
TOTAL (€)						
6 859,05 €						

Figura A.11: Tarifa e custo da fatura anual no nó de Santo Tirso em MT (EDP Serviço Universal) em curtas utilizações

Médias Utilizações					
					Termo Tarifário Fixo Anual (€/ano)
Energia Ativa	574,08				Total (€)
Horário de Inverno (Pr. I e IV)					
Horas de Super Vazio	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)	
	0,0665	1198,3341	1	79,69 €	
Horas de Vazio Normal	0,0779	571,282	1	434,00 €	
Horas Cheias	0,1121	10296,0184	1	1.154,18 €	
Horas de Ponta	0,1446	4258,3684	1	615,76 €	
Horário de Verão (Pr. II e III)					
Horas de Super Vazio	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)	
	0,0729	810,8172	1	59,11 €	
Horas de Vazio Normal	0,0818	3681,7473	1	301,17 €	
Horas Cheias	0,1122	8325,7365	1	934,15 €	
Horas de Ponta	0,1505	470,5323	1	70,82 €	
Termo de redes Potência					
Horas de Ponta	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)	
	0,3406	1008,51778	1	343,50 €	
Potência Contratada	€/kWh	12337,86	1	599,62 €	
Taxas e Impostos					
Imposto Sobre Electricidade	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)	
	0,001	34612,8362	1	34,61 €	
IVA				1.196,16 €	
Contribuição Audiovisual				34,20 €	
IVA Contribuição Audiovisual				2,05 €	
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)		5.166,08 €			
TOTAL (€)		6.433,10 €			

Longas Utilizações					
					Termo Tarifário Fixo Anual (€/ano)
Energia Ativa	574,08				Total (€)
Horário de Inverno (Pr. I e IV)					
Horas de Super Vazio	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)	
	0,0654	1198,3341	1	78,37 €	
Horas de Vazio Normal	0,0767	571,282	1	427,32 €	
Horas Cheias	0,1087	10296,0184	1	1.119,18 €	
Horas de Ponta	0,1384	4258,3684	1	589,36 €	
Horário de Verão (Pr. II e III)					
Horas de Super Vazio	Valor Unitário (€/kWh)	kWh	Nº meses	Total (€)	
	0,07	810,8172	1	59,11 €	
Horas de Vazio Normal	0,08	3681,7473	1	291,96 €	
Horas Cheias	0,11	8325,7365	1	923,32 €	
Horas de Ponta	0,14	470,5323	1	66,53 €	
Termo de redes Potência					
Horas de Ponta	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)	
	0,338	1008,51778	1	340,88 €	
Potência Contratada	€/kWh	12337,86	1	636,63 €	
Taxas e Impostos					
Imposto Sobre Electricidade	€/kWh	kWh	Nº meses	Total (€)	
	0,001	34612,8362	1	34,61 €	
IVA				1.182,51 €	
Contribuição Audiovisual				34,20 €	
IVA Contribuição Audiovisual				2,05 €	
TOTAL s/Taxas e Impostos (€)		5.106,74 €			
TOTAL (€)		6.360,12 €			


Figura A.12: Custos da fatura anual no nó de Santo Tirso em MT (EDP Serviço Universal) em médias e longas utilizações

Anexo B

Luminárias


B.1 Nó de Nozels

Ficha Técnica



ROADLED 90

Iluminação Rodoviária



Descrição geral

O equipamento RoadLED foi desenhado para a iluminação pública rodoviária, recorrendo à mais avançada tecnologia LED disponível actualmente no mercado. Com um desenho cuidado e atractivo, enquadra-se perfeitamente em qualquer ambiente.

Este equipamento conjuga elevados níveis de eficiência energética com qualidade luminica superior, resultando numa solução de iluminação sem precedentes.

Características principais

- Corpo integralmente em alumínio
- Desenho compacto e robusto
- Sistema de regulação incorporado
- Baixo consumo energético
- Luxeon® Rebel® de última geração (EL > 135 lm/W @ 350 mA)
- Fluxo luminoso elevado
- Elevado índice de restituição cromática (Ra > 70)
- Vida útil elevada (TU > 60.000H)
- Solução normalizada EN13201-2:2003 (classe ME)
- Temperaturas de cor disponíveis (CCT):
 - Branco frio: 5300K (típ.)






Características Opcionais




- Controlo autónomo
- Controlo local / remoto
- Sensores:
- Luminosidade ambiente
- Estabilidade

Aplicações

- Iluminação pública rodoviária

Iluminação Pública

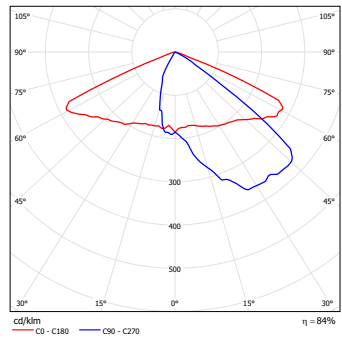




Especificações Gerais (*)

	Branco Frio
Tensão de entrada:	230 V AC
Frequência:	50 Hz
Potência LED:	74 W
Potência de entrada:	82 W
Número de LEDs:	45
Número de células:	3
Configuração:	3 x 15
Tempo de vida útil expectável:	> 60.000 H
Temperatura de funcionamento:	-30 °C a +40 °C
Humidade relativa:	10 % a 90 %

(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C

Distribuição luminosa (polar)



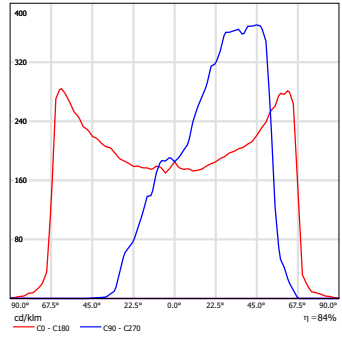
Especificações Fotométricas (*)

	Branco Frio
Temperatura de cor:	5300 K
Fluxo luminoso LED:	8929 lm
Fluxo luminoso global:	7500 lm
IRC:	70
Eficácia luminosa global:	91 lm/W
LOR:	84 %
ULOR:	0 %
DLOR:	84 %

(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C

IRC - Índice de Restituição Cromática
 LOR - Light Output Ratio
 DLOR - Downward Light Output Ratio
 ULOR - Upward Light Output Ratio

Distribuição luminosa (linear)



ROADLED90_DS_PT_v2011-03-2011/DIS_PT_v20

www.exporlux.pt

1/2

Figura B.1: Ficha técnica da luminária *Exporlux RoadLED 90* (1)

Ficha Técnica

exporlux
Iluminação, SA

Iluminação Pública

Especificações Eléctricas (*)

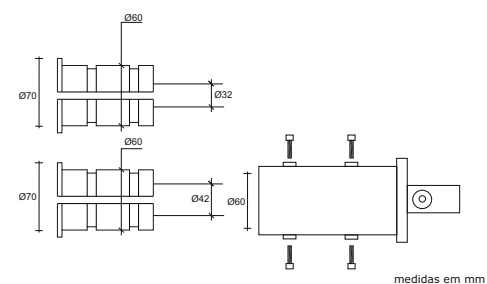
Tensão de entrada:	230 V AC ± 15 %
Frequência:	50 Hz ± 5 %
Corrente de entrada:	252 mA AC
Potência de entrada	
Sem controlador:	82 W
Com controlador	83.5 W
Com controlador autónomo:	83 W
Tensão de saída:	136 V DC
Corrente de saída:	570 mA DC
Potência de saída:	74 W
Eficiência:	90 %
Factor de potência:	0.98
Distorção harmónica:	< 20 %
Protecção de entrada:	Fusível (1.6 A)
Classe de protecção:	Classe I (**)

(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C
(**) - De acordo com a norma EN60598

Especificações Mecânicas

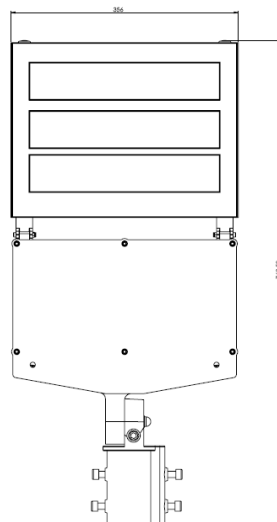
Material do corpo:	Alumínio
Material do difusor:	PC, FR(V0), UV
Sistema de regulação:	±90° (em relação ao plano) (*)
Sistema de fixação:	32 e 40 mm (casquilho)/60 mm
Índices de protecção:	IP66(**)/IK08(***)
Resistência aerodinâmica:	0.06520 m ²
Altura:	94 mm
Largura:	356 mm
Comprimento:	762 mm
Massa:	13.5 kg
Binário parafusos tampa:	1.6 Nm
Binário parafusos fixação:	10.5 Nm

(*) - Montagem típica com inclinação de 0° em relação ao plano
(**) - De acordo com a norma EN60598
(***) - De acordo com a norma EN62262
PC - Policarbonato
FR - Resistente ao fogo



Especificações de Controlo

Controlo local / remoto:	
Interface PLC	
Modulação PLC:	DCSK
Banda de comunicação:	95 - 125 KHz (CENELEC B)
Bitrate PLC:	< 2.5 Kbps
Protocolo de comunicação:	B-PLCNET
Interface controlo (PWM)	
Frequência de saída:	246 Hz
Resolução de saída:	8 bits
Controlo autónomo:	
Regulação auto. de fluxo:	Tabela horária
Frequência de saída:	150 Hz
Resolução de saída:	7 bits



Publicado por:

Exporlux - Iluminação, SA
Apartado 379 - Covão
3754-909 Águeda
Portugal
Tlf: (+351)234639230
Fax: (+351)234639231
exporlux@exporlux.pt

© Todos os direitos reservados

www.exporlux.pt

Informações adicionais:

As especificações apresentadas neste documento são nominais. Outras especificações poderão ser equacionadas e adequadas aos requisitos particulares de cada um dos possíveis projectos.

Para estas e outras questões adicionais, por favor contacte-nos.

Advertências:

Nos termos gerais do fornecimento dos nossos serviços e/ou equipamentos, a Exporlux - Iluminação, SA declina qualquer responsabilidade quanto ao uso ou fim atribuído aos mesmos, os quais são da única e exclusiva responsabilidade do cliente.

Como resultado da constante evolução tecnológica e no sentido de disponibilizar para o mercado sempre as soluções mais avançadas, a Exporlux - Iluminação, SA reserva-se no direito de alterar os dados constantes deste documento sem aviso prévio.

Figura B.2: Ficha técnica da luminária Exporlux RoadLED 90 (2)

Ficha Técnica

exporlux
Iluminação, S.L.

ROADLED 180

Iluminação Rodoviária



Descrição geral

O equipamento RoadLED foi desenhado para a iluminação pública rodoviária, recorrendo à mais avançada tecnologia LED disponível actualmente no mercado. Com um desenho cuidado e atractivo, enquadra-se perfeitamente em qualquer ambiente.

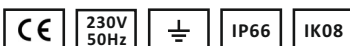
Este equipamento conjuga elevados níveis de eficiência energética com qualidade luminica superior, resultando numa solução de iluminação sem precedentes.

Características principais

- Corpo integralmente em alumínio
- Desenho compacto e robusto
- Sistema de regulação incorporado
- Baixo consumo energético
- Luxeon® Rebel® de última geração (EL > 135 lm/W @ 350 mA)
- Fluxo luminoso elevado
- Elevado índice de restituição cromática (Ra > 70)
- Vida útil elevada (TU > 60.000H)
- Solução normalizada EN13201-2:2003 (classe ME)
- Temperaturas de cor disponíveis (CCT):
 - Branco frio: 5300K (típ.)

Características Opcionais

- Controlo autónomo
- Controlo local / remoto
- Sensores:
 - Luminosidade ambiente
 - Estabilidade



Aplicações

- Iluminação pública rodoviária



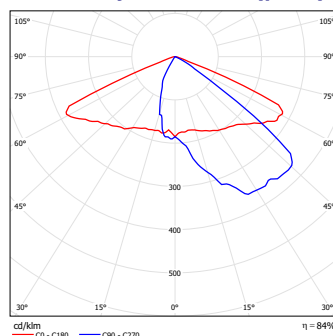
Iluminação Pública

Especificações Gerais (*)

	Branco Frio
Tensão de entrada:	230 V AC
Frequência:	50 Hz
Potência LED:	146 W
Potência de entrada:	162 W
Número de LEDs:	90
Número de células:	6
Configuração:	6 x 15
Tempo de vida útil expectável:	> 60.000 H
Temperatura de funcionamento:	-30 °C a +40 °C
Humidade relativa:	10 % a 90 %

(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C

Distribuição luminosa (polar)



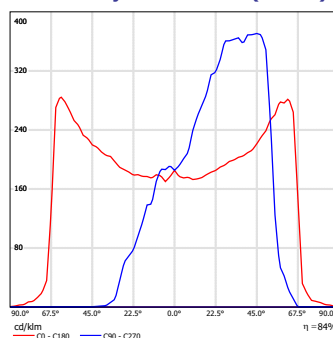
Especificações Fotométricas (*)

	Branco Frio
Temperatura de cor:	5300 K
Fluxo luminoso LED:	17540 lm
Fluxo luminoso global:	14734 lm
IRC	70
Eficácia luminosa global:	91 lm/W
LOR:	84 %
ULOR:	0 %
DLOR:	84 %

(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C

IRC - Índice de Restituição Cromática
LOR - Light Output Ratio
DLOR - Downward Light Output Ratio
ULOR - Upward Light Output Ratio

Distribuição luminosa (linear)



ROADLED180_DS_PT_v20/11-03-2011/DS_PT_v20

www.exporlux.pt

1/2

Figura B.3: Ficha técnica da luminária Exporlux RoadLED 180 de 162 W (1)

Ficha Técnica

exporlux
Iluminação, SA

Iluminação Pública

Especificações Eléctricas (*)

Tensão de entrada:	230 V AC \pm 15 %
Frequência:	50 Hz \pm 5 %
Corrente de entrada:	730 mA AC
Potência de entrada	
Sem controlador:	162 W
Com controlador	163.5 W
Com controlador autónomo:	
Tensão de saída:	270 V DC
Corrente de saída:	570 mA DC
Potência de saída:	152 W
Eficiência:	90 %
Factor de potência:	0.98
Distorção harmónica:	< 20 %
Protecção de entrada:	Fusível (3.15 A)
Classe de protecção:	Classe I (**)

(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C
(**) - De acordo com a norma EN60598

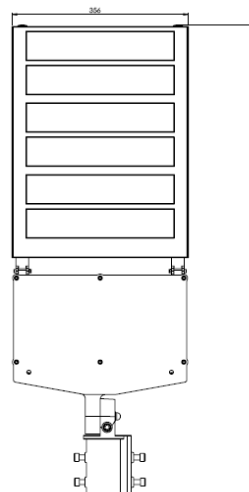
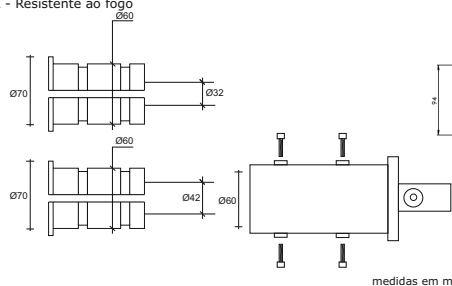
Especificações de Controlo

Controlo local / remoto:	
Interface PLC	
Modulação PLC:	DCSK
Banda de comunicação:	95 - 125 KHz (CENELEC B)
Bitrate PLC:	< 2.5 Kbps
Protocolo de comunicação:	B-PLCNET
Interface controlo (PWM)	
Frequência de saída:	246 Hz
Resolução de saída:	8 bits
Controlo autónomo:	
Regulação auto. de fluxo:	Tabela horária
Frequência de saída:	150 Hz
Resolução de saída:	7 bits

Especificações Mecânicas

Material do corpo:	Alumínio
Material do difusor:	PC, FR(V0), UV
Sistema de regulação:	$\pm 90^\circ$ (em relação ao plano) (*)
Sistema de fixação:	32 e 40 mm (casquilho)/60 mm
Índices de protecção:	IP66(**)/IK08(***)
Resistência aerodinâmica:	0.07800 m ²
Altura:	94 mm
Largura:	356 mm
Comprimento:	955 mm
Massa:	19.8 kg
Binário parafusos tampa:	1.6 Nm
Binário parafusos fixação:	10.5 Nm

(*) - Montagem típica com inclinação de 0° em relação ao plano
(**) - De acordo com a norma EN60598
(***) - De acordo com a norma EN62262
PC - Policarbonato
FR - Resistente ao fogo



Publicado por:

Exporlux - Iluminação, SA
Apartado 379 - Covão
3754-909 Águeda
Portugal
Tlf: (+351)234639230
Fax: (+351)234639231
exporlux@exporlux.pt

© Todos os direitos reservados

Informações adicionais:

As especificações apresentadas neste documento são nominais. Outras especificações poderão ser equacionadas e adequadas aos requisitos particulares de cada um dos possíveis projectos.

Para estas e outras questões adicionais, por favor contacte-nos.

Advertências:

Nos termos gerais do fornecimento dos nossos serviços e/ou equipamentos, a Exporlux - Iluminação, SA declina qualquer responsabilidade quanto ao uso ou fim atribuído aos mesmos, os quais são da única e exclusiva responsabilidade do cliente.

Como resultado da constante evolução tecnológica e no sentido de disponibilizar para o mercado sempre as soluções mais avançadas, a Exporlux - Iluminação, SA reserva-se no direito de alterar os dados constantes deste documento sem aviso prévio.

www.exporlux.pt

2/2

Figura B.4: Ficha técnica da luminária Exporlux RoadLED 180 de 162 W (2)

Ficha Técnica

exporlux
Iluminação, S.L.

ROADLED 180

Iluminação Rodoviária



Descrição geral

O equipamento RoadLED foi desenhado para a iluminação pública rodoviária, recorrendo à mais avançada tecnologia LED disponível actualmente no mercado. Com um desenho cuidado e atractivo, enquadra-se perfeitamente em qualquer ambiente.

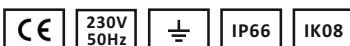
Este equipamento conjuga elevados níveis de eficiência energética com qualidade luminica superior, resultando numa solução de iluminação sem precedentes.

Características principais

- Corpo integralmente em alumínio
- Desenho compacto e robusto
- Sistema de regulação incorporado
- Baixo consumo energético
- Luxeon® Rebel® de última geração (EL > 135 lm/W @ 350 mA)
- Fluxo luminoso elevado
- Elevado índice de restituição cromática (Ra > 70)
- Vida útil elevada (TU > 60.000H)
- Solução normalizada EN13201-2:2003 (classe ME)
- Temperaturas de cor disponíveis (CCT):
 - Branco frio: 5300K (típ.)

Características Opcionais

- Controlo autónomo
- Controlo local / remoto
- Sensores:
 - Luminosidade ambiente
 - Estabilidade



Aplicações

- Iluminação pública rodoviária



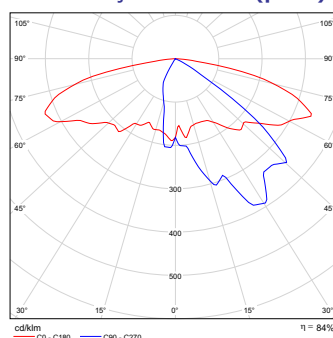
Iluminação Pública

Especificações Gerais (*)

	Branco Frio
Tensão de entrada:	230 V AC
Frequência:	50 Hz
Potência LED:	177 W
Potência de entrada:	197 W
Número de LEDs:	90
Número de células:	6
Configuração:	6 x 15
Tempo de vida útil expectável:	> 60.000 H
Temperatura de funcionamento:	-30 °C a +40 °C
Humidade relativa:	10 % a 90 %

(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C

Distribuição luminosa (polar)



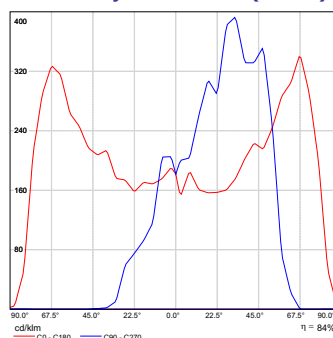
Especificações Fotométricas (*)

	Branco Frio
Temperatura de cor:	5300 K
Fluxo luminoso LED:	20200 lm
Fluxo luminoso global:	16968 lm
IRC	70
Eficácia luminosa global:	86 lm/W
LOR:	84 %
ULOR:	0 %
DLOR:	84 %

(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C

IRC - Índice de Restituição Cromática
LOR - Light Output Ratio
DLOR - Downward Light Output Ratio
ULOR - Upward Light Output Ratio

Distribuição luminosa (linear)



ROADLED180_DS_PT_v20/25-03-2011/DS_PT_v20

www.exporlux.pt

1/2

Figura B.5: Ficha técnica da luminária Exporlux RoadLED 180 de 197 W (1)

Ficha Técnica

exporlux
Iluminação, SA

Iluminação Pública

Especificações Eléctricas (*)

Tensão de entrada:	230 V AC ± 15 %
Frequência:	50 Hz ± 5 %
Corrente de entrada:	856 mA AC
Potência de entrada	
Sem controlador:	197 W
Com controlador	198.5 W
Com controlador autónomo:	198 W
Tensão de saída:	270 V DC
Corrente de saída:	700 mA DC
Potência de saída:	177 W
Eficiência:	90 %
Factor de potência:	0.98
Distorção harmónica:	< 20 %
Protecção de entrada:	Fusível (3.15 A)
Classe de protecção:	Classe I (**)

(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C
(**) - De acordo com a norma EN60598

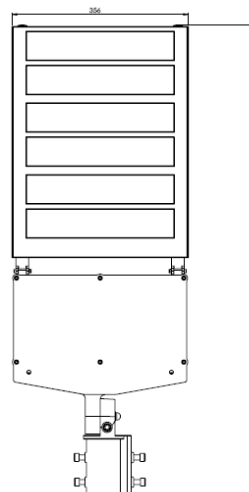
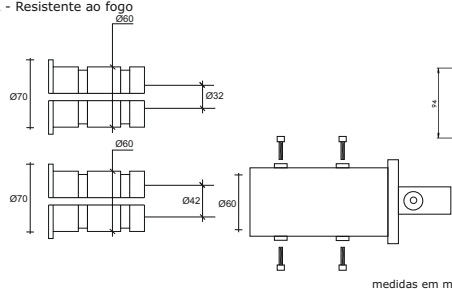
Especificações de Controlo

Controlo local / remoto:	
Interface PLC	
Modulação PLC:	DCSK
Banda de comunicação:	95 - 125 KHz (CENELEC B)
Bitrate PLC:	< 2.5 Kbps
Protocolo de comunicação:	B-PLCNET
Interface controlo (PWM)	
Frequência de saída:	246 Hz
Resolução de saída:	8 bits
Controlo autónomo:	
Regulação auto. de fluxo:	Tabela horária
Frequência de saída:	150 Hz
Resolução de saída:	7 bits

Especificações Mecânicas

Material do corpo:	Alumínio
Material do difusor:	PC, FR(V0), UV
Sistema de regulação:	±90° (em relação ao plano) (*)
Sistema de fixação:	32 e 40 mm (casquilho)/60 mm
Índices de protecção:	IP66(**)/IK08(***)
Resistência aerodinâmica:	0.07800 m ²
Altura:	94 mm
Largura:	356 mm
Comprimento:	955 mm
Massa:	19.8 kg
Binário parafusos tampa:	1.6 Nm
Binário parafusos fixação:	10.5 Nm

(*) - Montagem típica com inclinação de 0° em relação ao plano
(**) - De acordo com a norma EN60598
(***) - De acordo com a norma EN62262
PC - Policarbonato
FR - Resistente ao fogo



Publicado por:

Exporlux - Iluminação, SA
Apartado 379 - Covão
3754-909 Águeda
Portugal
Tlf: (+351)234639230
Fax: (+351)234639231
exporlux@exporlux.pt

© Todos os direitos reservados

Informações adicionais:

As especificações apresentadas neste documento são nominais. Outras especificações poderão ser equacionadas e adequadas aos requisitos particulares de cada um dos possíveis projectos.

Para estas e outras questões adicionais, por favor contacte-nos.

Advertências:

Nos termos gerais do fornecimento dos nossos serviços e/ou equipamentos, a Exporlux - Iluminação, SA declina qualquer responsabilidade quanto ao uso ou fim atribuído aos mesmos, os quais são da única e exclusiva responsabilidade do cliente.

Como resultado da constante evolução tecnológica e no sentido de disponibilizar para o mercado sempre as soluções mais avançadas, a Exporlux - Iluminação, SA reserva-se no direito de alterar os dados constantes deste documento sem aviso prévio.


www.exporlux.pt

2/2

Figura B.6: Ficha técnica da luminária Exporlux RoadLED 180 de 197 W (2)

B.2 Nó de Custóias

B.2.1 Ficha Técnica da Luminária VSAP



SAPPHIRE

SAPPHIRE

CHARACTERISTICS – LUMINAIRE

Optical compartment tightness level: IP 66 Sealsafe®(*)

Control gear tightness level:

- Sapphire 1: IP 44^(*) (option: IP 66)
- Sapphire 2: IP 44^(*) (option: IP 66)
- Sapphire 3: IP 44^(*) (option: IP 66)

Aerodynamic resistance (CxS):

- Sapphire 1: 0,057 m²
- Sapphire 2: 0,070 m²
- Sapphire 3: 0,090 m²

Impact resistance (glass/PC/PMMA): IK 08 / IK 08 / IK 06^(**)

Nominal voltage: 230 V – 50 Hz

Electrical insulation class: I or II^(*)

Weight (empty):

- Sapphire 1: 5,9 kg (Alu)
- Sapphire 2: 9,3 kg (Alu)
- Sapphire 3: 11 kg

(*) according to standard IEC - EN 60598
(**) according to standard IEC - EN 62262

DESCRIPTION

Public lighting luminaire (IP 66 Sealsafe®) for lamps of up to 100 W (Sapphire 1), 250 W (Sapphire 2) or 600 W (Sapphire 3) made of:

- body and cover in painted die cast aluminium alloy (polypropylene cover also available for Sapphire 1 and 2)
- three-point closure system in die cast aluminium
- a removable control gear plate
- a tempered glass protector.

A universal mounting piece allows vertical or side entry installation.

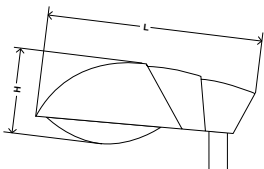
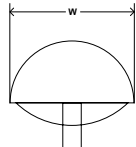
Coating: polyester powder
Standard colour: RAL 7035
Colour: any RAL or AKZO colour on request

ADVANTAGES

- IP 66 Sealsafe® maintained over time
- High performance innovative photometry
- Easilok® closure system (option: Sapphire 1 and 2)
- Easy maintenance
- Robust and recyclable materials: aluminium and glass

DIMENSIONS

	Sapphire 1	Sapphire 2	Sapphire 3
L	520 mm	720 mm	819 mm
H	190 mm	207 mm	295 mm
W	285 mm	335 mm	365 mm




Figura B.7: Ficha técnica da luminária *Schröder SAPPHIRE* (1)

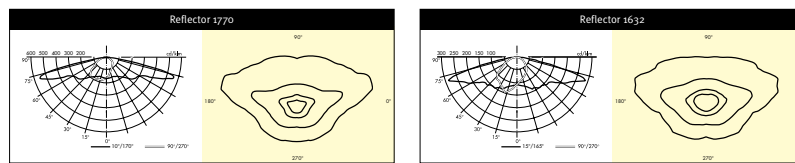
PHOTOMETRY



SAPPHIRE 1 LAMPS - REFLECTORS

Reflector	Protector		High-pressure sodium			Metal halide with ceramic arc tube			Cosmopolis		
	glass	PC/PMMA	50 W	70 W	100 W	50 W	70 W	100 W	45 W	60 W	90 W
1770 / 1632			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1720			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1976			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

LIGHT DISTRIBUTION



SAPPHIRE 2 LAMPS - REFLECTORS

Reflector	Protector		High-pressure sodium				Metal halide with ceramic arc tube				Cosmopolis		
	glass	PC/PMMA	70 W	100 W	150 W	250 W	70 W	100 W	150 W	250 W	60 W	90 W	140 W
1963			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1523			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

LIGHT DISTRIBUTION

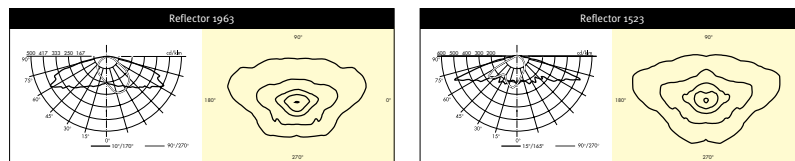









Figura B.8: Ficha técnica da luminária *Schröder SAPPHIRE* (2)



SAPPHIRE 3 LAMPS - REFLECTORS

Reflector	Protector	High-pressure sodium		Metal halide	
		400 W	600 W	400 W	
1289 /  1749 / 		✓	✓	✓	
		✓		✓	
1869 / 		✓	✓	✓	
		✓		✓	

 E40

LIGHT DISTRIBUTION

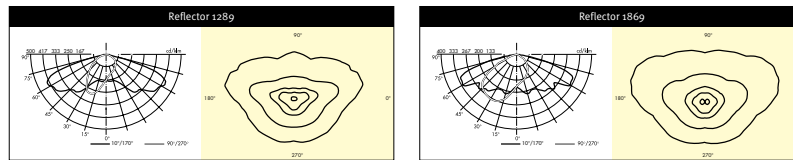




Figura B.9: Ficha técnica da luminária *Schröder SAPPHIRE* (3)

B.2.2 Ficha Técnica da Luminária LED na Plena Via



Get your city ready for the future with DigiStreet

DigiStreet

Developed with the aim to become your long term partner ,the system ready architecture of DigiStreet enables you to enjoy the benefits of connected lighting systems today and also gets the city ready for the innovations to come!. Its two sockets enable you to connect directly to the Philips CityTouch system and is also prepared to connect you to the future innovations of IoT.Next to this, each individual luminaire is uniquely identifiable, thanks to the Philips Service tag application. With a simple scan of a QR code, placed on the inside of the mast door, you gain instant access to the luminaire configuration, making maintenance and programming operations faster and easier, no matter what stage of the luminaire's lifetime.

Benefits

- Prepared for the future, it is easy to upgrade directly after installation or later with future CMS nodes and sensors to enable new functionalities
- Large availability of lense optics to match international road and street geometries
- On-the-spot luminaire identification to make maintenance easier and quicker with the Philips Service tag

Features

- Easy luminaire identification due to the Philips Service tag
- High efficacy up to 130 lm/W
- Choice of 30+ different beams and different internal louvers
- Surge protection, 10 kV
- L-tune tool available
- Lifetime 100,000 hours @ L90B10 or higher
- Internal louver (optional)

Product family leaflet, 2018, January 12 data subject to change

Figura B.10: Ficha técnica da luminária *Philips DigiStreet* (1)

DigiStreet

Application

- Traffic routes and main access road
- Urban and residential area
- City centers and main streets
- Cycle paths, footpaths and pedestrian crossings

Specifications

Type	BGP760 (Micro version) BGP761 (Mini version) BGP762 (medium version) BGP763 (large version)	Dimming	DynaDimmer, LineSwitch and AmpDim
Light source	Integral LED-module	Optic	DM10 / DM11 / DM50 / DM70 / DN10 / DN11 / DW10 / DW50 / DX10 / DX70 / DSS0 DPR1 / DPL1 / DM12 / DM30 / DM31 / DX50 / DX51 DM32 / DM33 / DSM1 / DSN1 / DW12
Power	Micro version: 8 up to 41 W Mini version: 31 up to 76 W Medium version: 65 up to 152 W Large version: 160 up to 228 W	Optical element	Louvers (BL1, BL2)
Luminous flux system	Micro version: from 800 to 4700 lm (system) Mini version: from 3000 to 9400 lm (system) Medium: from 8300 to 18800 lm (system) Large: from 20600 to 28400 lm (system)	Optical cover	Glass, flat
Luminaire efficacy	Micro version: up to 126 lm/W Mini version: up to 130 lm/W Medium: up to 130 lm/W Large: up to 130 lm/W	Material	High-pressure, die-cast LM6 aluminum
Correlated Color Temperature	Warm white (WW): 3000 K Neutral white (NW): 4000 K Cool white (CW): 5700 K	Colour	RAL 7035 or RAL 10714 Other RAL or AKZO colors available on request
Color Rendering Index	NW and CW: 70 WW: 80	Connection	Push-in connector
Useful life	100,000 hours at L90B10 minimum	Maintenance	Clip to open The Philips Service tag will help to identify the product and share all product information on the spot
Operating temperature range	-20 < Ta < 35 °C	Installation	Post top: 48-62 or 76 mm Side entry: 32-48 mm, 48-62 mm Recommended mounting height: . Micro version: 4 to 6 m, . Mini version: 5 to 8 m, . Medium version: 6 to 12 m, . Large version: 10 to 18 m Standard tilt angle post top: 0° Adjustable tilt angle: -20°, -15°, -10°, -5°, 0°, +5°, +10°, +15°, +20° Adjustable light distribution: no Max SCx . Micro version: 0.0450 m², . Mini version: 0.0589 m², . Medium version: 0.0562 m², . Large version: 0.0562 m²
Driver	Built-in (self-ballasted LED-module)		
Mains voltage	220-240 V / 50-60 Hz		
Inrush current	40 W: 22 A / 290 µs (max 20 drivers on CB 16A B type) 75 W: 46 A / 250 µs (max 11 drivers on CB 16A B type) 150 W: 53 A / 300 µs (max 8 drivers on CB 16A B type) 2x 150 W: 106 A / 300 µs (max 4 drivers on CB 16A B type)		

Figura B.11: Ficha técnica da luminária *Philips DigiStreet* (2)

B.2.3 Ficha Técnica da Luminária LED no tipo do Ramo A



PHILIPS
Lighting



UniStreet – simple, cost-effective road-lighting range

UniStreet

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

Benefits

- Substantial energy savings for a limited investment
- Point-to-point replacement of SOX, PL-L, SON or HPL conventional luminaires
- Low maintenance

Features

- Wide choice of lumen packages, ranging from 1,000 up to 15,000 lumens
- Compact and slim luminaire made from quality recyclable materials
- Bulk packaging – reduced cost and waste materials

Application

- Residential areas
- Minor roads
- Major roads

Specifications

Product family leaflet, 2018, January 12 data subject to change

Figura B.12: Ficha técnica da luminária *Philips UniStreet* (1)

UniStreet

Type	BGS/BGP202 (mini version) BGS/BGP203 (small version) BGS/BGP243 (medium version) BGS/BGP204 (large version)
Light source	Integral LED-module
Power	8 to 122 W (depending on the version)
Luminous flux	Nominal: Core: 1000 to 7800 lm (mini version) 1000 to 9000 lm (small version), up to 17,000 lm (medium and large versions) System: 900 to 7600 lm (small version), up to 15,000 lm (medium and large versions)
Luminaire efficacy	91-142 lm/W (depending on the version)
Correlated Color	4000 K (3000 K upon request - Performer only)
Temperature	
Color Rendering Index	> 70 (4000 K) > 80 (3000 K) Performer only
Useful life	100,000 hours min L84B10 (Core), min L86B10 (Performer Small), min L88B10 (Performer Large) at 25°C ambient temperature
Operating temperature range	-30 to +35°C (wider range upon request)
Driver	Built-in (self-ballasted LED-module)
Mains voltage	220-240 V / 50-60 Hz

Dimming	LightWave LumiStep DynaDimmer
Options	Constant light output (CLO) External cable 4, 6, 8, 10, 12, 15, 22 m Surge protection device (up to 10 kV) Backlight louver (BL1 and BL2) for mini and medium versions
Optic	Core version: Distribution Medium (DM) or Distribution Wide (DW) Performer version: Distribution Narrow (DN10), Distribution Medium (DM10, DM11, DM12, DM50), Distribution Wide (DW10)
Material	Upper frame: die-cast aluminum, high-pressure Electric cover: plastic or die-cast aluminum Cover: glass, thermally hardened, 4 mm
Color	Upper frame: light grey (RAL7035), other colors upon request Electric cover: plastic: signal grey (RAL7004) or Alloy light grey (RAL7035)
Connection	Screw connection block or as option an external IP connector
Maintenance	Opening with screw
Installation	Side entry mounting: Ø 32-48 or 48-60 mm Post-top mounting: Ø 32-48, 48-60 or 76 mm Recommended mounting height: 4-12 m Standard tilt angle post top: +10 to -90° Max SCr: BGS203: 0.036 m² BGS204: 0.041 m²

Versions



UniStreet Large - LED module 12,500 lm - 740 neutral white - Safety class I - Distribution medium - DynaDimmer with fixed presets version 2 - - - Universal for diameter 48 to 60 mm adjustable - 25 °C





UniStreet Mini - LED Module 2000 lm - 740 neutral white - Safety class I - Distribution medium - Side-entry for diameter 48 to 60 mm



Figura B.13: Ficha técnica da luminária *Philips UniStreet* (2)

B.2.4 Ficha Técnica da Luminária LED no tipo do Ramo B





ClearWay – economical LED performance

ClearWay

LED technology represents a breakthrough in lighting in many different respects. The light quality provided by LEDs, for example, has made our roads safer, while the tremendous efficacy of LEDs is helping cities reduce their energy bills. At Philips, we believe we can make even more roads safer, and help more municipalities achieve their goal of reducing energy consumption. That's why we have developed ClearWay – a LED road luminaire that is affordable yet does not compromise on light quality and energy efficiency.

Benefits

- Low initial investment
- Based on LEDGINE O
- Significant energy savings

Features

- Dedicated design for LED technology
- Long lifetime
- Low energy consumption compared to conventional luminaires

Application

- Major roads
- Residential roads and streets

Specifications

Type	BGP303	Luminaire efficacy	116 to 133 lm/W (depending on the version)
Light source	Integral LED-module	Correlated Color	4000 K
Power (+/-10%)	13 to 87 W (depending on version)	Temperature	(3000 K upon request)
Luminous flux	Nominal: 1800 to 12,000 lm (depending on the version) System: 1600 to 10,100 lm (depending on the version)	Color Rendering Index	>70 >80 for 3000 K

Product family leaflet, 2018, January 11 data subject to change

Figura B.14: Ficha técnica da luminária *Philips ClearWay* (1)

ClearWay

Useful life	100,000 hours min L67B10 at 250C ambient temperature (depending on version)
Operating temperature range	-30 to +35 °C
Driver	Built-in (self-ballasted LED-module)
Power/Data supply	PSU, PSR, PSD
Mains voltage	220-240 V / 50-60 Hz
Optic	Distribution Narrow (DN10); Distribution Medium (DM11), Distribution Medium (DM50); Distribution Wide (DW10) Other optics upon request
Optical cover	Glass, flat

Material	Housing: high-pressure, die-cast aluminum
Color	Grey (RAL 7035)
Maintenance	Opening with screw
Installation	Side entry : Ø 42/60 or 76 Post top : Ø 42/60 or 76 Recommended mounting height: 4 to 12 m Standard tilt angle post top: 5° Adjustable tilt angle: Post top 42-60 and 76: 0, 5°, 10°, 15° Side entry 42-60: -15°, -10°, -5°, 0, 5°, 10°, 15° Adjustable light distribution: N/A Max SCx: 0,029 m²

Versions



ClearWay BGP303 road-lighting luminaire




ClearWay BGP303 road-lighting luminaire

Figura B.15: Ficha técnica da luminária *Philips ClearWay* (2)

B.3 Nó de Santo Tirso

B.3.1 Ficha Técnica da Luminária VSAP



CARACTERÍSTICAS – LUMINÁRIAS

Estanquicidade do bloco óptico:	IP 66 Sealsafe® (*)
Estanquicidade dos acessórios eléctricos:	IP 44 (Mini IP 54) (**)
Resistência ao choque: - vidro	IK 08 (**)
- policarbonato	IK 10 (**)
- metacrilato	IK 06 (**)
Resistência aerodinâmica (CxS): - Mini:	0,062 m ²
- Midi:	0,080 m ²
- Maxi:	0,095 m ²
Tensão nominal:	230 V – 50 Hz
Classe eléctrica:	I ou II ⁰ (opcional)
Peso (vazia): - Mini:	7,5 kg
- Midi:	10 kg
- Maxi:	15 kg

(*) segundo - EN 60598
(**) segundo - EN 62262

TRÊS TAMANHOS, MÚLTIPLAS SOLUÇÕES FOTOMÉTRICAS

Toda em alumínio e vidro, a luminária Citea divide-se em três tamanhos (Mini, Midi et Maxi). Esta considerável variedade permite múltiplas combinações de luminárias na coluna Nun'Álvares. Também é a garantia de uma diversidade relativamente às lâmpadas e às distribuições fotométricas utilizáveis. Qualquer tipo de lâmpada habitualmente utilizado em aplicações urbanas é incorporável, e isto para potências de 70 a 400 W. Segundo o tamanho, a luminária Citea é proposta com uma selecção de quatro reflectores. O design intemporal da Citea inscreve-se perfeitamente em qualquer ambiente urbano, clássico ou contemporâneo. Em opção está disponível um sistema de grelhas deflectoras internas que permitem melhor controlo do encandeamto.

Cor: AKZO 900 cinzento areado
Outras cores mediante pedido

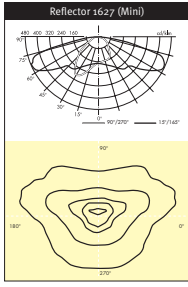
LÂMPADAS – REFLECTORES

Modelos	Mini	Midi	Maxi
Reflectores	1627	1954	1552 ^(*) 1289 1552 1954
Sódio de alta pressão	150 W	250 W 250 W	400 W 250 W 250 W
lodetos metálicos	150 W	250 W 250 W	400 W 250 W 250 W
lodetos metálicos tubo de descarga cerâmico	150 W	250 W 250 W	- 250 W 250 W
Cosmopolis	140 W	140 W	- - 140 W 140 W

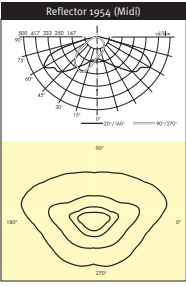
Potências máximas
(*) Acessórios eléctricos não incorporados em 250 W

DISTRIBUIÇÕES FOTOMÉTRICAS

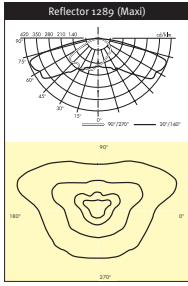
Reflector 1627 (Mini)



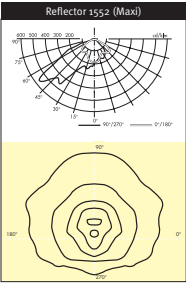
Reflector 1954 (Midi)

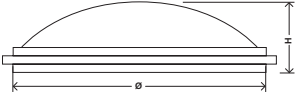


Reflector 1289 (Maxi)



Reflector 1552 (Maxi)





Citea	Mini	Midi	Maxi
Ø	490 mm	590 mm	675 mm
H	167 mm	190 mm	230 mm

Figura B.16: Ficha técnica da luminária *Schröder CITEA MIDI*

B.3.2 Ficha Técnica da Luminária LED na Plena Via





UniStreet – simple, cost-effective road-lighting range

UniStreet

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

Benefits

- Substantial energy savings for a limited investment
- Point-to-point replacement of SOX, PL-L, SON or HPL conventional luminaires
- Low maintenance

Features

- Wide choice of lumen packages, ranging from 1,000 up to 15,000 lumens
- Compact and slim luminaire made from quality recyclable materials
- Bulk packaging – reduced cost and waste materials

Application

- Residential areas
- Minor roads
- Major roads

Specifications

Product family leaflet, 2018, January 12 data subject to change

Figura B.17: Ficha técnica da luminária *Philips UniStreet* (1)

UniStreet

Type	BGS/BGP202 (mini version) BGS/BGP203 (small version) BGS/BGP243 (medium version) BGS/BGP204 (large version)
Light source	Integral LED-module
Power	8 to 122 W (depending on the version)
Luminous flux	Nominal: Core: 1000 to 7800 lm (mini version) 1000 to 9000 lm (small version), up to 17,000 lm (medium and large versions) System: 900 to 7600 lm (small version), up to 15,000 lm (medium and large versions)
Luminaire efficacy	91-142 lm/W (depending on the version)
Correlated Color	4000 K (3000 K upon request - Performer only)
Temperature	
Color Rendering Index	> 70 (4000 K) > 80 (3000 K) Performer only
Useful life	100,000 hours min L84B10 (Core), min L86B10 (Performer Small), min L88B10 (Performer Large) at 25°C ambient temperature
Operating temperature range	-30 to +35°C (wider range upon request)
Driver	Built-in (self-ballasted LED-module)
Mains voltage	220-240 V / 50-60 Hz

Dimming	LightWave LumiStep DynaDimmer
Options	Constant light output (CLO) External cable 4, 6, 8, 10, 12, 15, 22 m Surge protection device (up to 10 kV) Backlight louver (BL1 and BL2) for mini and medium versions
Optic	Core version: Distribution Medium (DM) or Distribution Wide (DW) Performer version: Distribution Narrow (DN10), Distribution Medium (DM10, DM11, DM12, DM50), Distribution Wide (DW10)
Material	Upper frame: die-cast aluminum, high-pressure Electric cover: plastic or die-cast aluminum Cover: glass, thermally hardened, 4 mm
Color	Upper frame: light grey (RAL7035), other colors upon request Electric cover: plastic: signal grey (RAL7004) or Alloy light grey (RAL7035)
Connection	Screw connection block or as option an external IP connector
Maintenance	Opening with screw
Installation	Side entry mounting: Ø 32-48 or 48-60 mm Post-top mounting: Ø 32-48, 48-60 or 76 mm Recommended mounting height: 4-12 m Standard tilt angle post top: +10 to -90° Max SCr: BGS203: 0.036 m² BGS204: 0.041 m²

Versions



UniStreet Large - LED module 12,500 lm - 740 neutral white - Safety class I - Distribution medium - DynaDimmer with fixed presets version 2 - - - Universal for diameter 48 to 60 mm adjustable - 25 °C





UniStreet Mini - LED Module 2000 lm - 740 neutral white - Safety class I - Distribution medium - Side-entry for diameter 48 to 60 mm



Figura B.18: Ficha técnica da luminária *Philips UniStreet* (2)

B.3.3 Ficha Técnica da Luminária LED nos Ramos





ClearWay – economical LED performance

ClearWay

LED technology represents a breakthrough in lighting in many different respects. The light quality provided by LEDs, for example, has made our roads safer, while the tremendous efficacy of LEDs is helping cities reduce their energy bills. At Philips, we believe we can make even more roads safer, and help more municipalities achieve their goal of reducing energy consumption. That's why we have developed ClearWay – a LED road luminaire that is affordable yet does not compromise on light quality and energy efficiency.

Benefits

- Low initial investment
- Based on LEDGINE O
- Significant energy savings

Features

- Dedicated design for LED technology
- Long lifetime
- Low energy consumption compared to conventional luminaires

Application

- Major roads
- Residential roads and streets

Specifications

Type	BGP303	Luminaire efficacy	116 to 133 lm/W (depending on the version)
Light source	Integral LED-module	Correlated Color	4000 K
Power (+/-10%)	13 to 87 W (depending on version)	Temperature	(3000 K upon request)
Luminous flux	Nominal: 1800 to 12,000 lm (depending on the version)	Color Rendering Index	>70
	System: 1600 to 10,100 lm (depending on the version)		>80 for 3000 K

Product family leaflet, 2018, January 11 data subject to change

Figura B.19: Ficha técnica da luminária *Philips ClearWay* (1)

ClearWay

Useful life	100,000 hours min L67B10 at 250C ambient temperature (depending on version)
Operating temperature range	-30 to +35 °C
Driver	Built-in (self-ballasted LED-module)
Power/Data supply	PSU, PSR, PSD
Mains voltage	220-240 V / 50-60 Hz
Optic	Distribution Narrow (DN10); Distribution Medium (DM11), Distribution Medium (DM50); Distribution Wide (DW10) Other optics upon request
Optical cover	Glass, flat

Material	Housing: high-pressure, die-cast aluminum
Color	Grey (RAL 7035)
Maintenance	Opening with screw
Installation	Side entry : Ø 42/60 or 76 Post top : Ø 42/60 or 76 Recommended mounting height: 4 to 12 m Standard tilt angle post top: 5° Adjustable tilt angle: Post top 42-60 and 76: 0, 5°, 10°, 15° Side entry 42-60: -15°, -10°, -5°, 0, 5°, 10°, 15° Adjustable light distribution: N/A Max SCx: 0,029 m²

Versions



ClearWay BGP303 road-lighting luminaire



ClearWay BGP303 road-lighting luminaire

Figura B.20: Ficha técnica da luminária *Philips ClearWay* (2)

Anexo C

Plantas

C.4 Nó de Nozelos com o Sistema Fotovoltaico

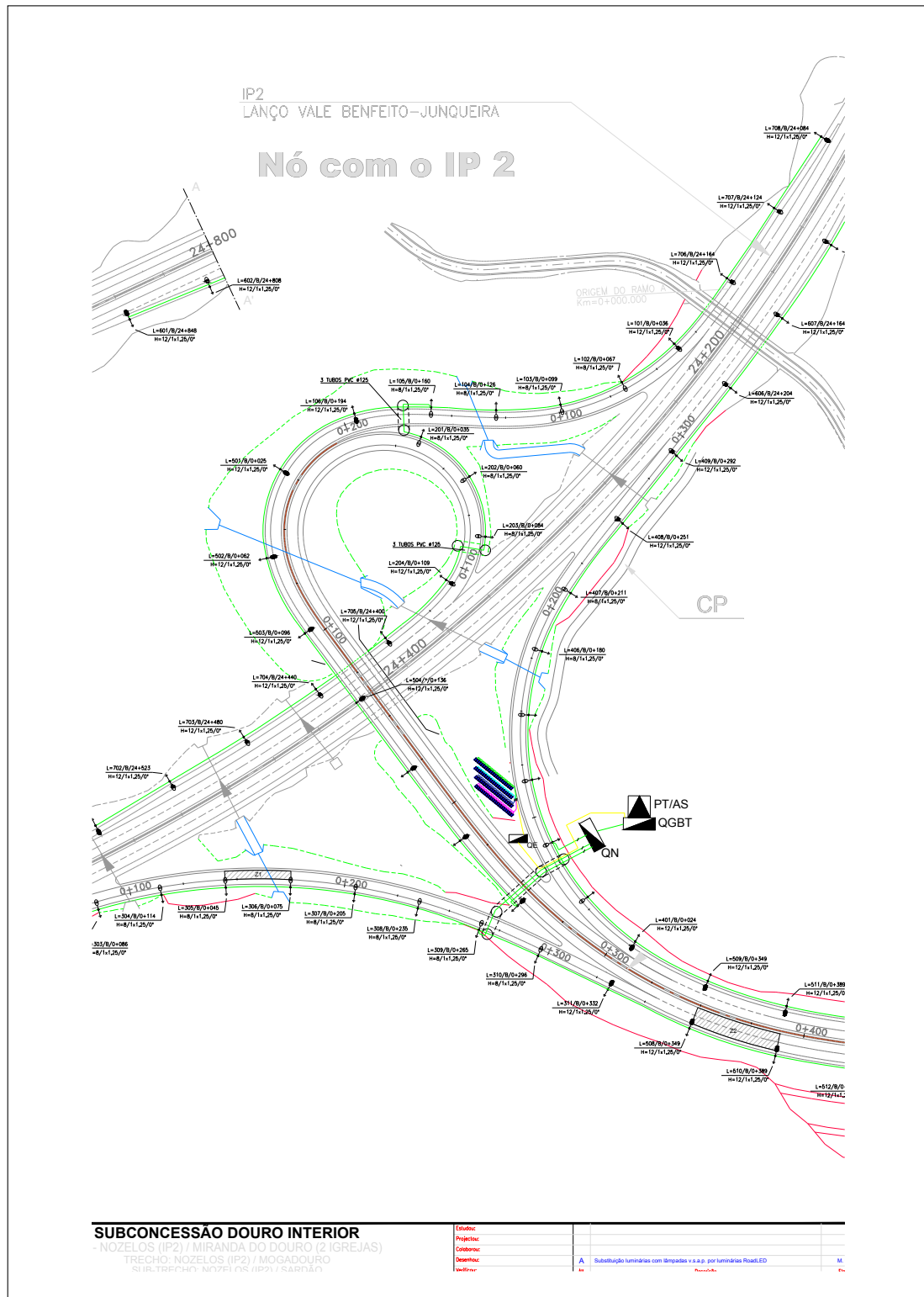


Figura C.6: Planta do Nó de Nozelos com o sistema fotovoltaico implementado

Anexo D


Sistema Fotovoltaico

D.1 Painel Fotovoltaico



G Series GENIUS 4BB

250 / 255 / 260 / 265




MODULE STRENGTHS

-  Excellent low light performance
-  Positive power tolerance 0~+5 Watts
-  Suitable under extreme mechanical loading pressure of 5400 Pa
-  100% EL Double Inspection
-  Resistant to ammonia corrosion
-  Highly resistant to salt-mist corrosion

Certified by



WARRANTY

-  Product warranty: 10 years.
- Performance linear warranty: 25 years.

CERTIFICATION

- TÜV Certificate
- MCS Certificate
- IEC 61215(ed.2)
- IEC 61730-1(ed.1) & IEC 61730-2(ed.1)
- Plus salt-mist (IEC 61701) & Ammonia (IEC 62716)



Year	Standard performance warranty (%)	MPrime performance linear warranty (%)
1	97%	97%
10	90%	90%
25	80%	80%

WWW.MPRIMESOLAR.COM

Figura D.1: Ficha técnica do painel fotovoltaico (1)

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Nominal Power (Wp)	P_{NOM}	250	255	260	265
Positive Power Tolerance				0~+5W	
MPP Current (A)	I_{MPP}	8,32	8,43	8,52	8,59
MPP Voltage (V)	V_{MPP}/U_{MPP}	30,0	30,2	30,5	30,8
Open Circuit Voltage (V)	V_{OC}/U_{OC}	37,3	37,6	37,8	38,1
Short Circuit Current (A)	I_{SC}	8,91	8,99	9,06	9,16
Module Efficiency	η (%)	15,4	15,7	16,0	16,3
Maximum System Voltage (V)	V_{SYS}	IEC:1000 / UL:1000			
Maximum Series Fuse Rating (A)	I	15			
Permitted module temperature on continuous duty		-40°C up to +85°C			
NOCT (°C)		46±2			
Temperature Coefficients:					
Power	$\gamma(P_{NOM})$	-0,43%/°C			
Voltage	$\beta(V_{OC})$	-0,33% /°C			
Current	$\alpha(I_{SC})$	+0,06%/°C			

* Values at Standard Test Conditions STC: air mass AM 1,5G, irradiance 1000 W/m² and cell temperature (25±2)°C.

MECHANICAL SPECIFICATIONS

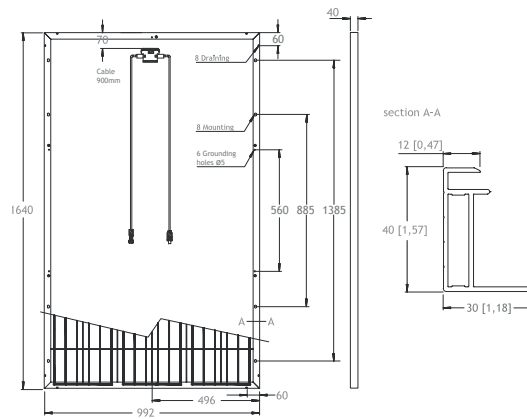
Dimensions	1640 x 992 x 40 mm / 64,57" x 39,06" x 1,57"
Weight	18,5 kg / 40,7 lb
Solar Cells	6" Polycrystalline (156 x 156 mm)
Cell Connection	60 cells (6 x 10)
Glass	High transparency tempered glass 3,2 mm (0,13")
Frame	Anodized aluminium alloy
Diodes	3 diodes
Junction Box	IP-65 or IP-67 rated
Cable	Length 900mm* diameter 4 mm ² each
Connectors	MC4 compatible

* 1200mm optional: delivery time subject to confirmation.

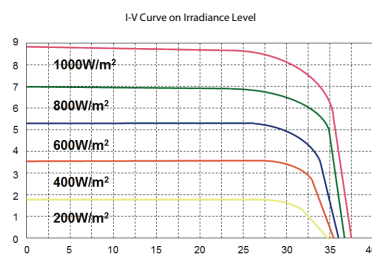
PACKAGING

Modules per pallet	26 pcs
Pallets per container	28 pallets
Modules per container	728 pcs

DIMENSIONS All figures are in mm [inch]



I-V CURVES



CAUTION: read safety and installation instructions before using the product. (available in WWW.MPRIMESOLAR.COM).

DISCLAIMER: specifications included in this datasheet are subject to change without notice from the company. In case of any conflicts/problems that may arise due to misinterpretation, prevailing conditions are the ones described in the original version (in English).

PT065-TC-D-GSGEN48/01/12.15(EN)

Mprime

MPRIME SOLAR SOLUTIONS, S.A. ZONA INDUSTRIAL, APARTADO 36 / 3684-001 OLIVEIRA DE FRADES, PORTUGAL
TEL. +351 232 811 381 FAX. +352 232 767 750 INFO.PT@MPRIMESOLAR.COM WWW.MPRIMESOLAR.COM

Figura D.2: Ficha técnica do painel fotovoltaico (2)

D.2 Inversor

SUNNY TRIPower
15000TL / 20000TL / 25000TL





Rentável

- Rendimento máximo de 98,4%

Seguro

- Descarregador de sobretensões CC integrável (SPD tipo II)

Flexível

- Tensão de entrada CC até 1000 V
- Dimensionamento preciso do sistema graças ao conceito multistring
- Visor opcional

Inovador

- Funções de gestão da rede orientadas para o futuro graças ao Integrated Plant Control
- Disponibilização de potência reactiva a qualquer hora (Q on Demand 24/7)

SUNNY TRIPower
15000TL / 20000TL / 25000TL

○ especialista flexível para grandes sistemas comerciais e centrais fotovoltaicas

○ Sunny Tripower é o inversor ideal para grandes sistemas fotovoltaicos na área comercial e industrial. A sua eficiência de 98,4% permite-lhe não só assegurar rendimentos extraordinariamente elevados, como também oferecer uma elevada flexibilidade de dimensionamento e compatibilidade com muitos módulos fotovoltaicos disponíveis, graças ao seu conceito multistring aliado a um intervalo de tensão de entrada alargado.

A orientação para o futuro traduz-se na integração de novas funções de gestão da rede como, p. ex., o Integrated Plant Control, que permite ao inversor executar sozinho uma regulação da potência reactiva no ponto de ligação à rede. Com isto, deixam de ser necessárias unidades de regulação superiores, reduzindo os custos do sistema. Outra novidade é a disponibilização de potência reactiva a qualquer hora (Q on Demand 24/7).

Figura D.3: Ficha técnica do inversor (1)

SUNNY TRIPOWER 15000TL / 20000TL / 25000TL

Dados técnicos	Sunny Tripower 15000TL
Entrada (CC)	
Máx. potência do gerador fotovoltaico	27000 Wp
Potência atribuída CC	15330 W
Tensão máx. de entrada	1000 V
Intervalo de tensão MPP / tensão atribuída de entrada	240 V a 800 V / 600 V
Tensão mín. de entrada / tensão de entrada inicial	150 V / 188 V
Corrente máx. de entrada Entrada A / Entrada B	33 A / 33 A
Número de entradas MPP independentes / strings por entrada MPP	2 / A:3; B:3
Saída (CA)	
Potência atribuída (a 230 V, 50 Hz)	15000 W
Potência aparente CA máx.	15000 VA
Tensão nominal CA	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V
Intervalo de tensão CA	180 V a 280 V
Frequência de rede CA / intervalo	50 Hz / 44 Hz a 55 Hz 60 Hz / 54 Hz a 65 Hz
Frequência de rede atribuída / tensão de rede atribuída	50 Hz / 230 V
Corrente máx. de saída / corrente atribuída de saída	29 A / 21,7 A
Factor de potência na potência atribuída / Factor de desfasamento ajustável	1 / 0 sobreexcitado a 0 subexcitado
THD	≤ 3%
Fases de injeção / fases de ligação	3 / 3
Rendimento	
Rendimento máx. / europeu	98,4% / 98,0%
Dispositivos de protecção	
Ponto de seccionamento no lado de entrada	●
Monitorização da ligação à terra / monitorização da rede	● / ●
Descarregador de sobretensões CC: SPD tipo II	○
Protecção contra inversão de polaridade CC / Resistência a curtos-circuitos CA / Galvanicamente separado	● / ● / -
Unidade de monitorização de corrente residual sensível a todas as correntes	●
Classe de protecção (conforme a IEC 62109-1) / categoria de sobretensão (conforme a IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II
Dados gerais	
Dimensões (L / A / P)	661 / 682 / 264 mm (26,0 / 26,9 / 10,4 inch)
Peso	61 kg (134,48 lb)
Gama de temperatura de serviço	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)
Emissões sonoras, típicas	51 dB(A)
Autoconsumo (noite)	1 W
Topologia / princípio de refrigeração	Sem transformador / OptiCool
Grau de protecção (conforme a IEC 60529)	IP65
Classe de condições ambientais (conforme a IEC 60721-3-4)	4K4H
Valor máximo admissível da humidade relativa (sem condensação)	100%
Equipamento / função / acessórios	
Ligação CC / ligação CA	SUNCLIX / terminal de mola
Visor	○
Interface: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / ●
Interface de dados: SMA Modbus / SunSpec Modbus	● / ●
Relé multifunções / Power Control Module	○ / ○
OptiTrac Global Peak / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Capacidade off-grid / Compatível com SMA Fuel Save Controller	● / ●
Garantia: 5 / 10 / 15 / 20 anos	● / ○ / ○ / ○
Homologações e certificados previstos	ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, DEWA 2.0, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 62117, IEC 62118, IEC 62119-1, IEC 62120-1, IEC 62121, IEC 62122, IEC 62123, IEC 62124, IEC 62125, IEC 62126, IEC 62127, IEC 62128, IEC 62129, IEC 62130, IEC 62131, IEC 62132, IEC 62133, IEC 62134, IEC 62135, IEC 62136, IEC 62137, IEC 62138, IEC 62139, IEC 62140, IEC 62141, IEC 62142, IEC 62143, IEC 62144, IEC 62145, IEC 62146, IEC 62147, IEC 62148, IEC 62149, IEC 62150, IEC 62151, IEC 62152, IEC 62153, IEC 62154, IEC 62155, IEC 62156, IEC 62157, IEC 62158, IEC 62159, IEC 62160, IEC 62161, IEC 62162, IEC 62163, IEC 62164, IEC 62165, IEC 62166, IEC 62167, IEC 62168, IEC 62169, IEC 62170, IEC 62171, IEC 62172, IEC 62173, IEC 62174, IEC 62175, IEC 62176, IEC 62177, IEC 62178, IEC 62179, IEC 62180, IEC 62181, IEC 62182, IEC 62183, IEC 62184, IEC 62185, IEC 62186, IEC 62187, IEC 62188, IEC 62189, IEC 62190, IEC 62191, IEC 62192, IEC 62193, IEC 62194, IEC 62195, IEC 62196, IEC 62197, IEC 62198, IEC 62199, IEC 62200, IEC 62201, IEC 62202, IEC 62203, IEC 62204, IEC 62205, IEC 62206, IEC 62207, IEC 62208, IEC 62209, IEC 62210, IEC 62211, IEC 62212, IEC 62213, IEC 62214, IEC 62215, IEC 62216, IEC 62217, IEC 62218, IEC 62219, IEC 62220, IEC 62221, IEC 62222, IEC 62223, IEC 62224, IEC 62225, IEC 62226, IEC 62227, IEC 62228, IEC 62229, IEC 62230, IEC 62231, IEC 62232, IEC 62233, IEC 62234, IEC 62235, IEC 62236, IEC 62237, IEC 62238, IEC 62239, IEC 62240, IEC 62241, IEC 62242, IEC 62243, IEC 62244, IEC 62245, IEC 62246, IEC 62247, IEC 62248, IEC 62249, IEC 62250, IEC 62251, IEC 62252, IEC 62253, IEC 62254, IEC 62255, IEC 62256, IEC 62257, IEC 62258, IEC 62259, IEC 62260, IEC 62261, IEC 62262, IEC 62263, IEC 62264, IEC 62265, IEC 62266, IEC 62267, IEC 62268, IEC 62269, IEC 62270, IEC 62271, IEC 62272, IEC 62273, IEC 62274, IEC 62275, IEC 62276, IEC 62277, IEC 62278, IEC 62279, IEC 62280, IEC 62281, IEC 62282, IEC 62283, IEC 62284, IEC 62285, IEC 62286, IEC 62287, IEC 62288, IEC 62289, IEC 62290, IEC 62291, IEC 62292, IEC 62293, IEC 62294, IEC 62295, IEC 62296, IEC 62297, IEC 62298, IEC 62299, IEC 62300, IEC 62301, IEC 62302, IEC 62303, IEC 62304, IEC 62305, IEC 62306, IEC 62307, IEC 62308, IEC 62309, IEC 62310, IEC 62311, IEC 62312, IEC 62313, IEC 62314, IEC 62315, IEC 62316, IEC 62317, IEC 62318, IEC 62319, IEC 62320, IEC 62321, IEC 62322, IEC 62323, IEC 62324, IEC 62325, IEC 62326, IEC 62327, IEC 62328, IEC 62329, IEC 62330, IEC 62331, IEC 62332, IEC 62333, IEC 62334, IEC 62335, IEC 62336, IEC 62337, IEC 62338, IEC 62339, IEC 62340, IEC 62341, IEC 62342, IEC 62343, IEC 62344, IEC 62345, IEC 62346, IEC 62347, IEC 62348, IEC 62349, IEC 62350, IEC 62351, IEC 62352, IEC 62353, IEC 62354, IEC 62355, IEC 62356, IEC 62357, IEC 62358, IEC 62359, IEC 62360, IEC 62361, IEC 62362, IEC 62363, IEC 62364, IEC 62365, IEC 62366, IEC 62367, IEC 62368, IEC 62369, IEC 62370, IEC 62371, IEC 62372, IEC 62373, IEC 62374, IEC 62375, IEC 62376, IEC 62377, IEC 62378, IEC 62379, IEC 62380, IEC 62381, IEC 62382, IEC 62383, IEC 62384, IEC 62385, IEC 62386, IEC 62387, IEC 62388, IEC 62389, IEC 62390, IEC 62391, IEC 62392, IEC 62393, IEC 62394, IEC 62395, IEC 62396, IEC 62397, IEC 62398, IEC 62399, IEC 62400, IEC 62401, IEC 62402, IEC 62403, IEC 62404, IEC 62405, IEC 62406, IEC 62407, IEC 62408, IEC 62409, IEC 62410, IEC 62411, IEC 62412, IEC 62413, IEC 62414, IEC 62415, IEC 62416, IEC 62417, IEC 62418, IEC 62419, IEC 62420, IEC 62421, IEC 62422, IEC 62423, IEC 62424, IEC 62425, IEC 62426, IEC 62427, IEC 62428, IEC 62429, IEC 62430, IEC 62431, IEC 62432, IEC 62433, IEC 62434, IEC 62435, IEC 62436, IEC 62437, IEC 62438, IEC 62439, IEC 62440, IEC 62441, IEC 62442, IEC 62443, IEC 62444, IEC 62445, IEC 62446, IEC 62447, IEC 62448, IEC 62449, IEC 62450, IEC 62451, IEC 62452, IEC 62453, IEC 62454, IEC 62455, IEC 62456, IEC 62457, IEC 62458, IEC 62459, IEC 62460, IEC 62461, IEC 62462, IEC 62463, IEC 62464, IEC 62465, IEC 62466, IEC 62467, IEC 62468, IEC 62469, IEC 62470, IEC 62471, IEC 62472, IEC 62473, IEC 62474, IEC 62475, IEC 62476, IEC 62477, IEC 62478, IEC 62479, IEC 62480, IEC 62481, IEC 62482, IEC 62483, IEC 62484, IEC 62485, IEC 62486, IEC 62487, IEC 62488, IEC 62489, IEC 62490, IEC 62491, IEC 62492, IEC 62493, IEC 62494, IEC 62495, IEC 62496, IEC 62497, IEC 62498, IEC 62499, IEC 62500, IEC 62501, IEC 62502, IEC 62503, IEC 62504, IEC 62505, IEC 62506, IEC 62507, IEC 62508, IEC 62509, IEC 62510, IEC 62511, IEC 62512, IEC 62513, IEC 62514, IEC 62515, IEC 62516, IEC 62517, IEC 62518, IEC 62519, IEC 62520, IEC 62521, IEC 62522, IEC 62523, IEC 62524, IEC 62525, IEC 62526, IEC 62527, IEC 62528, IEC 62529, IEC 62530, IEC 62531, IEC 62532, IEC 62533, IEC 62534, IEC 62535, IEC 62536, IEC 62537, IEC 62538, IEC 62539, IEC 62540, IEC 62541, IEC 62542, IEC 62543, IEC 62544, IEC 62545, IEC 62546, IEC 62547, IEC 62548, IEC 62549, IEC 62550, IEC 62551, IEC 62552, IEC 62553, IEC 62554, IEC 62555, IEC 62556, IEC 62557, IEC 62558, IEC 62559, IEC 62560, IEC 62561, IEC 62562, IEC 62563, IEC 62564, IEC 62565, IEC 62566, IEC 62567, IEC 62568, IEC 62569, IEC 62570, IEC 62571, IEC 62572, IEC 62573, IEC 62574, IEC 62575, IEC 62576, IEC 62577, IEC 62578, IEC 62579, IEC 62580, IEC 62581, IEC 62582, IEC 62583, IEC 62584, IEC 62585, IEC 62586, IEC 62587, IEC 62588, IEC 62589, IEC 62590, IEC 62591, IEC 62592, IEC 62593, IEC 62594, IEC 62595, IEC 62596, IEC 62597, IEC 62598, IEC 62599, IEC 62600, IEC 62601, IEC 62602, IEC 62603, IEC 62604, IEC 62605, IEC 62606, IEC 62607, IEC 62608, IEC 62609, IEC 62610, IEC 62611, IEC 62612, IEC 62613, IEC 62614, IEC 62615, IEC 62616, IEC 62617, IEC 62618, IEC 62619, IEC 62620, IEC 62621, IEC 62622, IEC 62623, IEC 62624, IEC 62625, IEC 62626, IEC 62627, IEC 62628, IEC 62629, IEC 62630, IEC 62631, IEC 62632, IEC 62633, IEC 62634, IEC 62635, IEC 62636, IEC 62637, IEC 62638, IEC 62639, IEC 62640, IEC 62641, IEC 62642, IEC 62643, IEC 62644, IEC 62645, IEC 62646, IEC 62647, IEC 62648, IEC 62649, IEC 62650, IEC 62651, IEC 62652, IEC 62653, IEC 62654, IEC 62655, IEC 62656, IEC 62657, IEC 62658, IEC 62659, IEC 62660, IEC 62661, IEC 62662, IEC 62663, IEC 62664, IEC 62665, IEC 62666, IEC 62667, IEC 62668, IEC 62669, IEC 62670, IEC 62671, IEC 62672, IEC 62673, IEC 62674, IEC 62675, IEC 62676, IEC 62677, IEC 62678, IEC 62679, IEC 62680, IEC 62681, IEC 62682, IEC 62683, IEC 62684, IEC 62685, IEC 62686, IEC 62687, IEC 62688, IEC 62689, IEC 62690, IEC 62691, IEC 62692, IEC 62693, IEC 62694, IEC 62695, IEC 62696, IEC 62697, IEC 62698, IEC 62699, IEC 62700, IEC 62701, IEC 62702, IEC 62703, IEC 62704, IEC 62705, IEC 62706, IEC 62707, IEC 62708, IEC 62709, IEC 62710, IEC 62711, IEC 62712, IEC 62713, IEC 62714, IEC 62715, IEC 62716, IEC 62717, IEC 62718, IEC 62719, IEC 62720, IEC 62721, IEC 62722, IEC 62723, IEC 62724, IEC 62725, IEC 62726, IEC 62727, IEC 62728, IEC 62729, IEC 62730, IEC 62731, IEC 62732, IEC 62733, IEC 62734, IEC 62735, IEC 62736, IEC 62737, IEC 62738, IEC 62739, IEC 62740, IEC 62741, IEC 62742, IEC 62743, IEC 62744, IEC 62745, IEC 62746, IEC 62747, IEC 62748, IEC 62749, IEC 62750, IEC 62751, IEC 62752, IEC 62753, IEC 62754, IEC 62755, IEC 62756, IEC 62757, IEC 62758, IEC 62759, IEC 62760, IEC 62761, IEC 62762, IEC 62763, IEC 62764, IEC 62765, IEC 62766, IEC 62767, IEC 62768, IEC 62769, IEC 62770, IEC 62771, IEC 62772, IEC 62773, IEC 62774, IEC 62775, IEC 62776, IEC 62777, IEC 62778, IEC 62779, IEC 62780, IEC 62781, IEC 62782, IEC 62783, IEC 62784, IEC 62785, IEC 62786, IEC 62787, IEC 62788, IEC 62789, IEC 62790, IEC 62791, IEC 62792, IEC 62793, IEC 62794, IEC 62795, IEC 62796, IEC 62797, IEC 62798, IEC 62799, IEC 62800, IEC 62801, IEC 62802, IEC 62803, IEC 62804, IEC 62805, IEC 62806, IEC 62807, IEC 62808, IEC 62809, IEC 62810, IEC 62811, IEC 62812, IEC 62813, IEC 62814, IEC 62815, IEC 62816, IEC 62817, IEC 62818, IEC 62819, IEC 62820, IEC 62821, IEC 62822, IEC 62823, IEC 62824, IEC 62825, IEC 62826, IEC 62827, IEC 62828, IEC 62829, IEC 62830, IEC 62831, IEC 62832, IEC 62833, IEC 62834, IEC 62835, IEC 62836, IEC 62837, IEC 62838, IEC 62839, IEC 62840, IEC 62841, IEC 62842, IEC 62843, IEC 62844, IEC 62845, IEC 62846, IEC 62847, IEC 62848, IEC 62849, IEC 62850, IEC 62851, IEC 62852, IEC 62853, IEC 62854, IEC 62855, IEC 62856, IEC 62857, IEC 62858, IEC 62859, IEC 62860, IEC 62861, IEC 62862, IEC 62863, IEC 62864, IEC 62865, IEC 62866, IEC 62867, IEC 62868, IEC 62869, IEC 62870, IEC 62871, IEC 62872, IEC 62873, IEC 62874, IEC 62875, IEC 62876, IEC 62877, IEC 62878, IEC 62879, IEC 62880, IEC 62881, IEC 62882, IEC 62883, IEC 62884, IEC 62885, IEC 62886, IEC 62887, IEC 62888, IEC 62889, IEC 62890, IEC 62891, IEC 62892, IEC 62893, IEC 62894, IEC 62895, IEC 62896, IEC 62897, IEC 62898, IEC 62899, IEC 62900, IEC 62901, IEC 62902, IEC 62903, IEC 62904, IEC 62905, IEC 62906, IEC 62907, IEC 62908, IEC 62909, IEC 62910, IEC 62911, IEC 62912, IEC 62913, IEC 62914, IEC 62915, IEC 62916, IEC 62917, IEC 62918, IEC 62919, IEC 62920, IEC 62921, IEC 62922, IEC 62923, IEC 62924, IEC 62925, IEC 62926, IEC 62927, IEC 62928, IEC 62929, IEC 62930, IEC 62931, IEC 62932, IEC 62933, IEC 62934, IEC 62935, IEC 62936, IEC 62937, IEC 62938, IEC 62939, IEC 62940, IEC 62941, IEC 62942, IEC 62943, IEC 62944, IEC 62945, IEC 62946, IEC 62947, IEC 62948, IEC 62949, IEC 62950, IEC 62951, IEC 62952, IEC 62953, IEC 62954, IEC 62955, IEC 62956, IEC 62957, IEC 62958, IEC 62959, IEC 62960, IEC 62961, IEC 62962, IEC 62963, IEC 62964, IEC 62965, IEC 62966, IEC 62967, IEC 62968, IEC 62969, IEC 62970, IEC 62971, IEC 62972, IEC 62973, IEC 62974, IEC 62975, IEC 62976, IEC 62977, IEC 62978, IEC 62979, IEC 62980, IEC 62981, IEC 62982, IEC 62983, IEC 62984, IEC 62985, IEC 62986, IEC 62987, IEC 62988, IEC 62989, IEC 62990, IEC 62991, IEC 62992, IEC 62993, IEC 62994, IEC 62995, IEC 62996, IEC 62997, IEC 62998, IEC 62999, IEC 63000, IEC 63001, IEC 63002, IEC 63003, IEC 63004, IEC 63005, IEC 63006, IEC 63007, IEC 63008, IEC 63009, IEC 63010, IEC 63011, IEC 63012, IEC 63013, IEC 63014, IEC 63015, IEC 63016, IEC 63017, IEC 63018, IEC 63019, IEC 63020, IEC 63021, IEC 63022, IEC 63023, IEC 63024, IEC 63025, IEC 63026, IEC 63027, IEC 63028, IEC 63029, IEC 63030, IEC 63031, IEC 63032, IEC 63033, IEC 63034, IEC 63035, IEC 63036, IEC 63037, IEC 63038, IEC 63039, IEC 63040, IEC 63041, IEC 63042, IEC 63043, IEC 63044, IEC 63045, IEC 63046, IEC 63047, IEC 63048, IEC 63049, IEC 63050, IEC 63051, IEC 63052, IEC 63053, IEC 63054, IEC 63055, IEC 63056, IEC 63057, IEC 63058, IEC 63059, IEC 63060, IEC 63061, IEC 63062, IEC 63063, IEC 63064, IEC 63065, IEC 63066, IEC 63067, IEC 63068, IEC 63069, IEC 63070, IEC 63071, IEC 63072, IEC 63073, IEC 63074, IEC 63075, IEC 63076, IEC 63077, IEC 63078, IEC 63079, IEC 63080, IEC 63081, IEC 63082, IEC 63083, IEC 63084, IEC 63085, IEC 63086, IEC 63087, IEC 63088, IEC 63089, IEC 63090, IEC 63091, IEC 63092, IEC 63093, IEC 63094, IEC 63095, IEC 63096, IEC 63097, IEC 63098, IEC 63099, IEC 63100, IEC 63101, IEC 63102, IEC 63103, IEC 63104, IEC 63105, IEC 63106, IEC 63107, IEC 63108, IEC 63109, IEC 63110, IEC 63111, IEC 63112, IEC 63113, IEC 63114, IEC 63115, IEC 63116, IEC 63117, IEC 63118, IEC 63119, IEC 63120, IEC 63121, IEC 63122, IEC 63123, IEC 63124, IEC 63125, IEC 63126, IEC 63127, IEC 63128, IEC 63129, IEC 63130, IEC 63131, IEC 63132, IEC 63133, IEC 63134, IEC 63135, IEC 63136, IEC 63137, IEC 63138, IEC 63139, IEC 63140, IEC 63141, IEC 63142, IEC 63143, IEC 63144, IEC 63145, IEC 63146, IEC 63147, IEC 63148, IEC 63149, IEC 63150, IEC 63151, IEC 63152, IEC 63153, IEC 63154, IEC 63155, IEC 63156, IEC 63157, IEC 63158, IEC 63159, IEC 63160, IEC 63161, IEC 63162, IEC 63163, IEC 63164, IEC 63165, IEC 63166, IEC 63167, IEC 63168, IEC 63169, IEC 63170, IEC 63171, IEC 63172, IEC 63173, IEC 63174, IEC 63175, IEC 63176, IEC 63177, IEC 63178, IEC 63179, IEC 63180, IEC 63181, IEC 63182, IEC 63183, IEC 63184, IEC 63185, IEC 63186, IEC 63187, IEC 63188, IEC 63189, IEC 63190, IEC 63191, IEC 63192, IEC 63193, IEC 63194, IEC 63195, IEC 63196, IEC 63197, IEC 63198, IEC 63199, IEC 63200, IEC 63201, IEC 63202, IEC 63203, IEC 63204, IEC 63205, IEC 63206, IEC 63207, IEC 63208, IEC 63209, IEC 63210, IEC 63211, IEC 63212, IEC 63213, IEC 63214, IEC 63215, IEC 63216, IEC 63217, IEC 63218, IEC 63219, IEC 63220, IEC 63221, IEC 63222, IEC 63223, IEC 63224, IEC 63225, IEC 63226, IEC 63227, IEC 63228, IEC 63229, IEC 63230, IEC 63231, IEC 63232, IEC 63233, IEC 63234, IEC 63235, IEC 63236, IEC 63237, IEC 63238, IEC 63239, IEC 63240, IEC 63241, IEC 63242, IEC 63243, IEC 63244, IEC 63245, IEC 63246, IEC 63247, IEC 63248, IEC 63249, IEC 63250, IEC 63251, IEC 63252, IEC 63253, IEC 63254, IEC 63255, IEC 63256, IEC 63257, IEC 63258, IEC 63259, IEC 63260, IEC 63261, IEC 63262, IEC 63263, IEC 63264, IEC 63265, IEC 63266, IEC 6326

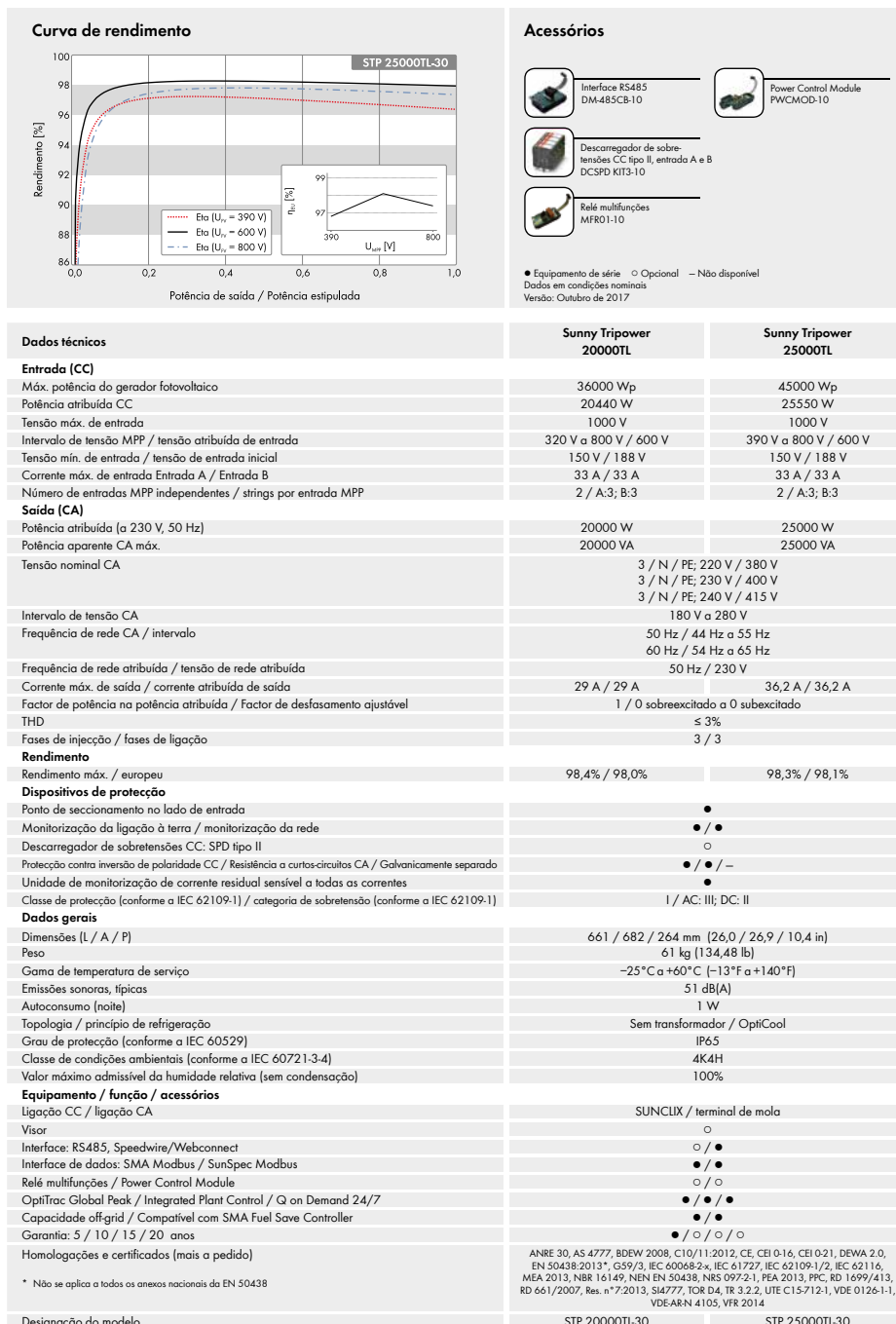


Figura D.5: Ficha técnica do inversor (3)

D.3 Fusível DC

Ficha técnica
LF315PV

:hager



LF302G

Fusível Fotovoltaico 10x38 1000V DC 15A

Características técnicas

Característica do fusível	gPV
Intensidade nominal	15 A
Poder de corte estipulado	30 kA
Tensão estipulada de utilização em DC	1000 V
Temperatura de funcionamento	-25 a 70 °C

Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura D.6: Ficha técnica do fusível DC

D.4 Interruptor DC

Ficha técnica
SB432PV





SB432PV

Interruptor 4P 32A 1000V DC

Características técnicas


Intensidade nominal	32 A
Nº de módulos	3,5
Tensão estipulada de utilização em DC	1000 V
Frequência de funcionamento	50/60 Hz
Secção de ligação em cabo flexível	10mm ²
Secção de ligação em cabo rígido	16 mm ²
Temperatura de funcionamento	-40 a 65 °C


Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura D.7: Ficha técnica do interruptor DC

D.5 Fusível AC

Ficha técnica
LF563G





LF563G

Fusível 22x58 gG 63A 690V

Características técnicas

Característica do fusível	gG a aM
Intensidade nominal	63 A
Poder de corte estipulado	80 kA
Tensão alternada estipulada de utilização	690 V
Frequência de funcionamento	50 Hz

Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura D.8: Ficha técnica do fusível AC

D.6 Disjuntor AC


Ficha técnica NKN440		:hager
Disjuntor 4P 40A C 10/15kA 4M		
Características técnicas		
Intensidade nominal		40 A
Poder de corte estipulado		10 kA
Curva		C
Tensão alternada estipulada de utilização		415 V
Frequência de funcionamento		50/60 Hz
Poder de corte de serviço conforme EC 947.2 50Hz		50 %
Poder de corte de serviço conforme EN60898		7,5 kA
Nº de módulos		4
Nº de pólos		4 P
Temperatura de funcionamento		-25 a 60 °C


Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura D.9: Ficha técnica do disjuntor AC

D.7 Interruptor Omnipolar Geral

Ficha técnica
HA451





HA451

Inter. corte aparente 4P 125A

Características técnicas

Nº de pólos	4 P
Intensidade nominal	125 A
Tensão alternada estipulada de utilização	380/415 V
Tensão estipulada de isolamento	800 V
Secção de ligação em cabo rígido	50 mm ² máx.

Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura D.10: Ficha técnica do interruptor omnipolar geral

D.8 Interruptor Diferencial

Ficha técnica CDC440A		:hager
Inter. dif. 4P 40A 30mA tipo AC 4M		
Características técnicas		
Nº de pólos		4 P
Tipo de protecção diferencial		AC
Sensibilidade diferencial		30 mA
Intensidade nominal		40 A
Frequência de funcionamento		50 Hz
Tensão alternada estipulada de utilização		230/400 V
Nº de módulos		4
Secção de ligação em cabo flexível		16mm ²
Secção de ligação em cabo rígido		25 mm ²
Temperatura de funcionamento		-5 a 40 °C

Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura D.11: Ficha técnica do interruptor diferencial

D.9 Corta-Circuitos Porta Fusíveis

Ficha técnica
L501PV





L501PV

Corta-Circuitos p. Fusíveis 1P 1000VDC

Características técnicas

Intensidade nominal	32 A
Corrente estipulada nominal do fusível	2/4/6/8/10/12/16/20/25/32 A
Tensão estipulada de utilização em DC	1000 V
Nº de módulos	1
Nº de pólos	1 P
Característica do fusível	gPV
Secção de ligação em cabo flexível	10mm ²
Secção de ligação em cabo rígido	16 mm ²
Temperatura de funcionamento	-25 a 50 °C

Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura D.12: Ficha técnica do corta-circuitos porta fusíveis

D.10 Vetor Estanque

Ficha técnica
VE110SN





VE110SN

vector estanque IP65 1 fila 8/10M

Características técnicas

Índice de protecção IP	IP65
Classe de protecção	Classe II
Modo de fixação	saliente
Nº de módulos	10
Largura produto instalado	237 mm
Altura produto instalado	210 mm
Profundidade produto instalado	114 mm
Material	matéria plástica
Cor	Cinzeno claro
Código cor RAL	7035
Tipo de fechadura da porta	Fecho

Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura D.13: Ficha técnica do vetor estanque

Referências

- [1] Eleri9. Catálogo de Produtos Tabela de Preços. 2017. URL: <https://ael.com.pt/catalogos/elери9.pdf>.
- [2] Philips. Catálogo de produtos. URL: <http://www.lighting.philips.pt/prof> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].
- [3] Philips. Tabela Iluminação Profissional. 2014.
- [4] República Portuguesa. "Renováveis: Estatísticas Rápidas - nº155 - setembro de 2017", 2017.
- [5] PORDATA - Preços da electricidade para utilizadores domésticos e industriais. URL: <https://www.pordata.pt/DB/Europa/Ambiente+de+Consulta/Tabela> [Acedido em: 14 de janeiro de 2018].
- [6] Iluminação Online. URL: <http://iluminacao.awardspace.com/lampadas/vsap.html> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].
- [7] Armínio Teixeira. Tipos de Lâmpadas, 2009.
- [8] IEA. Key world energy statistics. 2017. URL: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>.
- [9] Manvia - Manutenção e Exploração de Instalações e Construção. URL: <http://www.manvia.pt/> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].
- [10] Público. Aenor passa a chamar-se Ascendi, 2009. URL: <https://www.publico.pt/2009/09/30/jornal/aenor-passa-a-chamarse-ascendi-17923920> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].
- [11] Ascendi. URL: <http://ascendi.pt/> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].
- [12] Osram. Manual Luminotécnico Prático. páginas 1–29, 2007. URL: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>.
- [13] Emmanuel Loureiro Garrido. Concepção e certificação de nova geração de candeeiros de iluminação pública. página 84, 2010.
- [14] GE. Catálogo de Produtos. 2015. URL: http://solutions.currentbyge.com/LightingWeb/br/images/catalogo-produtos-2015{__}tcm388-90024.pdf.
- [15] ERSE. Portal ERSE - Bem-vindo ao portal da ERSE. URL: <http://www.erse.pt/pt/Paginas/home.aspx> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].

- [16] Resenha Histórica. Mercado Ibérico de Eletricidade - Caracterização do Setor Elétrico Português. URL: <https://paginas.fe.up.pt/{~}ee07386/wp-content/uploads/2012/06/Cap{í}tulo-3.pdf>.
- [17] ERSE. TARIFAS E PREÇOS PARA A ENERGIA ELÉTRICA E OUTROS SERVIÇOS EM 2017 Este documento está preparado para impressão em frente e verso TARIFAS E PREÇOS PARA A ENERGIA ELÉTRICA E OUTROS SERVIÇOS EM 2017. URL: www.erse.pt.
- [18] ERSE. Períodos horários. URL: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/periodoshorarios/Paginas/default.aspx> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].
- [19] Ambiente Energia. Nova célula solar tem eficiência de 44,5%, a maior do mundo. URL: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2017/07/nova-celula-solar-tem-eficiencia-de-445-maior-mundo/32187> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].
- [20] Solar Direct. Complete Photovoltaic Systems. URL: <http://www.solardirect.com/pv/systems/systems.htm> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].
- [21] EDP. Manual De Iluminação Pública. páginas 0–45, 2016.
- [22] MANVIA – Manutenção e Exploração de Instalações e Construção SA. Manual de Manutenção. Relatório técnico, 2014.
- [23] Jornal de Notícias. IP2 e IC5 encurtam distâncias em Trás-os-Montes, 2011. URL: <https://www.jn.pt/local/noticias/braganca/braganca/interior/ip2-e-ic5-encurtam-distancias-em-tras-os-montes-2167805.html> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].
- [24] Filipe Pinto. Regime Jurídico das Unidades de Produção (UP) Distribuída. páginas 1–28, 2015.
- [25] Google Maps. URL: <https://www.google.pt/maps/@41.2987408,-7.0725716,16z?hl=pt-PT> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].
- [26] PV potential estimation utility. URL: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en{%&}map=europe> [Acedido em: 11 de janeiro de 2018].
- [27] Alimentação E Estrutura, D A S Instalações, Serviços D E Segurança, Protecção Contra, O S Choques, Protecção Contra, O S Efeitos, Térmicos Em, e Serviço Normal. Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT). páginas 1–411, 2006.
- [28] J Neves Santos. TABELAS , REGRAS E DADOS DIVERSOS (Para o Dimensionamento de Canalizações Eléctricas). página 76, 2009.
- [29] Cabelte. Tabela de Preços. 2017.
- [30] Público. Grande Porto com mais 18 quilómetros de auto-estrada a partir de amanhã, 2006. URL: <https://www.publico.pt/2006/11/23/jornal/grande-porto-com-mais--18-quilometros-de-auto-estrada-a-partir-de-amanha-108847> [Acedido em: 14 de dezembro de 2017].
- [31] Direcção-Geral de Energia e Geologia - Produção em Regime Especial. URL: <http://www.dgeg.gov.pt/> [Acedido em: 14 de janeiro de 2018].