

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Estudo das Infraestruturas Eletrotécnicas de uma Urbanização

Projeto

Carlos Patrício Vieira Pereira

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

Tomar / novembro / 2025



Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Estudo das Infraestruturas Eletrotécnicas de uma Urbanização

Projeto

Carlos Patrício Vieira Pereira

Orientado por:

Doutor Mário Hélder, Instituto Politécnico de Tomar

Doutor Paulo Coelho, Instituto Politécnico de Tomar

*Projeto apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar para
cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica*

Dedico este trabalho a todos os que me ajudaram neste desafio...

Agradecimentos

Expresso o meu sincero agradecimento a todos os que contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho.

Agradeço, em particular, aos meus orientadores, Doutor Paulo Coelho e ao Doutor Mário Hélder do Instituto Politécnico de Tomar, pelo acompanhamento, orientação técnica e disponibilidade ao longo de todo o processo.

Na empresa CONSULTENERGIA, ao Eng. Américo Neves e Eng. João Figueiredo pela cedência de informação, orientação e incentivo.

À minha família amiga pelo apoio incondicional, paciência e motivação constante, fundamentais para a conclusão desta etapa.

Resumo

A conceção de projetos de infraestruturas elétricas em urbanizações exige uma abordagem cuidadosa e sempre com uma visão de longo prazo. É fundamental que as soluções projetadas conciliem otimização e custos, tendo em conta que estas infraestruturas irão permanecer em serviço durante várias décadas e terão de estar preparadas para acompanhar a natural evolução tecnológica.

Deste modo, a elaboração do projeto deve não só respeitar a legislação e normas em vigor, como também prever condições que possibilitem a sua expansão e adaptação futura, garantindo sustentabilidade e eficiência.

O presente projeto desenvolve uma análise integrada das infraestruturas elétricas de uma urbanização, abrangendo os cálculos das potências para o dimensionamento e seccionamento do posto de transformação, os ramais de distribuição elétrica, rede de iluminação pública e carregamento de veículos elétricos.

As infraestruturas de telecomunicações são igualmente analisadas, assegurando a sua adequação técnica e funcional à implementação global das soluções previstas para a urbanização, assim como um estudo de viabilidade de um sistema fotovoltaico *on-grid* com armazenamento, destinado a suportar a iluminação pública da urbanização.

A conceção de infraestruturas eletrotécnicas vai além da simples aplicação de normas, representando um desafio que exige rigor técnico e visão estratégica, de modo a conciliar eficiência e sustentabilidade das soluções adotadas.

Palavras-chave: Infraestruturas elétricas e de telecomunicações, posto de transformação, rede de iluminação pública, carregamento de veículos elétricos, sistema fotovoltaico.

Abstract

The design of electrical infrastructure in urban developments requires a careful approach supported by long-term planning. It is essential that the proposed solutions balance technical optimization and cost efficiency, considering that these infrastructures will remain in service for several decades and must be prepared to accommodate natural technological evolution.

Accordingly, the project must not only comply with current legislation and applicable standards, but also anticipate conditions that allow future expansion and adaptation, ensuring sustainability and performance over time.

This project develops an integrated analysis of the electrical infrastructures of an urban development, covering power calculations for the design and sectionalization of the transformer substation, the low-voltage distribution feeders, the public lighting network, and the electric vehicle charging infrastructure.

The telecommunications infrastructures are also addressed, ensuring their technical and functional adequacy to the overall implementation of the solutions planned for the development. In addition, a feasibility study of an on-grid photovoltaic system with battery storage is conducted, intended to supply the urbanization's public lighting network.

The conception of electrotechnical infrastructures goes beyond the simple application of standards, representing a challenge that requires technical rigor and strategic vision in order to ensure efficient and sustainable solutions.

Keywords: Electrical and telecommunications infrastructures, transformer substation, public lighting network, electric vehicle charging, photovoltaic system.

Índice

Agradecimentos	I
Resumo	III
Abstract.....	V
Índice	VII
Índice das Figuras	XI
Índice das Tabelas	XIII
Siglas e Acrónimos.....	XV
Símbolos	XVII
1.Introdução.....	1
2.Infraestruturas Elétricas.....	5
2.1. Cálculos das Potências da Urbanização	6
2.2. Transformador	10
2.3. Posto de Transformação e Seccionamento (PTS).....	12
2.4. Entrada de Média Tensão.....	13
2.4.1.Aparelhagem de Média Tensão	14
2.4.2.Fusível de Proteção de Média Tensão.....	16
2.5.Aparelhagem de Baixa Tensão	17
2.5.1.Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT).....	18
2.6.Proteção dos Circuitos de Baixa Tensão.....	19
2.6.1.Proteção das Saídas	20
2.7.Sistema de Aterramento do PTS.....	21
2.7.1.Terra de Serviço	21
2.7.2.Terra de Proteção	22
2.8.Redes de Distribuição em BT.....	23
2.8.1.Ramais.....	24
2.8.2.Dimensionamento e Rede de Distribuição BT	26
2.8.2.1.Dimensionamento da Rede de Distribuição	26
2.8.2.2.Cabos Elétricos.....	27
2.8.2.3.Proteção Contra Sobrecargas	28
2.8.2.4.Queda de Tensão	29

2.8.2.5. Proteção Contra Curto-Circuito	29
2.8.3. Armários.....	30
2.8.4. Ponto de Entrega de Energia ao Consumidor.....	31
2.8.5. Infraestrutura da Rede de Iluminação Pública	32
2.8.5.1. Dimensionamento da Rede IP	32
2.8.5.2. Candeeiros	34
2.8.5.3. Ligações à Terra	36
2.8.6. Postos de Carregamento de Veículos Elétricos.....	36
3. Infraestruturas de Telecomunicações	41
3.1. Fronteiras ITUR.....	41
3.2. Localização das Infraestruturas ITUR	42
3.3. Dimensionamento da Tubagem	43
3.4. Câmaras de Visita	43
3.4.1. Tipo de CV Utilizada	43
3.5. Tubos	45
3.5.1. Tipos de Tubos	45
3.6. Tubos Envolvidos em Areia ou Pó de Pedra	47
3.7. Tubos Envolvidos em Betão	47
3.8. Armário de Telecomunicações de Urbanização	48
4. Recursos Energéticos Distribuídos.....	51
4.1. Sistema Fotovoltaico e de Armazenamento de Energia	52
4.1.1. Painéis Fotovoltaicos.....	55
4.1.2. Inversor.....	58
4.1.3. Sistema de Armazenamento de Energia.....	59
4.1.4. Resultados Energéticos	60
4.2. Viabilidade Económica.....	61
4.2.1. Valor Atual Líquido	61
4.2.2. Período de Recuperação do Investimento	63
4.2.3. Comentários Finais.....	64
5. Conclusão	67
Referências Bibliográficas.....	69
Anexos.....	75
Anexo 1– Rede Principal	76

Anexo 2 – Rede Distribuição	77
Anexo 3 – Rede de Iluminação Pública	78
Anexo 4 – Cálculos dos Ramais	79
Anexo 5 – Diagrama da Rede de Distribuição.....	80
Anexo 6 – Rede de ITUR	81
Anexo 7 – Estudo DER para Alimentar a Iluminação Pública.....	82

Índice das Figuras

Figura 1 - Representação da Urbanização desenhada em AutoCAD	6
Figura 2 - Esquema do Transformador de Potência 400 KVA.....	10
Figura 3 - Imagem do Transformador de Potência 400 KVA	12
Figura 4 - Posto de Transformação e Seccionamento KIOBLOC [8].....	12
Figura 5 - Planta do Posto de Transformação e Seccionamento	13
Figura 6 - Esquema Tipo BRA 2I+Q	14
Figura 7 - Aparelhagem Modular do Tipo BRA 2I+Q [10]	15
Figura 8 - Fusível 25 A – 30 kV – Tipo GR [12].....	17
Figura 9 - Exemplo de Quadro Geral BT [13].....	18
Figura 10 - Fusíveis de Faca (NH2) [15].....	20
Figura 11 - Aterramento com Eléctrodo [16].....	21
Figura 12 - Terra de Protecção [17]	23
Figura 13 - Vala da Rede Principal	25
Figura 14 - Armários de Distribuição, Tipo W [22].....	30
Figura 15 - Ligação a Partir de Rede Subterrânea [23]	31
Figura 16 - Coluna para Candeeiro IP [25]	34
Figura 17 - Luminária para Candeeiro IP [25]	35
Figura 18 - Carregador Publico de Veículos Eléctricos [28]	37
Figura 19 - Locais de PCVE da Urbanização.....	38
Figura 20 - <i>Esquema ITUR com Ligação a Moradia ITED [31]</i>	41
Figura 21 - Afastamento e Profundidade na Instalação das ITUR [32].	42
Figura 22 - Câmara de Visita CVR1 Pré-fabricada [33]	44
Figura 23 - Câmara de Visita Multifamiliar [34]	44
Figura 24 - Tubo Corrugado de Dupla Face em Vara [35]	45
Figura 25 - Tubo Corrugado de Dupla Face em Rolo [36]	46
Figura 26 - Tritubo PEAD [37]	46
Figura 27 - Bloco de Tubagem Envolvida em Betão [38].....	48
Figura 28 - Armário de Telecomunicações de Exterior [39].....	48
Figura 29 - Local de Instalação da Mini Produção Fotovoltaica.....	52
Figura 30 - Trajeto Solar [41].....	53
Figura 31 - Curvas Mensais de Irradiação e Temperatura.....	54
Figura 32 - Curvas I - V e P - V	57
Figura 33 - Simulação dos Resultados Obtidos com o PVsyst [52].....	62
Figura 34 - Fluxo de Caixa Cumulado [53].....	63
Figura 35 - Balanço de Emissões Co2 [55]	65

Índice das Tabelas

Tabela 1 - Potências da Urbanização.....	7
Tabela 2 - Valores Meteorológicos Mensais - Fonte: NASA-SEE Satélite Data, 1983-2005[42]	54
Tabela 3 - Intervalo de Eficiência e Área Aproximada por kWp Instalado [44].....	56
Tabela 4 - Módulo Fotovoltaico “POLY 285W 72CELLS” [46]	56
Tabela 5 - Modelo Huawei SUN2000-5KTL-L1[48],.....	Erro! Marcador não definido.
Tabela 6 - Bateria Huawei Luna 2000 [49]	59

Siglas e Acrónimos

AC – Corrente Alternada

ANACOM – Autoridade Nacional de Comunicações

ATU – Armário de Telecomunicações de Urbanização

BRA – Base de Reposição Automática

BT – Baixa Tensão

CAS – *Chemical Abstracts Service*

CBU – Cabina Baixa Urbana

CD – Caixa de Distribuição

CV – Câmara de Visita

CVM – Câmara de Visita Multifamiliar

CVR1 – Câmara de Visita Retangular

DC – Corrente Contínua

Dyn5 – Triângulo-estrela com neutro e desfasamento 150°

DGE – Direção-Geral de Energia

ELT – Esquema de ligação à terra

E-REDES – Entidade gestora da rede de distribuição

IFS – Interruptor Fusível com Seccionador

IP – Iluminação Pública

ISM – Interruptor Seccionador Motorizado

ITED – Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios

ITUR – Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações

KIOBLOC – Modelo de cabina compacta de Posto de Transformação (EFACEC)

LAN – *Local Area Network*

LED – *Diode Emitting Light*

Mobi.E – Mobilidade Elétrica (Rede Nacional de Mobilidade Elétrica)

MT – Média Tensão

NP – Norma Portuguesa

PAE – Pedido de Alterações de Elementos

PCL – Pedido de Condições de Ligação

PIP – Pontos de Iluminação Pública

PCVE – Posto de Carregamento de Veículos Elétricos
PEAD – Polietileno de Alta Densidade
PRI – Período de Recuperação do Investimento
PTS – Posto de Transformação e Seccionamento
QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão
RED – Recursos Energéticos Distribuídos
RCD – *Residual Current Device* (Dispositivo de Corrente Residual)
RDEEIP – Regulamento de Desempenho Energético da Iluminação Pública
ROI – Retorno do investimento
RSRDEEBT – Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão
RSSPTS – Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento
RT – Resistência Terra
RTIEBT – Regulamento Técnico das Instalações Elétricas de Baixa Tensão
SF₆ – *Sulphur Hexafluoride*
SM6 – Gama de celas modulares de MT da *Schneider Electric*
SOC – *State of Charge*
TN – Terra Neutro
TRI – Taxa Interna de Rentabilidade
UPAC – Unidade de Produção para Autoconsumo
VAL – Valor Atualizado Líquido
Wi-Fi – Rede Sem Fios

Símbolos

D – Diâmetro do cabo;
F_{máx} – Flecha máxima do cabo;
FR – Força resultante;
I_b – Intensidade de serviço;
I_{cc} – Corrente de curto-circuito;
I_{ccs} – Corrente de curto-circuito no secundário;
I_f – Corrente de fusão do fusível;
I_k – Corrente no trecho k do circuito;
I_n – Corrente nominal;
I_z – Intensidade admissível do cabo;
J – Densidade de corrente admissível;
KP – Coeficiente de potencial do elétrodo;
KR – Coeficiente geométrico do elétrodo;
L – Comprimento do trecho de cabo;
L_k – Comprimento do trecho k;
L_m – Luminância média da via;
P – Potência ativa;
P_i – Potência individual da carga i;
Q – Potência reativa;
R – Resistência do cabo;
RS – Resistência de terra;
S – Secção do condutor / Potência aparente;
SD – Potência de dimensionamento;
ST – Potência total instalada;
T – Temperatura ou tempo, conforme o contexto;
u – Queda de tensão absoluta;
U_c – Tensão composta do sistema;
 α – Coeficiente de correção térmica do condutor;
 ΔU – Queda de tensão;
 ρ – Resistividade elétrica do material.

1.Introdução

O estudo das infraestruturas eletrotécnicas constitui uma etapa fundamental no desenvolvimento de uma urbanização, de forma a assegurar a viabilidade técnica, o cumprimento legal e o bom funcionamento do empreendimento a longo prazo. Este estudo é indispensável para a garantia e segurança, uma vez que a definição adequada das proteções elétricas, dos sistemas de terras, da iluminação pública, das telecomunicações e dos dispositivos de corte e seccionamento minimiza o risco de acidentes, incêndios ou avarias. Por outro lado, a aplicação das normas técnicas em vigor assegura que todas as instalações respeitem os requisitos mínimos de proteção das pessoas e equipamentos.

Ao nível técnico, o estudo permite dimensionar corretamente a rede elétrica, calculando a potência necessária, avaliar simultaneidades, identificar as necessidades do posto de transformação e garantir que a infraestrutura responde às exigências das habitações e dos eventuais espaços comerciais. Uma rede mal dimensionada pode resultar em quedas de tensão, interrupções frequentes, sobrecargas ou custos adicionais em fases posteriores. Este planeamento contribui ainda para uma gestão eficiente dos recursos ao definir traçados, tipos de cabos, equipamentos e proteções o estudo eletrotécnico otimiza quantidades e evita erros ou correções em obra, reduzindo os custos de execução e manutenção. A coordenação com outras especialidades, como redes de águas e saneamento, vias e arranjos exteriores, é igualmente facilitada, para que as várias infraestruturas operem no mesmo espaço sem conflitos. Por outro lado, estes estudos introduzem uma visão estratégica de futuro, integrando aspetos como a mobilidade elétrica, a produção de energia renovável ou a necessidade de expansão da rede. Uma urbanização bem planeada estará preparada para evoluir ao ritmo das exigências energéticas das próximas décadas, aumentando o seu valor e atratividade.

Neste sentido, a execução de projetos de infraestruturas eletrotécnicas urbanas constitui um trabalho tecnicamente exigente, no qual todas as soluções apresentadas devem estar em conformidade com a legislação e regulamentação em vigor. O projeto apresenta o estudo das infraestruturas eletrotécnicas necessárias ao desenvolvimento de uma urbanização composta por moradias, espaços comerciais e PCVE (Pontos de Carregamento de Veículos Elétricos).

Assim, no âmbito da rede de distribuição em BT aplicaram-se os princípios definidos no RSRDEEBT (Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão), bem como as normas técnicas da concessionária E-REDES, entidade responsável pela Rede Nacional de Distribuição de Eletricidade em Portugal. Este documento estabelece critérios de conceção, dimensionamento e exploração das redes públicas de BT.

Relativamente à IP (Iluminação Pública), o estudo luminotécnico foi desenvolvido em conformidade com o RDEEIP (Regulamento de Desempenho Energético da Iluminação Pública), o qual define os requisitos de eficiência energética, níveis de iluminância e uniformidade, garantindo a adoção de soluções que asseguram a qualidade luminosa, a sustentabilidade e otimização do consumo energético.

Para a implantação dos postos de carregamento de veículos elétricos, foi tido em consideração o Módulo Técnico de Instalações Elétricas de Veículos Elétricos CTE64, de modo a garantir a segurança, a compatibilidade técnica e a conformidade legal das infraestruturas.

As infraestruturas de telecomunicações da urbanização foram projetadas de acordo com o Manual ITUR da ANACOM (Autoridade Nacional de Comunicações), garantindo a integração adequada das redes de telecomunicações urbanas e a compatibilidade com as normas de acessibilidade, manutenção e expansão futura.

Em relação à viabilização do sistema fotovoltaico, seguiram-se as recomendações e normas técnicas emitidas pela DGEG (Direção-Geral de Energia e Geologia), garantindo o cumprimento dos requisitos de segurança, eficiência e ligação à rede.

O desenvolvimento do projeto teve por base uma planta de implantação geral, que serviu de suporte à elaboração das peças desenhadas, permitindo o dimensionamento do Posto de Transformação e Seccionamento, da rede de distribuição de BT, da rede de iluminação pública, dos PCVE, da rede ITUR, bem como a análise de viabilidade de um sistema fotovoltaico *on-grid* com armazenamento para alimentação da iluminação pública, no contexto dos RED (Recursos Energéticos Distribuídos).

Na elaboração das peças gráficas recorreu-se ao software AutoCAD, enquanto a simulação e dimensionamento do sistema fotovoltaico foi efetuada com recurso ao programa *PVsys*.

O documento está organizado em cinco capítulos, conforme se descreve a seguir:

O Capítulo 1 – Introdução enquadra o tema em estudo, descreve a metodologia utilizada e define os objetivos do trabalho.

No Capítulo 2 – são abordadas as infraestruturas elétricas, incluindo os cálculos das potências da urbanização e do transformador de MT/BT (Média Tensão/Baixa Tensão), o PTS (Posto de Transformação e Seccionamento), entrada de MT, aparelhagem de BT, proteção de circuitos de BT, sistema de aterramento do PTS e por fim a rede de distribuição da urbanização.

O Capítulo 3 – Infraestruturas de Telecomunicações da urbanização é composto pela fronteira do ITUR, a localização da infraestrutura, o dimensionamento da tubagem, câmaras de visita, tubos e o armário de telecomunicações.

O Capítulo 4 – Recursos Energéticos Distribuídos tem como objetivo, um estudo de viabilidade técnica e económica do sistema fotovoltaico e armazenamento de energia para a iluminação pública da urbanização.

Por fim, o Capítulo 5 – Conclusões sintetiza os principais resultados do estudo das infraestruturas eletrotécnicas, das telecomunicações e dos recursos energéticos distribuídos, avaliando a adequação técnica das soluções adotadas, a sua viabilidade económica e apontando linhas de desenvolvimento futuro.

2. Infraestruturas Eléctricas

As infraestruturas eléctricas constituem um dos elementos fundamentais na conceção e desenvolvimento de qualquer projeto de urbanização, permitindo a distribuição de energia eléctrica em BT de forma eficiente, fiável e segura.

Este capítulo apresenta o estudo detalhado das soluções eletrotécnicas adotadas para a urbanização em análise. O primeiro passo consistiu na elaboração das peças desenhadas de suporte ao projeto, apresentadas no Anexo 1 - Rede Principal BT e Anexo 2 - Rede Distribuição BT, onde se encontram representados o PTS, a rede de distribuição BT, os armários de distribuição e os pontos de entrega aos consumidores.

Relativamente à rede de IP, o estudo teve início nas peças desenhadas incluídas no Anexo 3 - Rede de Iluminação Pública, seguindo-se o respetivo dimensionamento luminotécnico.

Por fim, foram analisados os (Postos de Carregamento de Veículos Eléctricos) PCVE, dimensionados com base no guia técnico português para instalações eléctricas de veículos eléctricos CTE64 [1] e os requisitos específicos da E-REDES [2], entidade responsável pela gestão e exploração da rede pública de distribuição de energia eléctrica.

A urbanização em estudo, representada de seguida na Figura 1, é constituída por 42 lotes, dos quais 40 são destinados a habitações unifamiliares de dois pisos e 2 correspondem a espaços comerciais. Adicionalmente, foram previstos 2 PCVE, estrategicamente distribuídos para garantir acessibilidade no serviço de mobilidade eléctrica.



Figura 1 - Representação da Urbanização desenhada em AutoCAD

2.1. Cálculos das Potências da Urbanização

Para escolher o transformador de potência a instalar na urbanização, é necessário calcular as potências a contratar, assim como os fatores de simultaneidade. A seleção deste equipamento deve garantir que a potência nominal do transformador seja suficiente para responder às necessidades presentes e prever possíveis ampliações futuras.

A tabela 1, indicada abaixo, apresenta a estimativa global das potências elétricas associadas aos diferentes tipos de utilizações previstas na urbanização, discriminando habitações, unidades de comércio, postos de carregamento de veículos elétricos

Tabela 1 - Potências da Urbanização

Lotes / Alimentações	Quantidade Habitação	Potência Unitária (kVA)	Potência Total a Instalar (kVA)	Fator de Simultaneidade Habitação	Potência Total Habitação (kVA)	Quantidade Comércio / Equipamento	Potência Unitária (kVA)	Potência Total Instalada (kVA)	Fator de Simultaneidade Comércio / Equipamento	Potência Total Comércio Equipamento (kVA)	Potência Total (kVA)
1 a 20	20	13,80	276,00	0,32	88,32	----	----	----	----	----	88,32
21	----	----	----	----	----	1	20,70	20,70	0,75	15,52	15,52
22	----	----	----	----	----	1	20,70	20,70	0,75	15,52	15,52
23 a 42	20	13,80	276,00	0,32	88,32	----	----	----	----	----	88,32
PCVE	----	----	----	----	----	2	41,40	82,80	0,75	62,10	62,10
Total	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	269,78

Os resultados dos cálculos das potências totais e do respetivo fator de simultaneidade, permitem determinar o transformador mais adequado a instalar na urbanização, em conformidade com os critérios definidos pelo Regulamento Técnico da E-REDES [3].

De seguida apresentam-se as expressões matemáticas utilizadas no cálculo das potências e dos coeficientes de correção, de forma a possibilitar a compreensão dos valores obtidos.

Potência Total a Instalar:

Para efeitos de dimensionamento das cargas da urbanização, torna-se necessário determinar a potência total instalada associada a cada tipo de utilização. Este valor corresponde à soma das potências unitárias atribuídas às diferentes instalações e constitui a base para os cálculos dos coeficientes de correção e definição da potência a solicitar à rede.

$$P_T = P_u \times N \quad (1)$$

Em que:

P_T = Potência a instalar;

P_u = Potência atribuída a cada instalação;

N = Número total de instalações a considerar.

Para o dimensionamento P_u adotou-se o valor de 13,8 kVA, com as recomendações das RTIEBT [4] que estabelecem a potência mínima em função do número de compartimentos habitáveis. Uma moradia de dois andares enquadra-se tipicamente na

categoria de cinco ou mais compartimentos, o que obriga à aplicação deste valor regulamentar.

Fator de simultaneidade a aplicar à potência total associada às habitações:

O coeficiente de correção aplicado à potência total das habitações segue a expressão recomendada pela RSRDEEBT, que combina um termo fixo de 0,2, representativo do consumo mínimo permanente, com um termo variável de 0,8, associado aos usos ocasionais dos equipamentos domésticos. Este último é progressivamente reduzido em função do número total de habitações, refletindo a menor probabilidade de utilização simultânea em todo o conjunto.

$$F_sHab = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{T.Hab}} \quad (2)$$

Em que:

F_sHab = Fator de Simultaneidade das Habitações;

0,2 = Valor fixo que representa o consumo mínimo garantido;

0,8 = Fator que vai sendo diluído pelo número de habitações;

$T.Hab$ = Número total de habitações.

Fator de simultaneidade a aplicar à potência total dos espaços comerciais e equipamentos:

O Fator de simultaneidade aplicado à potência total dos espaços comerciais e equipamentos é determinado de acordo com as orientações das RSRDEEBT, que recomendam a utilização de uma expressão baseada num termo fixo de 0,5, o qual representa o nível mínimo de consumo que estes espaços tendem a apresentar mesmo em condições de baixa atividade, garantindo que o dimensionamento não desconsidera a carga permanente típica associada a equipamentos essenciais.

$$F_sC,E = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{C,E}} \quad (3)$$

Em que:

F_sC,E = Fator de simultaneidade dos espaços comerciais e equipamentos;

0,5 = Valor fixo que representa o consumo mínimo garantido;

0,5 = Fator que vai sendo diluído pelo número de espaços comerciais e equipamentos;
 C, E = Número total de espaços Comerciais/Equipamentos.

Potência total corrigida da urbanização:

A potência total corrigida da urbanização resulta da combinação das diferentes tipologias de utilização previstas, nomeadamente habitações, espaços comerciais/equipamentos e postos de carregamento de veículos elétricos. Cada grupo possui potência unitária e o fator de simultaneidade próprio, pelo que a potência global é obtida pela soma das respetivas parcelas corrigidas. Esta abordagem assegura que o valor final reflita de forma realista o comportamento das cargas, permitindo dimensionar adequadamente as infraestruturas elétricas da urbanização.

$$P_{corr} = (P_{u,Hab} * N_{Hab} * F_{s,Hab}) + (P_{u,CE} * N_{CE} * F_{s,CE}) + (P_{u,PCVE} * N_{PCVE} * F_{s,CE}) \quad (4)$$

Em que:

P_{corr} = Potência Corrigida Prevista para a Urbanização;

$P_{u,Hab}$ = Potência unitária das habitações;

N_{Hab} = Número de habitações;

$F_{s,Hab}$ = Fator de simultaneidade das habitações;

$P_{u,CE}$ = Potência unitária dos espaços comerciais/equipamentos;

N_{CE} = Número de espaços comerciais/equipamentos;

$F_{s,CE}$ = Fator de simultaneidade dos espaços comerciais/equipamentos;

$P_{u,PCVE}$ = Potência unitária por PCVE;

N_{PCVE} = Número de postos de carregamento;

$F_{s,CE}$ = Fator de simultaneidade dos PCVE.

Com base nos cálculos realizados, apurou-se que a potência total já com o fator de simultaneidade da urbanização corresponde a 269,79 kVA. Contudo, a seleção do transformador não se limitou a este valor. Pois é necessário guardar uma reserva técnica de potência significativa que permita acomodar futuras expansões de carga. Considerando que o transformador de 315 kVA, tem uma folga técnica de 14 %, e esta a abaixo dos 20 % recomendados, então optou se por um transformador de 400 kVA, pois possui uma

folga de 33%, garantindo a fiabilidade do sistema elétrico, a estabilidade operacional e a capacidade de resposta a reforços de potência que possam ocorrer durante a exploração da urbanização.

2.2. Transformador

O transformador de potência constitui o órgão principal do PTS, sendo responsável pela adaptação dos níveis de tensão entre a rede de MT e a rede de BT da urbanização.

No caso em estudo foram consideradas as características técnicas do transformador de 400 kVA selecionado para a instalação, de modo a garantir o cumprimento dos critérios de dimensionamento definidos pela DMA-C62-801N da E-REDES.

A tensão nominal no primário é de 30 kV, valor compatível com a rede de MT de alimentação da zona, enquanto a tensão nominal no secundário é de 420 V (fase-fase) em vazio, assegurando 400 V em carga.

O equipamento dispõe ainda de *taps* de regulação no enrolamento primário, com variações de $\pm 2,5\%$ e $\pm 5\%$, permitindo o ajuste da tensão de saída em função das flutuações de tensão verificadas na rede de MT, este procedimento é executado com o transformador em vazio.

A Figura 2 representa o esquema unifilar do transformador, elaborado em AutoCAD, no qual se identificam as principais ligações e elementos constituintes do sistema.

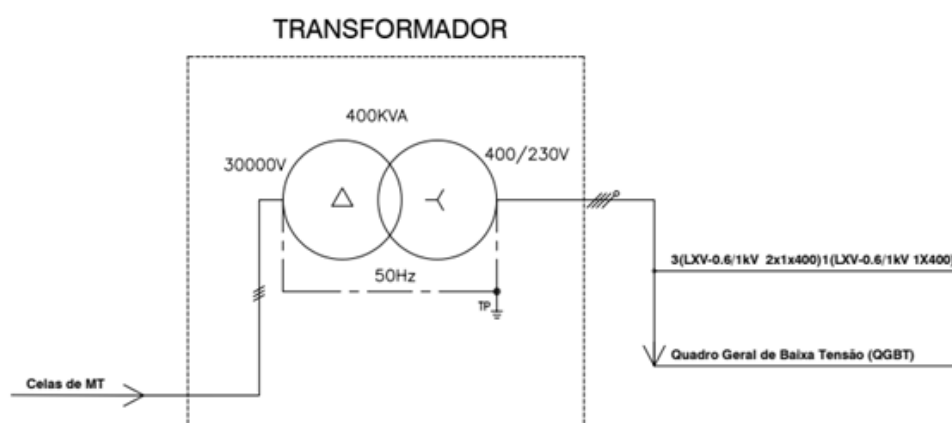


Figura 2 - Esquema do Transformador de Potência 400 KVA

Para determinarmos a tensão de curto-circuito (U_{cc}), considera-se a percentagem da tensão nominal do primário que deve ser aplicada ao transformador, com o secundário em curto-circuito, de forma que circule a corrente nominal no enrolamento secundário. Nos transformadores de distribuição, este valor situa-se habitualmente entre 3% e 10%, dependendo da potência e do modelo. No presente projeto, a tensão de curto-circuito adotada é de 4,5%, garantindo uma limitação adequada da corrente de defeito e assegurando a compatibilidade com os dispositivos de proteção instalados a jusante. Este parâmetro encontra-se estabelecido de acordo com os critérios de projeto e ensaio definidos na IEC 60076 [5].

O grupo de ligação adotado é o Dyn5, conforme a norma IEC 60076, solução utilizada neste tipo de casos. Este grupo apresenta enrolamento em triângulo no primário e enrolamento em estrela com neutro acessível no secundário, possibilitando uma referenciação eficaz à terra e assegurando o equilíbrio das tensões fase-fase e fase-neutro na rede de baixa tensão.

A nível de isolamento, o transformador cumpre integralmente os ensaios estabelecidos na norma IEC 60076-3, que define os requisitos de impulso suportável e de frequência industrial aplicáveis aos transformadores de distribuição.

- 125 kV para a onda de choque de 1,2/50 μ s;
- 50 kV a 50 Hz durante 1 minuto.

Estes valores garantem a robustez dielétrica do equipamento e a resistência a sobretensões transitórias de origem atmosférica ou de manobra.

O transformador é refrigerado de forma natural, em banho de óleo mineral isolante da marca Merlin Gerin, garantindo uma dissipação térmica eficaz e a proteção dos enrolamentos contra sobreaquecimento e envelhecimento prematuro.

Está ainda equipado com termómetro bimetálico com dois contactos (alarme e disparo), destinado à proteção térmica e ao acionamento de medidas de segurança sempre que os limites de temperatura admissíveis sejam ultrapassados, em conformidade com as NP (Normas Portuguesas) 443 e NP 2627 [6].

Na Figura 3 apresenta-se o transformador de 400 kVA seleccionado para a urbanização, ilustrando a solução adotada no âmbito dos cálculos desenvolvidos.



Figura 3 - Imagem do Transformador de Potência 400 KVA

2.3. Posto de Transformação e Seccionamento (PTS)

O PTS previsto para a urbanização foi concebido para desempenhar também funções de seccionamento. A solução adotada corresponde a uma cabine baixa da Merlin Gerin, modelo KIOBLOC, constituída por um edifício pré-fabricado em betão armado compacto, pré-fabricado do tipo EHCP3TD1, apresentando dimensões de 3760 mm por 2500 mm e uma altura útil de 3300 mm, como podemos verificar na Figura 4.



Figura 4 - Posto de Transformação e Seccionamento KIOBLOC [8]

O acesso à instalação fica restrito ao pessoal credenciado da empresa distribuidora, sendo que as fechaduras das portas são fornecidas pela própria entidade.

O modelo KIOBLOC apresenta-se como uma solução chave na mão, com acabamentos exteriores concebidos para se integrarem no meio envolvente.

Este tipo de posto é montado em fábrica, incluindo todos os equipamentos necessários na sua implantação, que reduzem o tempo de instalação em obra.

A estrutura é pré-fabricada em betão armado B30 e aço A500, moldada especificamente para este fim. A cabine é exclusivamente dedicada à instalação eletrotécnica e encontra-se homologada pela DGEG. O acesso à instalação é realizado através de duas portas metálicas, ambas equipadas com fechaduras de segurança, uma destinada à zona de exploração e outra para acesso ao compartimento do transformador.

A Figura 5 representa o PTS desenhado em AutoCAD.

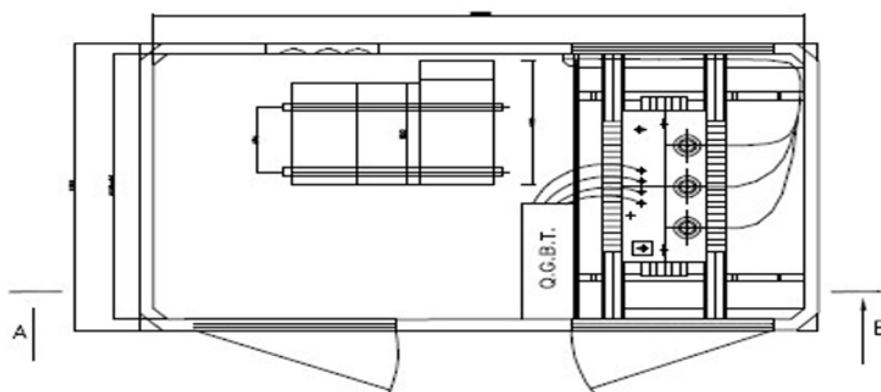


Figura 5 - Planta do Posto de Transformação e Seccionamento

2.4. Entrada de Média Tensão

A alimentação elétrica da urbanização será efetuada através de uma rede de MT de 30 kV, com frequência nominal de 50 Hz, explorada pela empresa distribuidora E-REDES. A entrada da rede no PTS será do tipo subterrâneo, garantindo maior segurança, fiabilidade e integração paisagística no espaço urbano.

A potência de curto-circuito máxima disponível na rede da E-REDES, no ponto de alimentação do PTS, é de 350 MVA. Este valor serve de referência para o

dimensionamento das células de proteção e seccionamento, bem como para a verificação da capacidade de interrupção dos equipamentos de média tensão instalados.

2.4.1. Aparelhagem de Média Tensão

Para a proteção e manobra do transformador da rede de MT será utilizada aparelhagem modular, nomeadamente o (Base de Reposição Automática) BRA 2I+Q da *Schneider Electric*. Trata-se de uma aparelhagem compacta, concebida para aplicações em postos de transformação. O equipamento de MT é constituído por celas que incluirão as funções de IS(M) de 36 kV – IS(M) = (Interruptor Seccionador Motorizado) – e uma função IFS de 36 kV (Interruptor Fusível com Seccionador).

Na Figura 6, desenhada em AutoCAD, podemos visualizar o esquema da aparelhagem de média tensão.

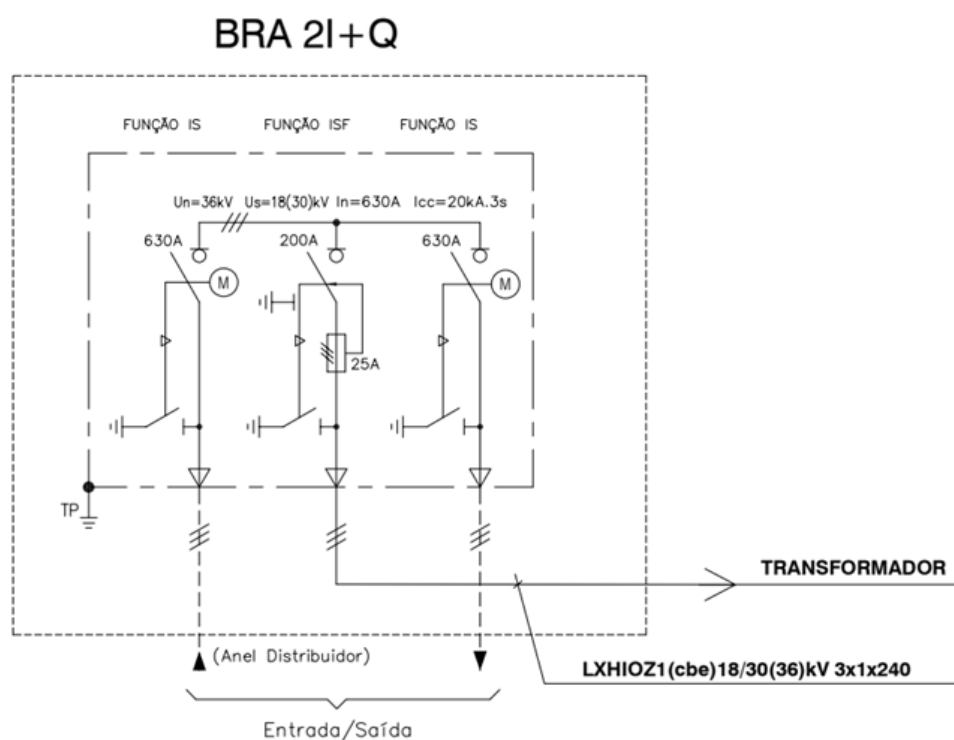


Figura 6 - Esquema Tipo BRA 2I+Q

Toda a estrutura encontra-se encapsulada num invólucro metálico selado, preenchido com gás isolante SF₆ a baixa pressão, garantindo uma elevada fiabilidade de funcionamento e reduzindo a necessidade de manutenção.

Este equipamento cumpre as normas IEC 62271-200 [9], que estabelecem os requisitos de desempenho, construção e segurança para aparelhagens de média tensão com invólucro metálico.

A intensidade nominal das células de entrada e do disjuntor é de 630 A, enquanto na cela equipada com fusíveis o valor nominal é de 200 A, para a proteção do transformador contra defeitos internos ou sobrecargas.

A Figura 7 apresenta a aparelhagem modular do tipo BRA 2I+Q, conforme projetado para o PTS da urbanização, ilustrando a disposição funcional das celas de entrada, de seccionamento e de proteção do transformador.



Figura 7 - Aparelhagem Modular do Tipo BRA 2I+Q [10]

A aparelhagem modular do tipo BRA 2I+Q da *Schneider Electric*, utilizada no PTS, integra duas células de interrupção destinadas ao fecho em anel da rede de média tensão e uma célula com fusível para proteção do transformador de potência contra curtos-circuitos.

2.4.2. Fusível de Proteção de Média Tensão

O valor nominal do fusível deve ser suficiente para suportar a corrente de serviço contínuo do transformador, bem como as correntes transitórias associadas ao seu arranque, mas o suficiente sensível para interromper rapidamente a corrente de curto-circuito, limitando os efeitos térmicos e eletrodinâmicos sobre os equipamentos.

Equação para calcular a corrente nominal do lado da MT:

A corrente nominal no lado de média tensão determina-se a partir da potência aparente do transformador e da tensão do respetivo enrolamento, recorrendo à expressão convencional para sistemas trifásicos equilibrados. Esta relação permite obter a intensidade de corrente que o equipamento deverá suportar em regime permanente, constituindo um parâmetro fundamental para o dimensionamento das proteções e da aparelhagem associada.

$$I_{MT} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (5)$$

Em que:

I_{MT} = Intensidade de corrente de MT;

S = Potência aparente do transformador;

U = Tensão do lado de média tensão;

$\sqrt{3}$ = Coeficiente para sistemas trifásicos equilibrados.

De acordo com a norma IEC 60282-1 [11], para fusíveis de MT do tipo GR, destinados à proteção integral, aplica-se um fator de sobredimensionamento típico de 1,6 relativamente à corrente nominal do transformador.

$$I_{calc} = k \cdot I_{MT} \quad (6)$$

Em que:

I_{calc} = Corrente de referência para seleção do fusível;

k = Fator de correção para considerar corrente de magnetização e pequenas sobrecargas
1,6;

I_{MT} = Corrente nominal no lado de média tensão.

De acordo com os calibres normalizados disponíveis no mercado, selecionou-se o valor superior I_{calc} , o que leva à escolha de um fusível HH (*High-High*), o que indica, que o fusível é de alta capacidade de interrupção e de MT, de 30 kV com calibre de 25 A.

A Figura 8 ilustra um fusível 25A - 30KV.



Figura 8 - Fusível 25 A – 30 kV – Tipo GR [12]

2.5. Aparelhagem de Baixa Tensão

A aparelhagem de BT tem como principal função garantir a distribuição segura e eficiente da energia elétrica para os diversos circuitos e equipamentos da instalação. Esta aparelhagem, existente no QGBT equipado com barras de cobre dimensionadas para a corrente nominal do transformador e instalado no interior do PTS, é constituída essencialmente por seccionador geral tripolar, fusíveis e relés de proteção.

O conjunto de aparelhagem BT é regulado pelo RSRDEEBT e pelas Normas Técnicas da E-REDES nomeadamente pela DMA-C62-801N, de forma a tornar a instalação segura e acessível para facilitar a sua manutenção.

2.5.1. Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT)

O QGBT do PTS é um quadro de distribuição em invólucro metálico, instalado na cabina de baixa tensão, como podemos verificar, de seguida, na Figura 9. O QGBT é projetado de acordo com as orientações técnicas da DGEG para Postos de Transformação em Cabina Baixa dos tipos CBU (Cabina Baixa Urbana).



Figura 9 - Exemplo de Quadro Geral BT [13]

No QGBT, a tensão suportável de curta duração, em relação à massa de todo o material integrante da aparelhagem BT, deve ser superior ao produto da RT (Resistência de Terra) a multiplicar pela I_{cc} (Corrente de Curto-Circuito), de forma a garantir a segurança elétrica e a integridade do sistema perante eventuais falhas ou sobretensões transitórias.

Com os valores de RT e de I_{cc} obtém-se a tensão mínima suportável, que corresponde ao valor mínimo de isolamento que os equipamentos e materiais devem garantir para assegurar a sua integridade e a segurança da instalação.

No QGBT, a tensão estipulada é de 400 V, correspondendo ao nível normalizado de alimentação das redes de distribuição em BT. O interruptor geral e o barramento principal são concebidos para uma tensão nominal de 1000 V, garantindo uma margem de isolamento adequada e compatível com as condições de exploração. As saídas do quadro,

destinadas à alimentação dos circuitos de distribuição, apresentam correntes nominais de 315 A até 60 A, conforme a potência dos circuitos alimentados.

2.6. Proteção dos Circuitos de Baixa Tensão

Após a apresentação do QGBT, procede-se à realização dos cálculos necessários para a determinação da I_{cc} . Este valor é fundamental para o dimensionamento e verificação dos equipamentos de baixa tensão, uma vez que define a capacidade de corte mínima exigida aos dispositivos de proteção, bem como a resistência térmica e mecânica dos condutores e barramentos instalados no quadro.

Intensidade de corrente nominal BT:

Para chegar ao valor da corrente de curto-circuito de BT é necessário, primeiramente, efetuar o cálculo da corrente nominal através da seguinte expressão conforme o Manual de Ligações à Rede [14].

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_c} \quad (7)$$

Em que:

I_n = Corrente nominal;

S = Potência aparente;

U_c = Tensão composta;

$\sqrt{3}$ = Fator da relação trifásica.

Corrente de curto-circuito BT:

A corrente de curto-circuito no lado de BT do transformador obtém-se através da relação entre a corrente nominal com a tensão de curto-circuito. Este valor permite determinar o esforço elétrico e térmico que os cabos e equipamentos terão de suportar quando ocorre um curto-circuito. Esta verificação é essencial para garantir que o dimensionamento dos ramais cumpre os requisitos definidos no Manual de Ligações à Rede Elétrica em BT/MT da E-REDES.

$$I_{ccBT} = \frac{I_n}{U_{cc}(\%)} \times 100 \quad (8)$$

Em que:

I_n = corrente nominal;

$U_{cc}(\%)$ = tensão de curto-circuito do transformador (%);

I_{ccBT} = corrente de curto-circuito de BT.

Conhecidas as intensidades de corrente no QGBT (a corrente nominal e a corrente de curto-circuito no barramento) pode-se avançar para o dimensionamento das proteções dos circuitos de saída.

2.6.1. Proteção das Saídas

A proteção dos circuitos de saída do QGBT será efetuada através de fusíveis do tipo NH2, selecionados de acordo com a secção dos cabos e as características de cada circuito. Estes dispositivos asseguram a interrupção da corrente elétrica em caso de sobrecargas ou curto-circuitos, contribuindo para a segurança da instalação e a integridade dos equipamentos. O dimensionamento dos fusíveis encontra-se detalhado no Anexo 4 - Cálculo da rede BT, onde se apresentam os valores estipulados em função da corrente nominal de cada ramal.

A título ilustrativo, na Figura 10, podemos visualizar um fusível normalmente utilizado para proteção de um ramal principal.



Figura 10 - Fusíveis de Faca (NH2) [15]

2.7.Sistema de Terras do PTS

O sistema de aterramento do PTS é composto por dois circuitos distintos: o circuito de terra de serviço e o circuito de terra de proteção. O circuito de terra de serviço assegura a ligação do ponto neutro do enrolamento secundário do transformador à terra, estabelecendo a referência do sistema de baixa tensão num regime de neutro do tipo TN (Terra Neutro). O circuito de terra de proteção, por sua vez, garante a ligação de todas as massas metálicas acessíveis do posto, incluindo celas, invólucros, portas, armações e carcaças, assegurando a proteção das pessoas contra contactos indiretos.

2.7.1.Terra de Serviço

Ao circuito da terra de serviço BT será ligado o neutro do transformador. Este circuito será ligado, através de um ligador amovível, como é demonstrado na figura 11, e ao elétrodo de terra no exterior por um condutor isolado com um isolamento de 1 kV. O elétrodo de terra de serviço será instalado a uma distância mínima de 20 m do elétrodo de terra de proteção.

O elétrodo de terra de serviço será constituído por um conjunto de 4 varetas de cobre nu de 2 m, as varetas serão interligadas através de um condutor de cobre nu de secção 35 mm², enterrado a uma profundidade de 0,8 m. A disposição relativa das varetas não é relevante desde que a distância mínima entre qualquer uma delas seja de 4 m.



Figura 11 - Aterramento com Elétrodo [16]

Resistência de terra (R_S) de um elétrodo de terra :

A resistência de terra do elétrodo é obtida pelo produto entre o coeficiente geométrico do elétrodo e a resistividade do solo, permitindo caraterizar a capacidade do sistema em dissipar correntes de defeito de forma segura.

$$R_S = K_R \times \rho_T \quad (9)$$

Em que:

R_S = Resistência de terra do elétrodo;

K_R = Coeficiente geométrico do elétrodo;

ρ_T = Resistividade do solo, em $\Omega \cdot m$ determinada em função do tipo de solo e profundidade.

Este parâmetro é essencial na verificação do desempenho do sistema de terras associado ao posto de transformação e às instalações de BT da urbanização, garantindo conformidade com os critérios de segurança e operacionalidade definidos pelas RSRDEEBT (Portaria n.º 949-A/2006, DGEG).

2.7.2. Terra de Proteção

O interior da cabine do PTS será percorrido por uma barra de cobre nu, fixa nas paredes, com secção não inferior a 50 mm².

A esta barra serão ligadas as seguintes massas metálicas:

- Carcaça do transformador de potência;
- Circuito de terra do quadro de baixa tensão;
- A malha metálica do piso, das paredes e dos degraus de entrada da cabine;
- As grelhas de ventilação e as portas;
- Todas as peças metálicas que normalmente não estejam em tensão, mas possam vir a estar como consequência de avarias.

A barra cobre nu será ligada ao terminal geral da terra de proteção da cabine. Este terminal, amovível, é ligado ao elétrodo de terra no exterior através de um condutor

isolado, com isolamento de 1 kV, de secção não inferior a 50 mm², enterrado e protegido contra eventuais ações mecânicas.



Figura 12 - Terra de Proteção [17]

O elétrodo de terra será constituído por um anel de cabo de cobre nu. Este anel será colocado a 0,8 m de profundidade e a uma distância horizontal aproximada de 1 m das paredes da cabine. A este anel serão solidamente ligados, quatro elétrodos de vareta de cobre com 2 m de comprimento e 20 mm de diâmetro, enterrados verticalmente a 0,8 m. Estes serão dispostos ao longo do anel, um por cada lado da cabine, e com uma separação entre eles de aproximadamente 4 m. Deverá ser prevista a disponibilidade de terreno necessária à instalação deste elétrodo.

2.8. Rede de Distribuição em BT

O estudo da rede de distribuição BT analisa a rede principal (anexo 1), a rede de distribuição (anexo 2), as valas e travessias, sendo realizado o dimensionamento das respetivas canalizações elétricas. Também são aqui abordados os armários de distribuição e os pontos de entrega da energia (portinholas). A rede de distribuição projetada baseia-se no tipo de instalação subterrânea, para uma maior proteção contra agentes externos e uma redução do impacto visual.

2.8.1. Ramais

De seguida é descrita a configuração das características técnicas dos ramais principais, do ramal de distribuição da rede de baixa tensão e das travessias dos arruamentos.

Rede principal

A rede principal de distribuição será constituída por cabos de alumínio do tipo LVAV¹ Unipolar de 0,6/1 kV, com isolamento em XLPE e armadura metálica de fios de alumínio, aptos para enterramento direto em vala.

A vala da rede principal tem uma profundidade mínima de 0,80 m e largura entre 0,40 m e 0,60 m, consoante o número de cabos a instalar. O fundo será regularizado e coberto com 10 cm de areia lavada, sobre a qual os cabos serão assentes diretamente.

Após a instalação, os cabos serão recobertos com mais 10 cm de areia fina, colocada fita sinalizadora vermelha com a inscrição “Rede Elétrica BT”, e posteriormente feita a compactação com o material da abertura da vala.

A Figura 13, desenhada em AutoCAD, que apresentamos de seguida, demonstra a constituição típica de uma vala de instalação de cabos de BT.

¹ L – Cabo de baixa tensão

V – Isolamento em XLPE (polietileno reticulado)

A – Condutor em alumínio

V – Capa externa em PVC

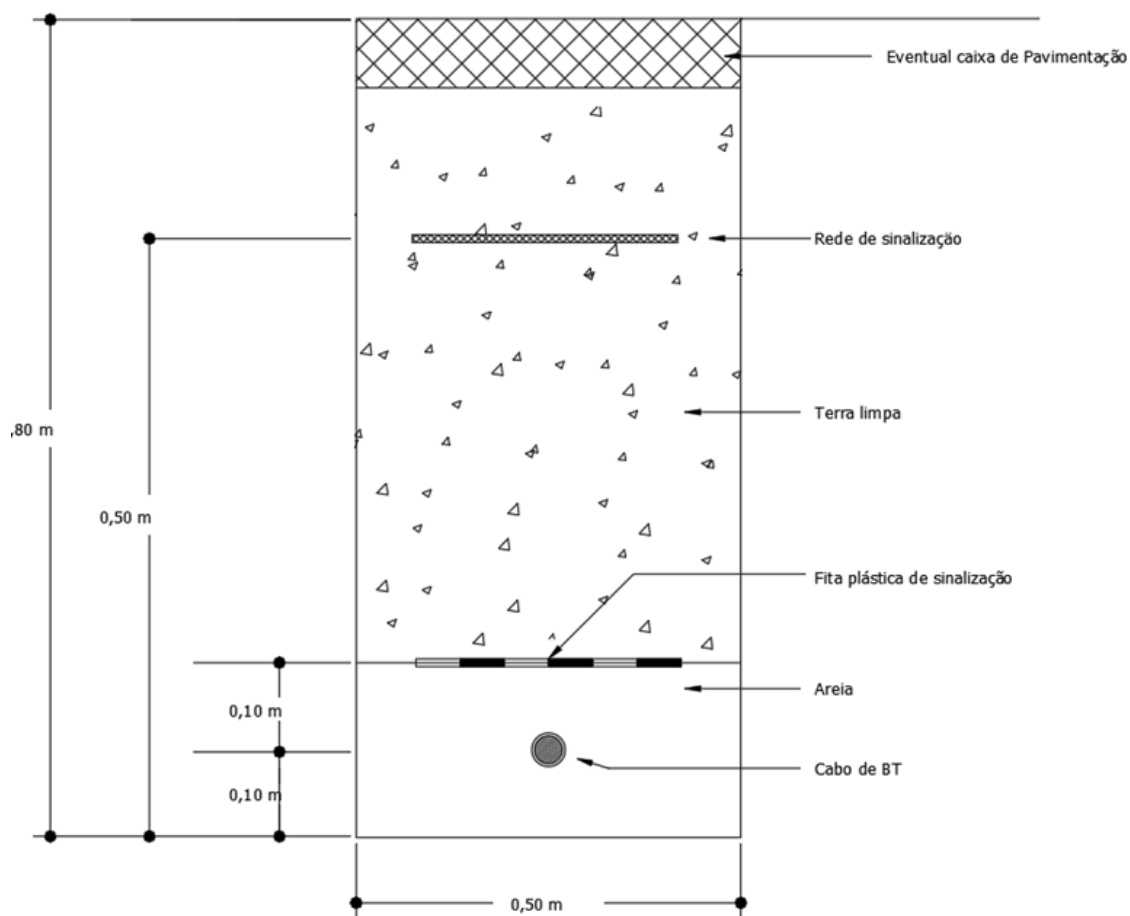


Figura 13 - Vala da Rede Principal

Rede de distribuição

Para a rede de distribuição foram aplicados cabos de alumínio LSVAV² 0,6/1 kV, isolados a XLPE, sem armadura, instalados em tubagem corrugada de PEAD DN 90 mm, cor vermelha, com resistência mínima de 6 kN/m², conforme a EN 61386-24.

As tubagens serão assentes em vala com profundidade mínima de 0,70 m, apoiadas sobre leito de areia de 10 cm e cobertas com igual espessura de areia fina.

Será colocada fita sinalizadora vermelha sobre o recobrimento e efetuado o enchimento e compactação final do terreno, conforme as normas aplicáveis da E-REDES [18].

² L – Cabo para baixa tensão (Low voltage)

S – Isolamento em XLPE (polietileno reticulado)

V – Capa interior em PVC

A – Condutor em alumínio

V – Capa exterior também em PVC

Nas travessias dos arruamentos e vias rodoviárias, as canalizações elétricas subterrâneas serão executadas com profundidade mínima de 1,00 m, garantindo a devida proteção mecânica contra cargas de tráfego e vibrações. Os cabos elétricos serão instalados em tubos de PVC rígido de parede espessa, classe de resistência mínima de 6 kg/cm², com diâmetro nominal de 125 mm.

Estes tubos apresentam elevada resistência à compressão e ao impacto, sendo colocados em vala com leito e recobrimento em areia lavada com uma altura mínima de 10 cm e sinalizados com fita de advertência vermelha. Esta configuração assegura proteção reforçada das canalizações, durabilidade e manutenção futura dos cabos, conforme o Regulamento Técnico da E-REDES [19].

2.8.2. Dimensionamento e Rede de Distribuição BT

O dimensionamento dos ramais disponível no Anexo 4 e o diagrama da rede de distribuição BT - Anexo 5 demonstram a configuração geral da rede da urbanização e o respetivo dimensionamento técnico das canalizações elétricas. O diagrama apresenta a estrutura unifilar da rede de BT, desde o PTS até às ligações individuais dos lotes, permitindo compreender a distribuição das cargas e a interligação entre os pontos de entrega de energia ao consumidor.

A tabela associada (Anexo 4) complementa o diagrama, reunindo os principais parâmetros e cálculos de dimensionamento dos ramais, nomeadamente o tipo e secção dos cabos, os comprimentos, as correntes de serviço e as quedas de tensão.

2.8.2.1. Dimensionamento da Rede de Distribuição

Para o dimensionamento da rede de distribuição seguiram-se os critérios definidos pela seguinte regulamentação :

Regulamento de segurança de redes de distribuição de baixa tensão (RSRDBT)

O Decreto-Regulamentar n.º 90/84, de 26 de dezembro, emitido pelo então Ministério da Indústria e Energia, estabelece as condições de segurança aplicáveis às redes públicas de distribuição em BT, definindo requisitos para condutores, apoios, isoladores, sistemas de

terras e zonas de proteção, sendo de cumprimento obrigatório pela E-REDES e restantes concessionárias.

Determinações da empresa distribuidora E-REDES

Os manuais técnicos e fichas de ligação emitidos pela E-REDES complementam os regulamentos nacionais ao estabelecer condições específicas para a ligação às redes de distribuição, incluindo critérios de proteção, normalização de condutores, identificação de cabos, características dos quadros de ligação e requisitos de ensaio.

Os documentos operacionais mais relevantes são o manual de ligações à rede em BT/MT e as fichas associadas aos pedidos de condições, como PCL de BT (Pedido de Condições de Ligação) e o PAE (Pedido de Alterações de Elementos), que servem de base para qualquer projeto que precise entrar no ecossistema da distribuidora sem gerar conflitos técnicos desnecessários.

2.8.2.2. Cabos Elétricos

Os cabos instalados na rede de distribuição subterrânea são armados, destinados a tensões de serviço de 0,8/1,2 kV, conforme os padrões em vigor na Rede Elétrica de Serviço Público (RESP). Para o presente projeto foram considerados os cabos do tipo LVAV $3 \times 185 + 95 \text{ mm}^2$, para os ramais principais e LSVAV $4 \times 16 \text{ mm}^2$ para os ramais secundários, garantindo adequada capacidade de condução e resistência mecânica.

Os cabos seguem a codificação cromática definida na Norma Portuguesa NP 917, sendo o revestimento exterior de cor preta.

2.8.2.3. Proteção Contra Sobrecargas

De acordo com as disposições regulamentares aplicáveis, a corrente de serviço admissível de um cabo subterrâneo deve ser sempre inferior ou, no máximo, igual à corrente nominal do dispositivo de proteção do fusível que assegura a sua salvaguarda contra sobreintensidades e, assim, contra sobreaquecimento.

A proteção dos condutores contra sobreintensidades deve respeitar as relações definidas pelas condições apresentadas abaixo, garantindo simultaneamente a segurança térmica e o correto funcionamento da instalação.

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (10)$$

A condição (10) é a relação entre a corrente de serviço, a corrente nominal do dispositivo de proteção e a capacidade de condução do cabo.

A segunda condição a aplicar assegura que o dispositivo de proteção atue antes que o condutor atinja temperaturas perigosas em caso de sobreintensidades:

$$I_2 \leq 1.45 I_Z \quad (11)$$

Estas expressões garantem que o sistema de proteção e os cabos subterrâneos operem dentro dos limites estabelecidos pelas RTIEBT, prevenindo danos por sobreaquecimento e assegurando a durabilidade da instalação.

$$I_b = \frac{S_D}{\sqrt{3} \times U} \quad (12)$$

Em que:

I_b = É a corrente de serviço do circuito;

S_D = Potência de dimensionamento;

U = Tensão entre fases.

2.8.2.4. Queda de Tensão

De acordo com as RSRDEEBT (Decreto-Regulamentar n.º 90/84) [20], a queda de tensão entre a origem da rede e qualquer ponto de utilização não deve exceder 4,5 % da tensão nominal. Este limite assegura o correto funcionamento dos equipamentos, evitando perdas excessivas de energia, aquecimento dos condutores e a diminuição da eficiência global da instalação.

2.8.2.5. Proteção Contra Curto-Circuito

As condições que asseguram a proteção contra curto-circuitos, previstas no Artigo 130 do Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão (Decreto-Regulamentar n.º 90/84, de 26 de dezembro), são verificadas através das condições (13) e (14) e da equação (15), que relacionam o tempo de atuação das proteções (t_{ap}) com o tempo associado à resistência térmica admissível dos condutores (t_{ft}).

$$t_{ap} \leq t_{ft} \quad (13)$$

A condição anterior impõe que o tempo de atuação do dispositivo de proteção deva ser inferior ou igual ao tempo máximo de resistência térmica do condutor.

$$t_{ap} \leq 5 \text{ s} \quad (14)$$

A condição (14) impõe o tempo máximo de atuação não deva ultrapassar 5 segundos, valor definido como limite regulamentar para condutores de BT.

$$I_{cc} = \frac{kS}{\sqrt{t_{ap}}} \quad (15)$$

Em que:

t_{ap} = Tempo de atuação do dispositivo de proteção (s);

kS = Constante térmica do material do condutor;

I_{cc} = Intensidade de corrente mínima de curto-circuito;

S = Secção do condutor de proteção.

A equação (15) expressa a relação térmica entre a corrente de curto-circuito, a secção do condutor e o tempo de atuação da proteção, permitindo avaliar se o condutor suporta termicamente a energia libertada durante o defeito.

2.8.3. Armários

Os armários de distribuição a instalar serão do tipo PLD-88/1, fabricados pela empresa HIMEL, construídos em poliéster reforçado a fibra de vidro, de acordo com a especificação DMA-C62--801/N. Este tipo de material confere elevada resistência mecânica, durabilidade em ambiente exterior e excelente comportamento dielétrico, garantindo a proteção adequada dos componentes elétricos em condições normais de exploração [21].

Cada armário foi identificado nas peças desenhadas, sendo do Tipo W, como podemos visualizar na Figura 14.

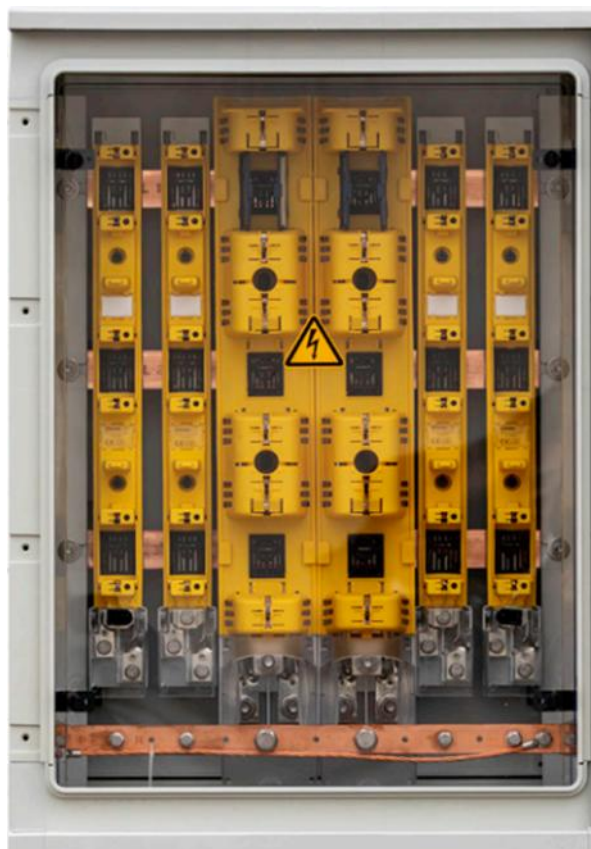


Figura 14 - Armários de Distribuição, Tipo W [22]

No interior de cada armário de distribuição do tipo W está prevista a instalação de cinco circuitos de distribuição, devidamente organizados e protegidos. A configuração interna

é composta por dois triblocos de tamanho 02 e quatro triblocos de tamanho 00. Os triblocos de tamanho 02 destinam-se à ligação de circuitos com maiores exigências de corrente, sendo utilizados normalmente para os alimentadores principais ou para cargas de elevada potência. Já os triblocos de tamanho 00 são utilizados na ligação de circuitos de menor potência ou ramais de derivação.

2.8.4. Ponto de Entrega de Energia ao Consumidor

O ponto de entrega (i.e., a portinhola) é o local onde ocorre a transição da responsabilidade da instalação elétrica da E-REDES (entidade distribuidora) para o consumidor ou entidade promotora.

Este ponto define o limite técnico e jurídico entre a rede pública de distribuição e a instalação elétrica particular, assumindo um papel fundamental na conceção, exploração e manutenção das infraestruturas elétricas de uma urbanização.



Figura 15 - Ligação a Partir de Rede Subterrânea [23]

A disposição destes elementos da instalação elétrica, como ilustrado anteriormente na Figura 15, é a seguinte:

- A Caixa de Contagem (A), acessível pelo exterior da habitação, assegura a medição e a fiscalização do consumo;
- A Portinhola (B) garante o acesso direto a partir da via pública, facilitando a leitura e a intervenção técnica por parte da E-REDES;
- O Armário de Distribuição de Baixa Tensão (K) constitui o ponto de derivação e seccionamento da rede pública para os diferentes ramais de ligação.

2.8.5. Infraestrutura da Rede de Iluminação Pública

A rede de IP constitui uma das infraestruturas essenciais de qualquer urbanização, desempenha um papel determinante na segurança rodoviária, no conforto dos utilizadores e na valorização estética dos espaços urbanos.

2.8.5.1. Dimensionamento da Rede IP

A rede de distribuição de IP tem como ponto de partida o QGBT, que está instalado no posto de transformação, e termina nos postes de iluminação utilizados na urbanização. O projeto da rede de IP é desenvolvido em conformidade com o RDEEIP (Regulamento de Desempenho Energético da Iluminação Pública) e com a Norma Europeia EN 13201 [24], que definem os critérios luminotécnicos e energéticos. As luminárias e respetivos acessórios são selecionados de modo a proporcionar uma iluminação eficaz, com baixo consumo energético e reduzidas necessidades de manutenção.

É necessário assegurar que as quedas de tensão verificadas ao longo da rede não ultrapassem, em condições de funcionamento mais desfavoráveis, os limites máximos estabelecidos pela regulamentação em vigor. Assim, admite-se uma queda de tensão máxima de 3% na base da coluna mais afastada da origem do circuito, garantindo que o sistema de IP opere em condições adequadas de qualidade e continuidade de serviço.

Para o dimensionamento da rede de iluminação foram desenhados os traçados das canalizações e dos PIP (Pontos de Iluminação Pública ou luminárias) na planta de implantação que se encontra no Anexo 3.

A rede IP da urbanização foi dividida em 2 circuitos com o primeiro ramal com 8 luminárias e o segundo ramal com 11 luminárias. As luminárias utilizadas são todas de 50 W, o que corresponde a uma potência total de 950 W.

Para encontrar a secção dos cabos para a rede IP (interligação dos PIP), recorreu-se à fórmula da intensidade da corrente para circuitos monofásicos, que se determina através da expressão seguinte (16).

Intensidade de corrente para circuitos monofásicos:

$$I = \frac{S}{U_s} \quad (16)$$

I = Corrente elétrica do circuito;

U_s = Tensão simples;

S = Potência aparente que em IP com lâmpadas LED se considera igual à potência ativa.

Valas, Tubos e Cabos

Visto que o circuito IP tem valores de corrente reduzidos, serão utilizados cabos de alumínio LSVAV 2×16 mm², esta secção constitui a prática regulamentarmente aceite para redes de iluminação pública subterrâneas, por cumprir de forma sistemática os requisitos de capacidade térmica, resistência mecânica, queda de tensão e curto-circuito estabelecidos pelo RTIEBT e pela documentação técnica da E-REDES.

A rede IP está representada na planta de implantação disponível no Anexo 3. As valas de assentamento dos cabos foram executadas segundo os critérios construtivos definidos para a rede de distribuição subterrânea, apresentando uma profundidade mínima de 0,70 m, leito de areia lavada com 10 cm de espessura, recobrimento adicional de 10 cm, e a colocação de fita sinalizadora vermelha a cerca de 30 cm acima da tubagem.

Os cabos serão passados em tubagem corrugada de PEAD³ DN 63 mm, de cor vermelha e com resistência mínima de 6 kN/m², garantindo a proteção mecânica dos condutores.

³ Polietileno de Alta Densidade

2.8.5.2.Candeeiros

Os candeeiros de IP da urbanização foram projetados para garantir níveis de iluminância adequados e uniformes, em conformidade com a norma EN 13201, que define os parâmetros técnicos de desempenho e qualidade da iluminação.

As colunas metálicas, como podemos verificar na Figura 16, com 8 metros de altura, foram seleccionadas de forma a harmonizar-se com o traçado dos arruamentos e a assegurar a uniformidade luminosa. As instalações do poste de iluminação estão dispostas unilateralmente, solução que se adequa ao perfil da via e é compatível com os requisitos de uniformidade definidos pela EN 13201.

O espaçamento entre colunas foi estabelecido segundo as recomendações da norma, dotando-se uma distância aproximadamente três vezes a altura das colunas, garantindo uma distribuição equilibrada da luz e evitando zonas de sombra ao longo do arruamento.

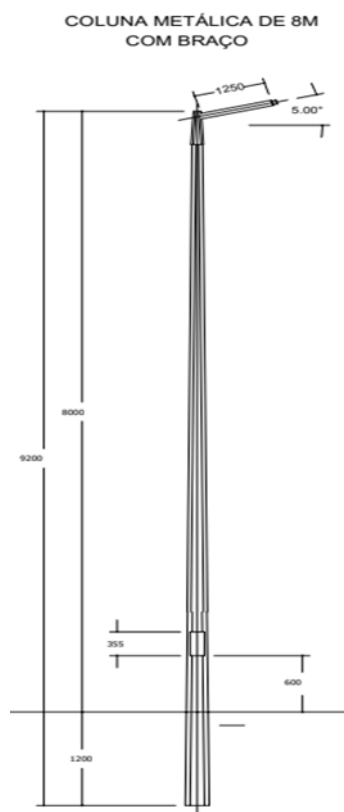


Figura 16 - Coluna para Candeeiro IP [25]

A altura das colunas e o comprimento dos braços foram definidos segundo valores normalizados, garantindo compatibilidade entre os componentes e a estabilidade estrutural do conjunto.

A luminária utilizada tem tecnologia LED, selecionada pela sua elevada eficiência luminosa e baixo consumo energético. Estas luminárias apresentam ótica assimétrica, adequada à iluminação de vias públicas, proporcionando uniformidade luminosa e reduzido encandeamento como demonstra a Figura 17.



Figura 17 - Luminária para Candeeiro IP [25]

O equipamento possui temperatura de cor de 4000 K, índice de restituição cromática (Ra) ≥ 70 , e fluxo luminoso estabilizado, garantindo conforto visual e boa reprodução das cores no ambiente urbano.

As luminárias estão equipadas com *drivers* eletrónicos programáveis, permitindo o controlo do fluxo luminoso e a otimização do consumo energético durante períodos de menor utilização.

A estrutura da luminária, em alumínio fundido com proteção IP66 e IK08, assegura resistência à corrosão, estanqueidade e durabilidade, cumprindo integralmente as exigências do RSRDEEBT e das normas europeias CEI aplicáveis, nomeadamente a EN 60598-1.

2.8.5.3.Ligações à Terra

As colunas e apoios metálicos da rede de IP devem dispor de ligação à terra, garantindo a proteção contra contactos indiretos. A ligação é estabelecida entre o poste e o respetivo elétrodo de terra, assegurando a eliminação de tensões de contacto perigosas em situações de falha de isolamento.

Os elétrodos de terra são fabricados em cobre, aço galvanizado ou aço cobreado, podendo apresentar configuração tubular. A instalação é executada na vertical, garantindo que o topo do elétrodo fique a uma profundidade mínima de 0,80 m relativamente à superfície do solo. Este critério permite obter uma resistência de terra reduzida e assegurar a eficácia do sistema de proteção da instalação, evitando surpresas desagradáveis no comportamento elétrico do conjunto.

2.8.6.Postos de Carregamento de Veículos Elétricos

No contexto da crescente eletrificação da mobilidade e da transição energética, a instalação de PCVE em áreas urbanas revela-se fundamental para a promoção de uma mobilidade sustentável. Desta forma, é possível assegurar a redução das emissões de gases com efeito de estufa e da dependência de combustíveis fósseis.

Está prevista a instalação de dois PCVE, localizados em lugares de estacionamento previamente definidos no projeto. Os equipamentos a instalar serão do tipo carregador público, especificamente concebidos para utilização em espaços públicos, proporcionando uma carga normal a semi-rápida em Modo 3, compatível com veículos elétricos que cumpram com a Portaria n.º 220/2016 [27].



Figura 18 - Carregador Publico de Veículos Eléctricos [28]

Cada carregador dispõe de duas tomadas tipo 2, permitindo o carregamento simultâneo de dois veículos, com uma potência por tomada variável entre 3,7 kVA e 22 kVA, sendo a configuração nominal prevista de 7,4 kVA por saída. Os carregadores serão instalados no solo, através de pedestal próprio como é demonstrado anteriormente na Figura 18.

Os equipamentos integram funcionalidades avançadas, incluindo proteção diferencial e disjuntores internos, um ecrã TFT para interação com o utilizador, e um armário em alumínio robusto, adequado às condições de instalação exterior.

A comunicação dos carregadores com sistemas de gestão centralizada é assegurada por conectividade 3G, LAN ou Wi-Fi, permitindo a integração com plataformas de monitorização e controlo remoto.

Adicionalmente, a funcionalidade *Master-Slave* permite a interligação de vários carregadores no mesmo local com apenas uma ligação de comunicação à internet, facilitando a gestão em rede.

A implementação de PCVE na presente urbanização constitui uma medida estratégica alinhada com a transição energética e a mobilidade sustentável. Em conformidade com as políticas nacionais, nomeadamente a *Mobi.E* [29], e com os objetivos de descarbonização e neutralidade carbónica, esta solução contribui de forma direta para a redução das emissões de gases com efeito de estufa.

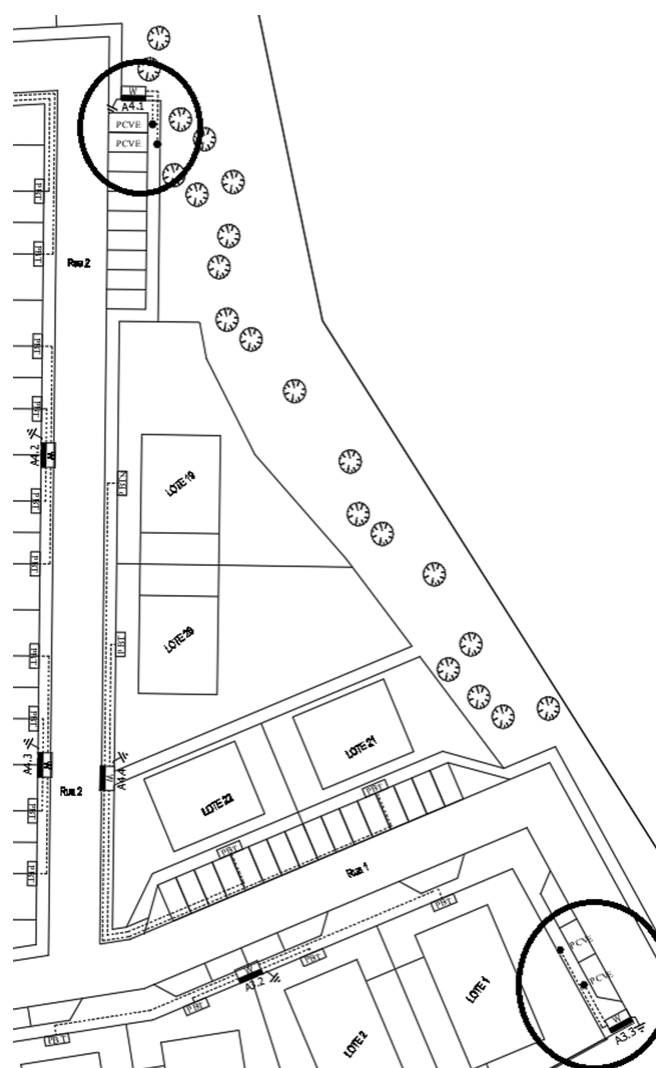


Figura 19 - Locais de PCVE da Urbanização

A infraestrutura representada na Figura 19, foi concebida com uma abordagem orientada ao futuro, garantindo compatibilidade com redes inteligentes e capacidade de integração

em sistemas locais de gestão de energia. Este enquadramento permite otimizar o consumo, melhorar a eficiência operacional e assegurar que o investimento não fica obsoleto antes mesmo de ser inaugurado, problema infelizmente comum em projetos menos cuidadosos.

3. Infraestruturas de Telecomunicações

As Infraestruturas de Telecomunicações Urbanas (ITUR) assumem um papel central na conceção e desenvolvimento de novos empreendimentos, uma vez que garantem as condições necessárias para a prestação de serviços de comunicações aos futuros utilizadores. Em Portugal, estas infraestruturas são reguladas pela 3.^a edição do Manual ITUR [30].

No âmbito deste estudo a rede ITUR foi projetada de forma a assegurar a integração harmoniosa entre os diversos operadores de telecomunicações, respeitando os princípios de neutralidade e partilha. O sistema proposto abrange a rede de tubagens, câmaras de visita e armário de telecomunicações, possibilitando a ligação às redes públicas dos operadores e garantindo a acessibilidade dos serviços de telecomunicações a todos os lotes, que estão demonstrados no Anexo 6 - Rede ITUR.

3.1. Fronteiras ITUR

O início da rede de ITUR localiza-se no ATU (Armário de Telecomunicações Urbanas) que é implantado no limite físico da urbanização. A partir deste ponto, a instalação a jusante integra a infraestrutura ITUR, incluindo a rede de tubagens principais e as respetivas CV (Câmaras de Visita), até às CVM (Câmaras de Visita Multifamiliar) de cada lote. As CVM definem o ponto de transição o ITUR para o ITED (Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios), conforme está representado na Figura 20.

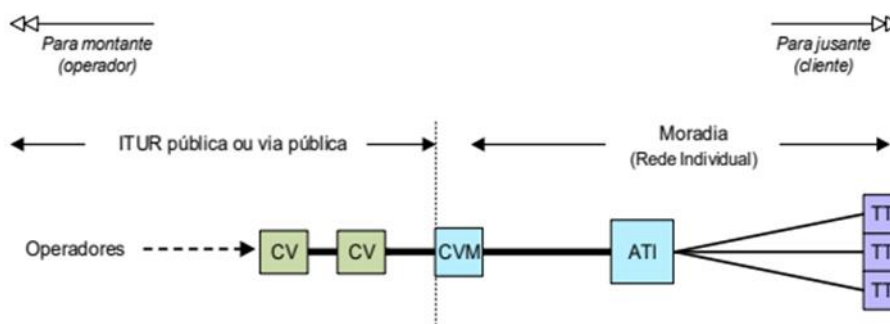


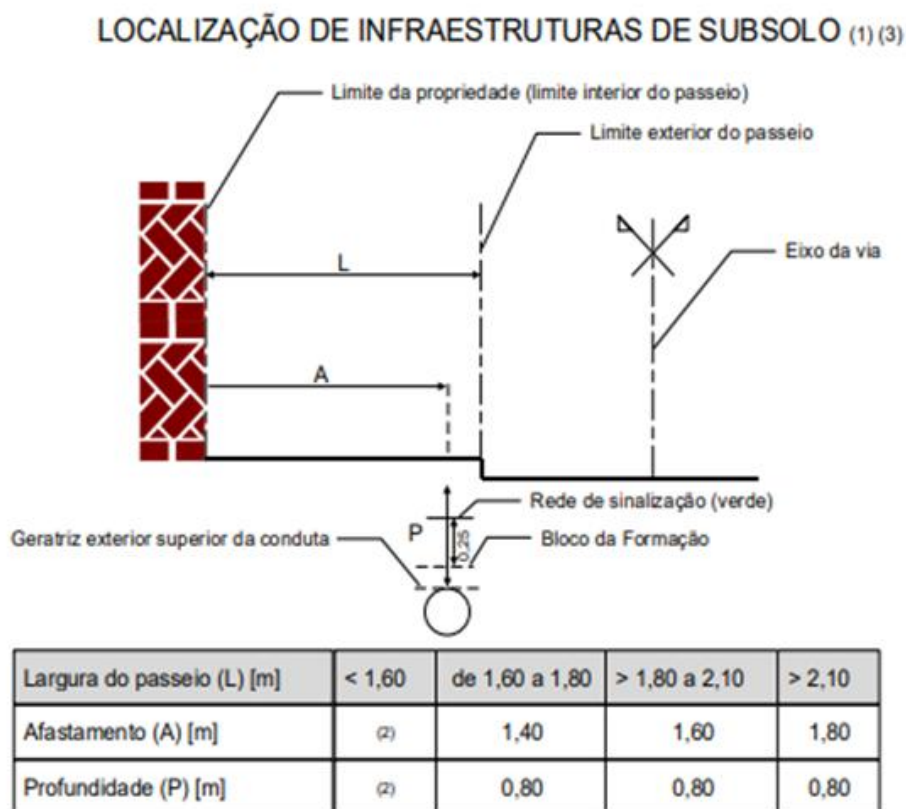
Figura 20 - Esquema ITUR com Ligação a Moradia ITED [31]

3.2. Localização das Infraestruturas ITUR

As ITUR foram projetadas para serem implantadas no subsolo, garantindo uma proteção mais eficiente contra agressões externas e promovendo a necessária compatibilidade técnica e física com as restantes redes subterrâneas da urbanização.

De acordo com o Manual ITUR, a configuração adotada privilegia uma topologia de distribuição em estrela, que possibilita ligações diretas entre o ponto de acesso principal e os diferentes lotes, facilitando a gestão da rede e reduzindo perdas de sinal.

Para o processo de implantação, foram consideradas as condições do terreno e a presença de outras infraestruturas subterrâneas, nomeadamente redes elétricas, de saneamento e abastecimento de água. O traçado das condutas foi executado em conformidade com o manual da ANACOM que prescreve distâncias mínimas como ilustra a Figura 21.



- (1) - Salvo regulamentação camarária ou de outra entidade
- (2) - Não há lugar a instalações subterrâneas de telecomunicações no passeio
- (3) - Na via de circulação rodoviária, a profundidade (P) é no mínimo de 1,00 m

Figura 21 - Afastamento e Profundidade na Instalação das ITUR [32].

3.3. Dimensionamento da Tubagem

A rede principal de tubagem é formada por CV, interligadas entre si por 6 tubos em PEAD de Ø 110 mm e um tritubo de Ø 40 mm de diâmetro. A distância máxima entre câmaras será de 120 metros, devendo os troços apresentar um traçado retilíneo. A utilização da tubagem é definida da seguinte forma:

- Um tritubo destinado à fibra ótica de Ø 40 mm;
- Três tubos em PEAD para cabos coaxiais de Ø 110 mm;
- Três tubos em PEAD para cabos de pares de cobre de Ø 110 mm.

Nas travessias das vias principais ou complementares e em zonas sujeitas a cargas elevadas, a tubagem deverá ser envolvida em betão de forma a garantir a sua proteção mecânica.

Na rede de distribuição, a ligação entre a Câmara de Visita Retangular Tipo 1 (CVR1) e a (CVM) é constituída por um tubo em PEAD de 40 mm de diâmetro.

3.4. Câmaras de Visita

A implantação das CV deve seguir rigorosamente o traçado definido no projeto da urbanização, sendo a sua localização preferencial nas bermas e passeios, de modo a garantir acessibilidade e funcionalidade da rede. Estas câmaras devem ser instaladas em pontos estratégicos do percurso, nomeadamente em mudanças de direção, cruzamentos e acessos a lotes como está demonstrado no Anexo 6.

3.4.1. Tipo de CV Utilizada

Para a urbanização em estudo optou-se pela utilização de CVR1, como elo de ligação, entre a rede principal e a rede secundária.

As CVR1 são constituídas por uma câmara retangular, como demonstra a Figura 22, pré-fabricada em betão armado, de 120x60x100 cm, colocada sobre base de betão simples C20/25 de 10 cm de espessura, com tampa de ferro fundido dúctil.



Figura 22 - Câmara de Visita CVR1 Pré-fabricada [33]

As CVM previstas apresentam dimensões interiores de 50 x 50 x 60 cm (Comprimento x Largura x Profundidade), assegurando o espaço adequado para alojar e permitir a manobra das redes de telecomunicações.

Cada CVM é equipada com tampa única em ferro fundido, como podemos verificar na Figura 23, garantindo a robustez mecânica necessária para resistir às cargas de tráfego e condições de exploração, em conformidade com as normas aplicáveis às infraestruturas subterrâneas de telecomunicações.



Figura 23 - Câmara de Visita Multifamiliar [34]

3.5. Tubos

A rede de tubagem foi projetada de forma a garantir a eficiência e a proteção mecânica adequada dos cabos de telecomunicações instalados no seu interior.

Os tubos e respetivos acessórios devem apresentar elevada resistência e durabilidade, assegurada pelas características dos materiais de fabrico, incluindo as suas zonas de ligação.

Além disso, os tubos a aplicar devem apresentar-se em perfeito estado, livres de imperfeições, como porosidades, saliências, fissuras, irregularidades de cor ou descontinuidades na superfície, de modo a garantir a qualidade e a longevidade da infraestrutura.

3.5.1. Tipos de Tubos

As tubagens utilizadas na infraestrutura ITUR, da urbanização, foram selecionadas de acordo com as exigências técnicas e funcionais de cada troço da rede, garantindo resistência mecânica, durabilidade e conformidade com o Manual ITUR.

As figuras seguintes (24, 25 e 26) demonstram os tipos de tubos adotados.



Figura 24 - Tubo Corrugado de Dupla Face em Vara [35]

O tubo corrugado de dupla face em vara é constituído por segmentos lineares de comprimento fixo, geralmente de 6 m ou 12 m, o que permite uma instalação alinhada nas valas técnicas. Este tipo de tubo apresenta elevada resistência estrutural e estabilidade dimensional, sendo especialmente indicado para percursos retilíneos e travessias de arruamentos, onde é exigida maior robustez mecânica. A sua geometria é rígida o que garante uniformidade e menor risco de deformação durante o assentamento, o que o torna ideal em zonas com maior solicitação de cargas ou compactação de solo.



Figura 25 - Tubo Corrugado de Dupla Face em Rolo [36]

Já o tubo corrugado de dupla face em rolo, também fabricado em PEAD (Polietileno de Alta Densidade), distingue-se pela sua flexibilidade e facilidade de manuseamento, sendo mais adequado para percursos sinuosos ou de extensão contínua, como ramais secundários. O PEAD é um material amplamente utilizado em infraestruturas subterrâneas pela sua resistência mecânica, química e à corrosão, aliada a uma capacidade de absorção de vibrações e compressões do solo. O seu baixo coeficiente de atrito interno facilita a passagem e substituição de cabos.

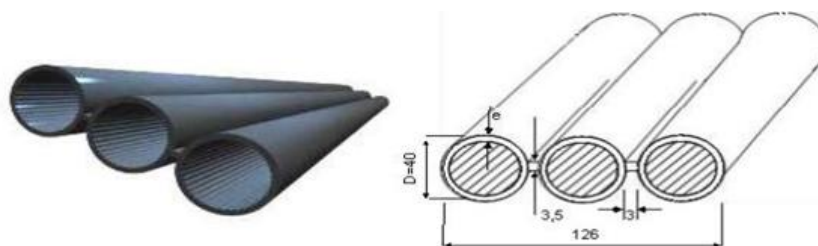


Figura 26 - Tritubo PEAD [37]

O tritubo consiste num conjunto de três tubos pretos, de igual dimensão, interligados entre si por uma membrana. Trata-se de um sistema rígido e retilíneo, apresentando a superfície exterior lisa e o interior estriado longitudinalmente.

Utilizado na rede principal de telecomunicações, ligando o ponto de acesso da urbanização às câmaras de visita (CVR1), é constituído por três condutas agrupadas num mesmo revestimento exterior. O tritubo permite a instalação de vários cabos de diferentes operadores ou a reserva de espaço para futuras ampliações, otimizando o uso do subsolo e reduzindo o número de valas necessárias.

3.6. Tubos Envolvidos em Areia ou Pó de Pedra

Os tubos da rede ITUR devem ser colocados e protegidos com materiais adequados, de forma a garantir a estabilidade estrutural e a segurança das condutas após a instalação. Quando não estão sujeitos a grandes cargas (passeios), entre cada fiada de tubos é intercalada uma camada de areia ou pó de pedra, devidamente regada, com espessura mínima de 3 cm, evitando o contacto direto entre os tubos e proporcionando apoio homogéneo e amortecimento mecânico.

Concluída a instalação das condutas, deve ser aplicada uma camada final de proteção em areia ou pó de pedra, também regada e compactada com 15 cm de espessura, assegurando uma distribuição uniforme das cargas e prevenindo danos nas tubagens.

Sobre esta camada de proteção, é colocada a fita sinalizadora verde, a cerca de 20 a 30 cm acima do topo superior das condutas, com a inscrição ITUR.

Esta fita tem a função de identificar e sinalizar a presença das condutas subterrâneas, alertando em futuras escavações para a existência da rede, de modo a evitar danos acidentais.

3.7. Tubos Envolvidos em Betão

Quando os tubos são instalados em vias sujeitas a grandes cargas (estradas), o fundo da vala deverá ser preparado com uma camada de areia ou saibro devidamente compactado, com cerca de 2 cm de espessura, garantindo uma base regular e sem elementos agressivos.

A tubagem será então instalada sobre uma camada de betão C20/25, devidamente vibrado, assegurando-se um revestimento mínimo de 2 cm, à volta de cada tubo. Para a execução correta deste procedimento é obrigatória a utilização de cofragem lateral, de forma a manter a espessura e o alinhamento do betão durante a cura.

O aterro só poderá ser realizado após a completa cura do betão, devendo ser executado em camadas sucessivas de aproximadamente 25 cm, devidamente regadas e compactadas para garantir a estabilidade da infraestrutura, como representado na figura seguinte.

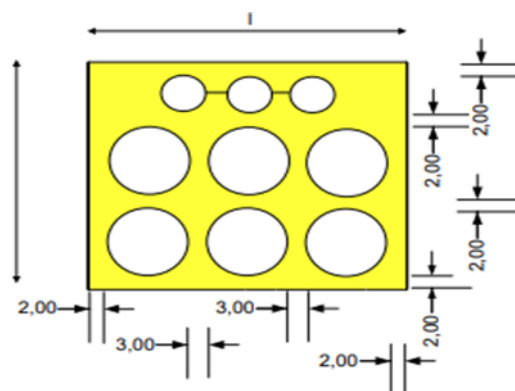


Figura 27 - Bloco de Tubagem Envolvida em Betão [38]

Para efeitos de identificação e segurança, deve ser colocada uma fita de sinalização verde, posicionada a 25 cm acima da tubagem. Esta fita tem por objetivo assinalar a presença da infraestrutura ITUR (telecomunicações) e prevenir danos durante futuras intervenções no subsolo.

3.8. Armário de Telecomunicações de Urbanização

O ATU representado na Figura 28 é o ponto de ligação entre a rede pública de telecomunicações e a rede interna da urbanização sendo instalado no exterior em local acessível e devidamente identificado de modo a permitir a intervenção rápida dos técnicos de manutenção.



Figura 28 - Armário de Telecomunicações de Exterior [39]

A construção do ATU deve garantir proteção contra agentes atmosféricos poeiras e impactos assegurando também ventilação adequada e segurança de acesso através de fecho normalizado.

As ligações ao ATU incluem a entrada da rede pública por meio dos tubos e câmaras de visita que estabelecem a fronteira da urbanização, a saída para a rede de distribuição que assegura a interligação com as CVM e posteriormente com as redes ITED dos edifícios.

Assim, o ATU constitui o elemento central da infraestrutura de telecomunicações da urbanização assegurando a interface entre a rede pública e os utilizadores finais.

4. Recursos Energéticos Distribuídos

Este capítulo tem como objetivo demonstrar a viabilidade técnica e económica de um sistema fotovoltaico *on-grid* com armazenamento, concebido para complementar e otimizar a alimentação da iluminação pública da urbanização. Esta solução pretende reduzir a dependência energética da rede elétrica, sem eliminar a ligação convencional existente, enquadrando-se nos objetivos do Plano Nacional de Energia e Clima 2030 [40].

A geração local de energia renovável, associada a um sistema de armazenamento, permite assegurar o fornecimento contínuo da IP, mesmo em períodos de menor disponibilidade solar, com níveis adequados de autonomia.

Do ponto de vista técnico-operacional, a UPAC (Unidade de Produção para Autoconsumo) pode oferecer vantagens relevantes, nomeadamente a redução das perdas de transporte, a otimização do perfil de consumo e a diminuição da potência requisitada à rede. A integração do sistema de armazenamento contribui para a estabilização da operação, garantindo que a energia produzida durante o período diurno é utilizada para alimentar a iluminação durante o período noturno, reduzindo significativamente a energia adquirida ao comercializador.

Em termos urbanísticos, a adoção deste tipo de solução reforça o posicionamento da urbanização enquanto infraestrutura moderna, energeticamente eficiente e alinhada com o conceito de *smart city*.

O primeiro aspeto a considerar no dimensionamento de um sistema fotovoltaico é o local da instalação, uma vez que este fator determina as condições físicas e ambientais que influenciam o desempenho do sistema. A Figura 29 (desenho desenvolvido em AutoCAD), mostra a área destinada à instalação do parque fotovoltaico da urbanização.



Figura 29 - Local de Instalação da Mini Produção Fotovoltaica

A análise do local permite identificar as áreas disponíveis e as suas características, avaliar a incidência e o potencial solar, bem como detetar eventuais sombreamentos ou obstáculos que possam afetar a captação de energia.

Além disso, esta avaliação inicial possibilita definir a disposição física dos equipamentos e as restrições técnicas e construtivas que condicionam o dimensionamento final da instalação fotovoltaica.

4.1. Sistema Fotovoltaico e de Armazenamento de Energia

A análise efetuada no software *PVsyst* permitiu dimensionar o sistema fotovoltaico e avaliar o respetivo desempenho, incluindo o funcionamento com baterias, conforme apresentado no Anexo 7 - Estudo DER para Alimentação da Iluminação Pública.

A caracterização do recurso solar constitui um elemento crítico no processo de dimensionamento, uma vez que possibilita determinar a altura solar, a variação sazonal da trajetória do sol e a orientação ótima dos módulos. Este conhecimento permite definir o azimute e a inclinação do plano fotovoltaico, de forma a garantir que a incidência da

radiação ocorre de forma mais perpendicular possível, maximizando a produção energética.

O estudo foi realizado com a localização geográfica (Lat. 39,46° N, Long. -8,40° W, a uma altitude de 63 m) onde inclui também a trajetória solar anual correspondente dessa localização que se encontra ilustrada na Figura 30.

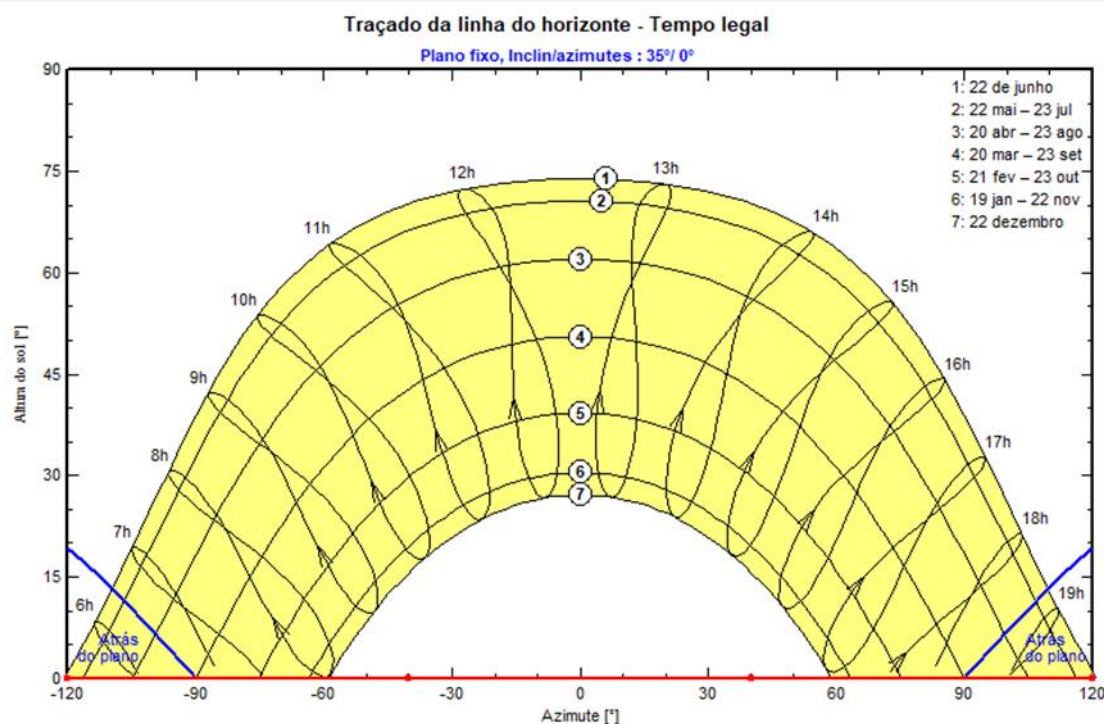


Figura 30 - Trajeto Solar [41]

O gráfico representa a variação da altura solar ao longo do dia e do ano, permitindo identificar as posições aparentes do sol para diferentes meses. Esta informação é essencial para validar a orientação e a inclinação definidas para o plano fotovoltaico, para que o sistema opere nas condições mais favoráveis de captação de radiação ao longo das estações.

Para que o comportamento elétrico dos módulos fotovoltaicos seja devidamente caracterizado, importa considerar que a relação corrente-tensão depende de forma significativa das condições de irradiação solar e da temperatura das células. Estes fatores

influenciam diretamente o rendimento do sistema e, por consequência, a produção anual de energia elétrica no local de instalação.

Os valores médios mensais de radiação e temperatura obtidos para o local de estudo, tendo em consideração a base de dados NASA-SSE (1983–2005), encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores Meteorológicos Mensais - Fonte: NASA-SEE Satélite Data, 1983-2005 [42]

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
<i>Irradiação Global(kWh/m²)</i>	64,7	84,3	131,3	161,2	206,9	220,0	235,6	211,0	157,0	108,7	70,1	57,6	1708,4
<i>Irradiação Difusa(kWh/m²)</i>	32,4	38,5	52,6	63,3	70,5	73,2	60,9	56,2	50,6	45,9	29,6	25,1	598,80
<i>Temperaturas(°C)</i>	9,91	10,5	13,0	14,4	16,9	19,3	20,7	21,2	19,6	17,5	12,6	10,8	15,6

Para facilitar a leitura e interpretação dos valores apresentados na Tabela 2, elaborou-se o gráfico seguinte que permite visualizar a variação mensal da irradiação global, difusa e da temperatura média ao longo do ano.

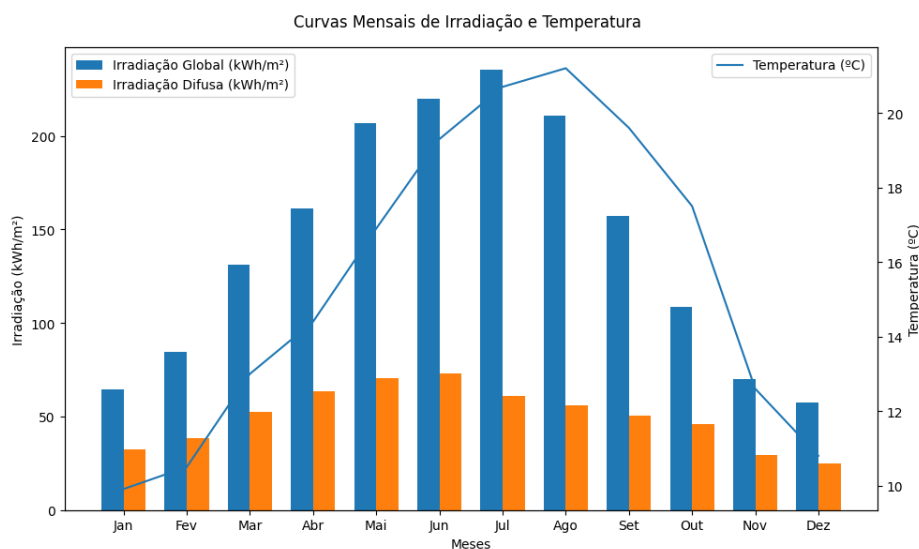


Figura 31 - Curvas Mensais de Irradiação e Temperatura

A análise dos dados meteorológicos evidencia uma variação sazonal marcada, com impacto direto no desempenho do sistema fotovoltaico. A radiação global apresenta o

seu máximo entre os meses de maio e agosto, período em que os valores ultrapassam consistentemente os 200 kWh/m², garantindo a maior capacidade anual de produção de energia.

Em contraste, os meses de inverno registam níveis bastante inferiores, descendendo para cerca de 60 kWh/m². A componente difusa mantém um perfil mais regular ao longo do ano, situando-se entre aproximadamente 25 e 73 kWh/m². Esta estabilidade ajuda a suavizar a perda de produção em cenários de nebulosidade parcial, assegurando um contributo energético relevante mesmo fora da época de maior radiação direta.

Relativamente à temperatura, observa-se uma média anual moderada de 15,6 °C, com valores máximos que raramente ultrapassam os 21 °C. Estas condições são favoráveis ao desempenho fotovoltaico, pois os dados apresentados significam que o local escolhido dispõe de recurso solar adequado para a implementação do parque fotovoltaico, visto que os valores recomendados são [43]:

- Radiação máxima de verão $\geq 180 - 200$ kWh/m²;
- Radiação mínima de inverno $\geq 50 - 60$ kWh/m²;
- Difusa estável 20 – 70 kWh/m²;
- Temperatura média eficiente 10 – 25 °C.

Assim sendo, ao nível de condições de irradiação e temperatura, existe viabilização técnica para a implantação do sistema fotovoltaico.

4.1.1. Painéis Fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos são compostos por um conjunto de células solares interligadas em série e em paralelo, cuja combinação determina a tensão, corrente e a sua Potência de Pico (Wp). Em relação à proteção elétrica e mecânica, as células estão encapsuladas entre várias camadas de materiais isolantes e transparentes, que asseguram a durabilidade e o desempenho ao longo do tempo.

Existem diferentes tecnologias de células fotovoltaicas, sendo que as mais utilizadas são as monocristalinas e as policristalinas, cada uma com níveis distintos de eficiência e custo de produção. A seleção da tecnologia mais adequada depende de fatores como a

orientação e inclinação dos painéis, presença de sombreamentos, área disponível para instalação e viabilidade do estudo.

Na Tabela 3 são apresentados os valores típicos de eficiência e a área por kWp referentes às tecnologias monocristalina e policristalina.

Tabela 3 - Intervalo de Eficiência e Área Aproximada por kWp Instalado [44]

	Monocristalinas	Policristalinas
Eficiência da célula	20% a 25%	15% a ~18%
Área por KWP	≈5,0m ²	≈7,0m ²

No âmbito do presente estudo, foi selecionado o módulo fotovoltaico do fabricante ENF, POLY 250W-285W 72CELLS [45], por apresentar uma relação custo-benefício favorável, eficiência adequada à área disponível e um comportamento térmico estável, garantindo um desempenho consistente ao longo do ano.

A tecnologia policristalina, apesar de ligeiramente menos eficiente que a monocristalina, oferece um compromisso equilibrado entre custo, fiabilidade e rendimento, sendo adequada às necessidades energéticas e às condições operacionais da solução fotovoltaica proposta para a urbanização.

As principais características técnicas deste módulo encontram-se apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Módulo Fotovoltaico “POLY 285W 72CELLS” [46]

Tecnologia	Policristalino
Potência máxima (Pmax)	285 W
Tensão Pmax (Vmp)	30,5 V
Intensidade a Pmax (Imp)	8,2 A
Corrente de curto-circuito (IscSTC)	8,83 A
Tensão em circuito aberto (VocSTC)	35,5 V
Coefficiente de temperatura de IscSTC	0,046%
Coefficiente de temperatura de VocSTC	-0,28%
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0,38%
Eficiência	17%

O módulo “POLY 285W 72CELLS” apresenta parâmetros característicos da tecnologia policristalina, com desempenho estável e coeficientes térmicos moderados. A potência nominal de 285 W, aliada a uma tensão de operação de 30,5 V e corrente de 8,2 A, facilita o dimensionamento de *strings* e garante compatibilidade com inversores comerciais de tensão média de MPPT. Os valores de $V_{oc} = 35,5 \text{ V}$ e $I_{sc} = 8,83 \text{ A}$, mantêm margens de segurança adequadas no cálculo a frio.

Os coeficientes de temperatura indicam um comportamento previsível em climas quentes, com perdas moderadas na potência máxima ($-0,38\%/^{\circ}\text{C}$). A eficiência global de 17% traduz uma área de aproximadamente $1,67 \text{ m}^2$ por módulo, típica de módulos policristalinos de 72 células.

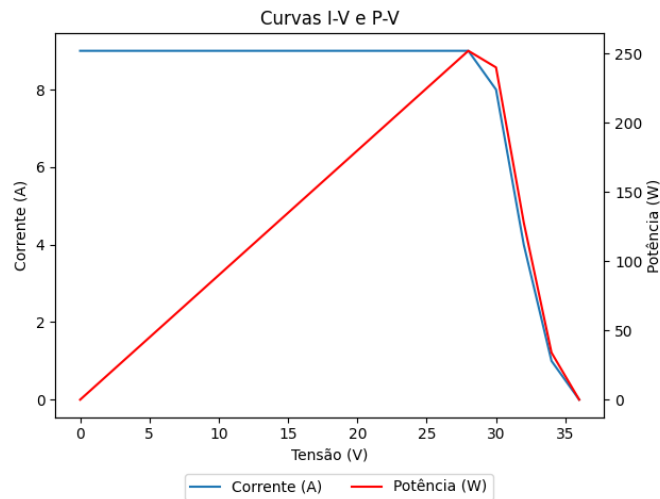


Figura 32 - Curvas I - V e P - V

O gráfico acima da figura 32, demonstra a análise das curvas I-V e P-V do painel solar, a curva I-V permite observar que o módulo mantém uma corrente praticamente constante na ordem dos 8 A até cerca de 30 V, ponto a partir do qual ocorre a queda rápida típica até à tensão de circuito aberto, próxima dos 36 V.

A curva P-V tem um aumento progressivo, atingindo o seu máximo aproximadamente nos 250 W quando a tensão se situa em torno dos 30 V, valor que corresponde ao ponto de máxima potência (MPP). Estes valores confirmam um comportamento coerente com módulos policristalinos de 280–300 W e reforçam a importância do MPPT operar de forma contínua na zona dos 30 V / 8 A, onde se concentra o melhor desempenho energético anual.

Tendo em conta o dimensionamento da rede IP, realizado na secção 2.8.5.1 do presente estudo para os requisitos operacionais do sistema fotovoltaico, prevê-se a instalação de 20 painéis fotovoltaicos, distribuídos por 4 *strings* (conjunto de painéis fotovoltaicos ligados em série), totalizando 5 módulos que têm uma previsão de ocupar uma área aproximada de 39 m², compatível com a densidade típica de módulos policristalinos de 280–300 W, garantindo a potência instalada necessária para o desempenho previsto do sistema [47].

4.1.2. Inversor

Entre os principais componentes do sistema fotovoltaico destaca-se o inversor, responsável por converter a energia produzida pelos módulos solares, de DC (Corrente Contínua) para AC (Corrente Alternada) compatível com as características de tensão e frequência da rede elétrica pública.

Além da conversão de energia, o inversor pode conter diversas funções, nomeadamente a monitorização do ponto de máxima potência e o controlo dos dispositivos de proteção nos lados DC e AC.

O modelo adotado foi o Huawei SUN2000-5KTL-L1, com potência nominal de 5 kW AC, cujas características são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 5 - Modelo Huawei SUN2000-5KTL-L1[48]

Caraterísticas \ Fabricante	Huawei Technologies
Modelo	SUN2000-5KTL-L1
Potência nominal	5,0 kW (corrente alternada)
Rácio DC/AC	1,14
Tensão de funcionamento	80 – 600 V
Entradas MPPT	2 independentes (50 % de carga cada)
Eficiência máxima	~ 98,3 %
Tipo de ligação	monofásica (AC 230 V)
Funções integradas	MPPT duplo, proteções DC/AC, comunicação inteligente, controlo de rede e compatibilidade com baterias Huawei Luna2000

O inversor selecionado para o sistema é um equipamento monofásico com potência nominal de 5,0 kW, garantindo compatibilidade com a potência instalada do campo fotovoltaico. A janela de tensão entre 80 V e 600 V proporciona flexibilidade na configuração das *strings*, permitindo acomodar diferentes números de módulos de forma compatível com o ponto de operação do inversor.

A presença de dois MPPT possibilita a gestão independente de duas *strings* sujeitas a condições distintas, garantindo estabilidade e otimização do ponto de operação. A sua eficiência máxima é de 98,3 %, o que contribui para a redução de perdas na conversão DC/AC.

O inversor integra ainda funcionalidades de proteção, comunicação e compatibilidade nativa com o sistema de armazenamento Huawei Luna2000, facilitando a integração de baterias.

4.1.3. Sistema de Armazenamento de Energia

A solução para o armazenamento assenta na adoção de uma bateria modular Huawei Luna 2000, selecionada pela sua fiabilidade, integração nativa com o inversor e capacidade para suportar um perfil de operação alinhado com o sistema fotovoltaico. Este equipamento contribui para uma gestão energética mais eficiente, disponibilizando capacidade de armazenamento que reduz a energia adquirida à rede durante os períodos sem produção solar, precisamente nas horas em que o sistema de iluminação da urbanização necessita de se manter em funcionamento.

As características do sistema de armazenamento estão representadas na seguinte tabela:

Tabela 6 - Bateria Huawei Luna 2000 [49]

Fabricante	Huawei
Modelo	Luna2000 - Battery Pack 16.1 kWh
Número de unidades	1 unidade
Tensão	58 V
Capacidade nominal (C10)	280 Ah
Nominal energy	16.1 kWh
Operating SOC limits	90.0 / 20.0 %
Useable energy	11.3 kWh

Através da análise da tabela anterior podemos verificar que a tensão nominal do sistema de armazenamento selecionado, a bateria Huawei Luna 2000, é de 58 V, associada a uma capacidade de 280 Ah. Tem uma arquitetura interna robusta e é compatível com ciclos de carga diários, adequados ao regime estável da IP. A energia nominal de 16,1 kWh traduz-se numa energia utilizável de 11,3 kWh, após aplicação dos limites de SOC (*State of Charge*), valor que constitui a referência para o balanço energético entre produção solar e carga.

Esta configuração permite dimensionar a autonomia diária do sistema e avaliar o contributo real da bateria na redução dos consumos adquiridos à rede.

4.1.4. Resultados Energéticos

A simulação realizada no *PVsys* evidencia um desempenho sólido do sistema fotovoltaico estudado, com uma produção anual de 9 263,8 kWh, o que corresponde a uma produção específica de 1 625 kWh/kWp. A energia efetivamente utilizada pela carga atinge 3 650 kWh/ano, refletindo a elevada disponibilidade energética e uma fração solar de 99,06%, praticamente eliminando a dependência da rede elétrica, conforme Anexo 7.

O sistema apresenta um Ratio de 82,63%, valor tecnicamente consistente com instalações sem sombreamento, com tecnologia policristalina e com inversor a operar dentro dos seus parâmetros ótimos. O excedente energético é encaminhado para a rede.

A produção anual obtida supera com larga margem as necessidades da carga, garantindo um fornecimento energético estável, contínuo e com vantagem económica evidente. A injeção significativa de energia na rede comprova a existência de capacidade excedentária, reforçando a solidez do dimensionamento efetuado e a resiliência operacional do sistema.

No conjunto, o desempenho apresentado confirma a adequação técnica da solução fotovoltaica plena na sua implementação no contexto da urbanização.

4.2. Viabilidade Económica

Depois de apresentar o estudo da viabilidade técnica do sistema fotovoltaico destinado à alimentação da IP da urbanização, procedeu-se à análise da viabilidade económica do investimento, com o objetivo de avaliar o seu potencial de retorno e sustentabilidade ao longo da vida útil deste sistema.

Esta avaliação baseia-se nas projeções obtidas através do software *PVsys* V8.0.16, que permite estimar a produção anual de energia, os custos associados à instalação e manutenção, bem como os indicadores económicos essenciais à tomada de decisão.

O estudo foi elaborado considerando o cenário de autoconsumo com armazenamento e integração à rede pública, assegurando o equilíbrio entre investimento inicial, redução de custos operacionais e contributo ambiental. Reconhece-se, contudo, que este tipo de análise depende de variáveis previsionais, como a irradiação solar, a estabilidade tarifária e a evolução tecnológica, implicando um certo grau de incerteza quanto aos resultados.

4.2.1. Valor Atual Líquido

O VAL (Valor Atual Líquido) constitui um dos indicadores mais relevantes na avaliação da rentabilidade de investimentos de natureza energética, permitindo determinar o valor presente dos fluxos de caixa futuros descontados a uma taxa de atualização representativa do custo de oportunidade do capital [50]. Assim, o VAL é calculado pela expressão:

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{R_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (17)$$

Em que:

R_t = Receitas no ano;

C_t = Custos no ano;

i = Taxa de atualização;

t = Período de análise;

n = Número total de anos do projeto.

Com base nos resultados obtidos na simulação realizada no *PVsys* o sistema apresenta um (VAL) positivo de 5 762,35 €, para um investimento inicial de 21 930 € e custos

anuais de operação de 1 012,87 €. A presença de um VAL positivo confirma a viabilidade económica da solução, evidenciando que o investimento recupera o capital aplicado e gera retorno adicional ao longo do seu ciclo de vida.

A rentabilidade obtida resulta, fundamentalmente, da redução da energia adquirida à rede elétrica, cujo custo médio se situa em cerca de 0,18 €/kWh, contrastando com o custo nivelado de energia do sistema, de 0,14 €/kWh, conforme indicado pelos resultados da simulação demonstrados no anexo7.

Esta diferença entre o preço da energia da rede e o custo de produção local traduz-se numa poupança anual consistente, reforçando a sustentabilidade económica da instalação.

Do ponto de vista financeiro, o VAL positivo, associado a um período de amortização de 9,3 anos e a uma TRI (Taxa Interna de Rentabilidade) de 9,92%, demonstra que o sistema fotovoltaico constitui uma opção robusta e economicamente sólida para a infraestrutura de IP da urbanização, assegurando benefícios económicos diretos ao longo da sua vida útil.

Financiamento	
Fundos próprios	3 930.00 EUR
Subsídios	18 000.00 EUR
Venda de eletricidade	
Tarifa de compra	0.13000 EUR/kWh
Duração da garantia de tarifas	10 anos
Imposto anual de ligação	50.00 EUR/ano
Variação da tarifa anual	+1.5 %/ano
Diminuição da tarifa de compra depois da garantia	-20.00 %
Autoconsumo	
Tarifa de consumo	0.18000 EUR/kWh
Evolução das tarifas	0.0 %/ano
Rendimento	
Período de amortização	9.3 anos
Valor atual líquido (VPN)	5 762.35 EUR
Taxa de rentabilidade interna (TRI)	9.92 %
Rendimento (ROI)	146.6 %

Figura 33 - Simulação dos Resultados Obtidos com o PVsyst [52]

4.2.2. Período de Recuperação do Investimento

O PRI (Período de Recuperação do Investimento) representa o intervalo necessário para que os benefícios acumulados igualem o montante inicialmente investido, constituindo um indicador fundamental na avaliação de projetos de infraestruturas energéticas.

Com base na simulação económica apresentada no relatório do *PVsyst*, o sistema regista um PRI de 9,3 anos, valor diretamente associado ao investimento inicial de 21 930 € em que 3.930,00€ foram de fundos próprios, 18,000€ de Apoio do fundo ambiental e aos custos anuais de operação de 1 012,87 €. Considerando um horizonte de vida útil de 20 anos, este período de retorno revela-se favorável, permitindo que o sistema opere durante mais de uma década em regime de geração líquida de valor.

Após ultrapassado o período de amortização, a energia produzida passa a converter-se em ganhos anuais diretos, dado que o capital de fundos próprios se encontra totalmente recuperado e os custos operacionais permanecem reduzidos.

Esta tendência é evidenciada na análise do fluxo de caixa acumulado, Figura 34, onde o sistema mantém crescimento financeiro consistente ao longo dos anos de operação.

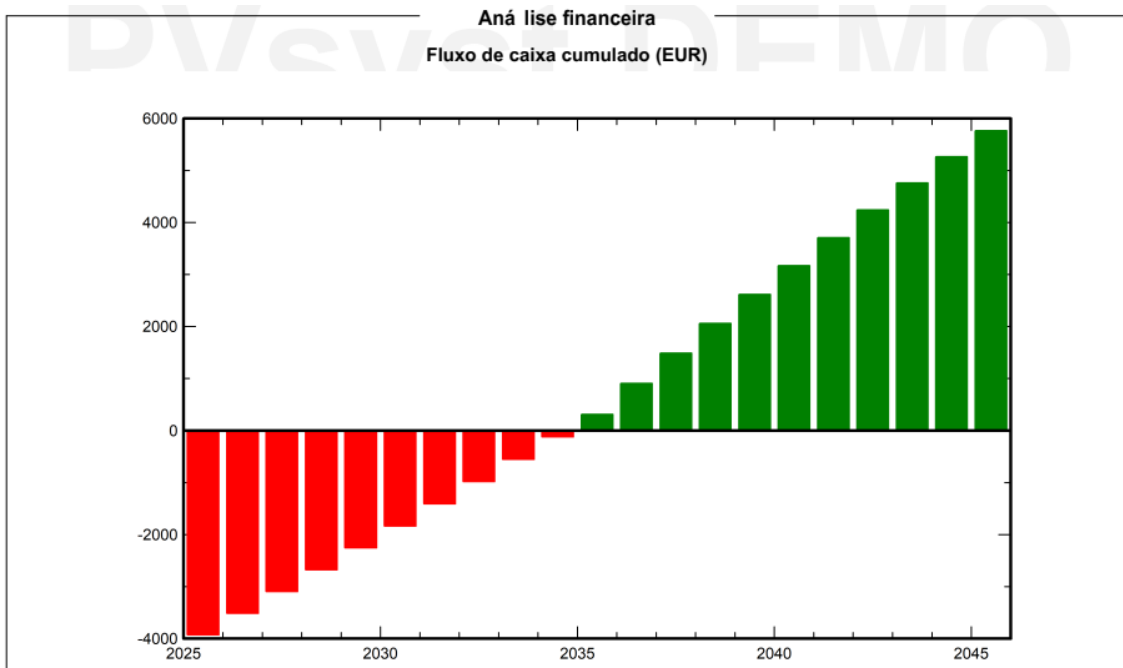


Figura 34 - Fluxo de Caixa Cumulado [53]

4.2.3. Comentários Finais

A análise económica evidencia que o sistema fotovoltaico proposto apresenta forte viabilidade e um retorno consistente, combinando benefícios económicos, ambientais e energéticos.

O VAL de 5 762,35 € confirma que o investimento gera valor ao longo do tempo, enquanto a TRI de 9,92% demonstra um desempenho financeiro estável e alinhado com projetos de eficiência energética.

Adicionalmente, PRI de 9,3 anos valida a capacidade do sistema para recuperar o capital investido antes de metade da sua vida útil estimada, reforçando a sua adequação para integração em estudos de IP sustentável.

Para além dos resultados financeiros, o sistema apresenta um contributo ambiental significativo. De acordo com o balanço de emissões de CO₂ apresentado no relatório, (Figura 35) o sistema evita 100,4 toneladas de CO₂ ao longo do período de análise, considerando um total líquido de 78,2 toneladas de emissões evitadas, após dedução das 8,91 toneladas associadas ao ciclo de vida dos equipamentos.

Este desempenho confirma o alinhamento da solução com os objetivos nacionais e europeus de neutralidade carbónica, reforçando a relevância da energia solar como estratégia de sustentabilidade aplicada à IP [54].

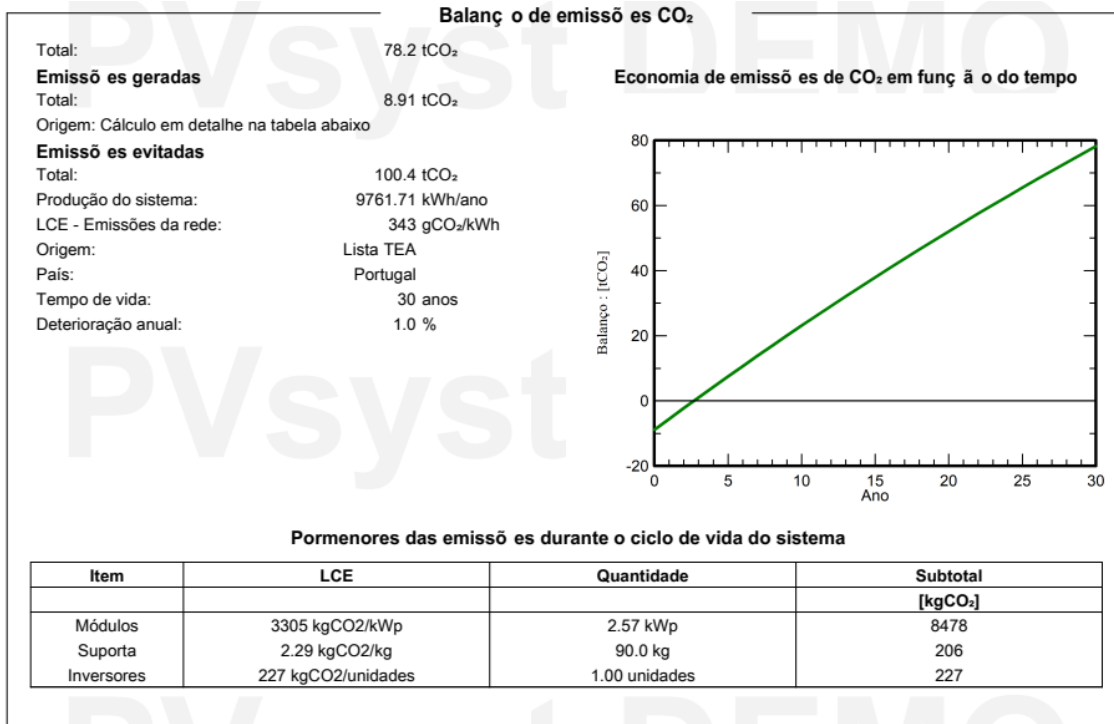


Figura 35 - Balanço de Emissões Co2 [55]

Assim, o investimento em energia solar aplicada à iluminação pública não só se revela tecnicamente fiável como economicamente racional e ambientalmente responsável.

5. Conclusão

O desenvolvimento deste projeto constituiu um exercício técnico e académico de elevada exigência, cujo objetivo central foi o estudo, conceção e dimensionamento das infraestruturas eletrotécnicas de uma urbanização composta por 40 habitações, 2 espaços comerciais e 2 postos de carregamento de veículos elétricos, em total conformidade com a regulamentação nacional e as boas práticas de engenharia.

Ao longo do trabalho, foi possível demonstrar a importância da integração coerente entre as várias especialidades: energia elétrica, telecomunicações e recursos energéticos distribuídos, num contexto de planeamento urbano moderno.

No início do estudo chegámos à conclusão de que a potência total necessária a contratar, para as necessidades da urbanização, após aplicar o fator de correção é de 269,80 kVA. Tendo em conta este valor e também garantindo uma margem de segurança adicional que permita acomodar futuras expansões de carga ou eventuais aumentos de consumo o transformador mais indicado para esta instalação é de 400 kVA da marca Merlin Gerin.

A análise seguiu para o dimensionamento detalhado da rede de baixa tensão, incluindo o cálculo das quedas de tensão, verificação térmica e proteção contra sobrecargas e contra curto-circuitos, conforme os critérios da E-REDES e as disposições do RSREEBT. Esta, deve ser subterrânea e executada com cabos LVAV 3x185 + 95 para os ramais principais e cabos LSVAV 4x16 para os ramais secundários e protegidos no QGBT do posto de transformação por fusíveis.

Relativamente à rede de distribuição de iluminação pública concluímos que a melhor solução seria dividi-la em 2 circuitos, com um primeiro ramal de 8 luminárias e um segundo de 11. Cada luminária tem cerca de 50W em tecnologia LED de alta eficiência, projetadas segundo a norma EN 13201:2015, estar à distância de 25 a 30 metros e ter uma altura de 8 metros.

Para responder às necessidades da urbanização considerámos essencial a implantação de dois postos de carregamento de veículos elétricos em áreas distintas. Cada carregador deve dispor de duas tomadas tipo 2, permitindo o carregamento simultâneo de dois

veículos, com uma potência por tomada variável entre 3,7 kVA e 22 kVA, sendo a configuração nominal prevista de 7,4 kVA por saída.

Relativamente à rede de telecomunicações chegámos à conclusão de que a infraestrutura mais adequada aos requisitos da urbanização será do tipo subterrânea, tendo início no ATU e composta pela rede principal e pela rede de distribuição, usando as caixas CVR e CVM. Os tubos mais adequados serão do tipo PEAD de 110mm e tritubo de 40mm. Esta abordagem evidencia o cuidado em dotar a urbanização de um conjunto de infraestruturas tecnologicamente preparadas, flexíveis e sustentáveis, que acompanharão a evolução digital e energética das próximas décadas.

A inclusão do estudo de um sistema fotovoltaico com armazenamento de energia destinado a alimentar a iluminação pública da urbanização, acrescenta uma dimensão inovadora ao projeto, revelando um compromisso efetivo com a produção descentralizada e o aproveitamento racional da energia.

Neste sentido, podemos concluir, tendo por base os resultados do relatório de uma simulação *PVsyst*, que seriam necessárias 20 unidades de módulos de painéis fotovoltaicos distribuídos por uma área aproximada de 39m², para alimentar a rede de iluminação pública da urbanização.

No que diz respeito à viabilidade económica verificámos que este sistema ao fim de 9,3 anos começa a ser rentável, reduzindo aproximadamente em 78,2 toneladas de CO₂ ao longo do período em análise.

Durante a elaboração do projeto surgiram diversos desafios técnicos e metodológicos que exigiram uma abordagem criteriosa e rigorosa, assim como, a compatibilização entre as várias especialidades, redes elétricas, telecomunicações e produção fotovoltaica.

Revelou-se uma tarefa complexa, sobretudo pela necessidade de assegurar coerência entre os cálculos, as plantas e os critérios regulamentares de cada domínio. A integração das diferentes infraestruturas num mesmo espaço físico.

Referências Bibliográficas

- [1] guia técnico português para instalações elétricas de veículos elétricos.
Acedido em: 15/10/2024.
- [2] E-REDES – Distribuição de Eletricidade, S.A. Manual de Ligações à Rede Elétrica em BT e MT. Lisboa: E-REDES, 2023. Disponível em: <https://www.e-redes.pt/pt-pt/manual-de-ligacoes>. Acedido em: 20/10/2024.
- [3] E-REDES. DIT-C11-010 – Documento Técnico. Disponível em: <https://www.e-redes.pt/sites/eredes/files/2021-05/DIT-C11-010.pdf>. Acedido em: 25/10/2024.
- [4] República Portuguesa. Portaria n.º 949-A/2006. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/portaria/2006-70055500>. Acedido em: 30/10/2024.
- [5] IEC – International Electrotechnical Commission. IEC 60076 – Power Transformers. Disponível em: <https://www.daelimtransformer.com/iec-60076-standard.htm>. Acedido em: 05/11/2024.
- [6] República Portuguesa. Portaria n.º 71/2016. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/71-227639>. Acedido em: 10/11/2024.
- [7] Ormazabal. Aplicaciones de Distribución – Soluções MT/BT. Disponível em: <https://www.ormazabal.com/product/aplicaciones-de-distribucion>. Acedido em: 17/11/2024.
- [8] Schneider Electric. Catálogo Kiobloc 2015. Disponível em: https://www.fegime.pt/images/uploaded/Catalogos/SCHNEIDER_2015_KIOBLOC.pdf. Acedido em: 20/11/2024.
- [9] ABNT. NBR IEC 62271-200. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/379429470/Abnt-Nbr-Iec-62271-200>. Acedido em: 25/11/2024.

- [10] Schneider Electric. Quadros de Média Tensão. Disponível em: <https://www.se.com/pt/pt/product-category/87897>. Acedido em: 03/12/2024.
- [11] DIN – Deutsches Institut für Normung. Normas DIN aplicáveis ao dimensionamento elétrico. Disponível em: <https://www.din.de>. Acedido em: 08/12/2024.
- [12] American Fuse. Fusível HH 25A – 15 a 17,5 kV. Disponível em: <https://www.plenobras.com.br/646a58c3d496504d21dca8de/fusivel-hh-25a-15-175kv-porcelana-american-fuse>. Acedido em: 12/12/2024.
- [13] Alfa Formação. Segurança e Manutenção de Instalações de Média Tensão. Disponível em: <https://www.alfa-formacao.pt/formacao/seguranca-e-manutencao-de-instalacoes-de-media-tensao-pt>. Acedido em: 15/12/2024.
- [14] E-REDES. Manual de Ligações à Rede (versão Provedor do Cliente). Disponível em: <https://provedordocliente.e-redes.pt/Files/PDF/Manual-de-Ligacoes-a-Rede.pdf>. Acedido em: 16/12/2024.
- [15] E-REDES. Manual de Ligações à Rede (versão Provedor do Cliente). Disponível em: <https://provedordocliente.e-redes.pt/Files/PDF/Manual-de-Ligacoes-a-Rede.pdf>. Acedido em: 17/12/2024.
- [16] E-REDES. Manual de Ligações à Rede (versão Provedor do Cliente). Disponível em: <https://provedordocliente.e-redes.pt/Files/PDF/Manual-de-Ligacoes-a-Rede.pdf>. Acedido em: 18/12/2024.
- [17] E-REDES. Manual de Ligações à Rede (versão Provedor do Cliente). Disponível em: <https://provedordocliente.e-redes.pt/Files/PDF/Manual-de-Ligacoes-a-Rede.pdf>. Acedido em: 01/01/2025.
- [18] E-REDES. Manual de Ligações à Rede (versão Provedor do Cliente). Disponível em: <https://provedordocliente.e-redes.pt/Files/PDF/Manual-de-Ligacoes-a-Rede.pdf>. Acedido em: 05/01/2025.
- [19] E-REDES. DMA-C62-801/N – Recursos Energéticos Distribuídos. Disponível em: https://www.e-redes.pt/sites/edd/files/normative_docs/DMA-C62-801N.pdf. Acedido em: 08/01/2025.

[20] República Portuguesa. Decreto Regulamentar n.º 90/84. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-regulamentar/90-1984-396518>. Acedido em: 15/01/2025.

[21] República Portuguesa. Portaria 949-A/2006 – Documento Completo. Disponível em: <https://files.diariodarepublica.pt/1s/2006/09/17501/00020191.pdf>. Acedido em: 20/01/2025.

[22] Caiado. Catálogo AL – Armários de Passeio. Disponível em: <https://www.caiado.pt/images/uploaded/CatalogosCaiado/catalogo-al-nova-gama-armarios-de-passeio.pdf> Acedido em: 09/02/2025.

[23] E-REDES. Manual de Ligações à Rede (versão Provedor). Disponível em: <https://provedordocliente.e-redes.pt/Files/PDF/Manual-de-Ligacoes-a-Rede.pdf>. Acedido em: 15/03/2025.

[24] EN 13201. Norma Europeia de Iluminação Pública. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/172247484/Norma-Europeia-de-Iluminacao-Publica-en-13201>. Acedido em: 12/03/2025.

[25] ElectricOL. Colunas Metálicas para Iluminação Pública. Disponível em: <https://electricol.pt/wp-content/uploads/2019/03/Colunas-Met%C3%A1licas.pdf> Acedido em: 02/04/2025.

[26] Warm LED. 50 W LED Street Light. Disponível em: <https://es.warkedled.com/outdoor-lighting/street-light/50-watt-led-street-light.html> Acedido em: 12/04/2025.

[27] República Portuguesa. Portaria n.º 220/2016. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/220-2016-75126728> Acedido em: 18/04/2025.

[28] EFACEC USA INC. Public Charger G2. Disponível em: https://evcharger.wiki/page/EFACEC_USA_INC_Public_Charger_G2 Acedido em: 15/05/2025.

[29] Mobi.E. Relatório de Atividades da Rede Nacional de Mobilidade Elétrica. Lisboa, 2022. Disponível em: <https://www.mobie.pt> Acedido em: 16/05/2025.

[30] ANACOM. Manual ITUR3 – Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações. Disponível em: https://anacom.pt/streaming/Manual_ITUR3_Vfinal.pdf?contentId=1519181&field=ATTACHED_FILE Acedido em: 17/05/2025.

[31] ANACOM. Manual ITUR3 – Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações. Disponível em: https://anacom.pt/streaming/Manual_ITUR3_Vfinal.pdf?contentId=1519181&field=ATTACHED_FILE Acedido em: 19/05/2025.

[32] ANACOM. Manual ITUR3 – Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações. Disponível em: https://anacom.pt/streaming/Manual_ITUR3_Vfinal.pdf?contentId=1519181&field=ATTACHED_FILE Acedido em: 01/06/2025.

[33] ANACOM. Manual ITUR3 – Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações. Disponível em: https://anacom.pt/streaming/Manual_ITUR3_Vfinal.pdf?contentId=1519181&field=ATTACHED_FILE Acedido em: 04/06/2025.

[34] ANACOM. Manual ITUR3 – Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações. Disponível em: https://anacom.pt/streaming/Manual_ITUR3_Vfinal.pdf?contentId=1519181&field=ATTACHED_FILE Acedido em: 14/06/2025.

[35] ANACOM. Manual ITUR3 – Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações. Disponível em: https://anacom.pt/streaming/Manual_ITUR3_Vfinal.pdf?contentId=1519181&field=ATTACHED_FILE Acedido em: 05/07/2025.

[36] ANACOM. Manual ITUR3 – Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações. Disponível em:

https://anacom.pt/streaming/Manual_ITUR3_Vfinal.pdf?contentId=1519181&field=ATTACHED_FILE Acedido em: 09/07/2025.

[37] ANACOM. Manual ITUR3 – Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações. Disponível em: https://anacom.pt/streaming/Manual_ITUR3_Vfinal.pdf?contentId=1519181&field=ATTACHED_FILE Acedido em: 12/07/2025.

[38] ANACOM. Manual ITUR3 – Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações. Disponível em: https://anacom.pt/streaming/Manual_ITUR3_Vfinal.pdf?contentId=1519181&field=ATTACHED_FILE Acedido em: 19/07/2025.

[39] ANACOM. Manual ITUR3 – Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações. Disponível em: https://anacom.pt/streaming/Manual_ITUR3_Vfinal.pdf?contentId=1519181&field=ATTACHED_FILE Acedido em: 22/07/2025.

[40] APA. Plano Nacional Energia e Clima – PNEC 2030. Disponível em: <https://apambiente.pt/clima/plano-nacional-de-energia-e-clima-pnec>. Acedido em: 25/07/2025.

[41] PVsyst. Documentação Técnica e Website Oficial. Disponível em: <http://www.pvsyst.com/en> Acedido em: 12/10/2025.

[42] PVsyst. Documentação Técnica e Website Oficial. Disponível em: <http://www.pvsyst.com/en> Acedido em: 13/10/2025.

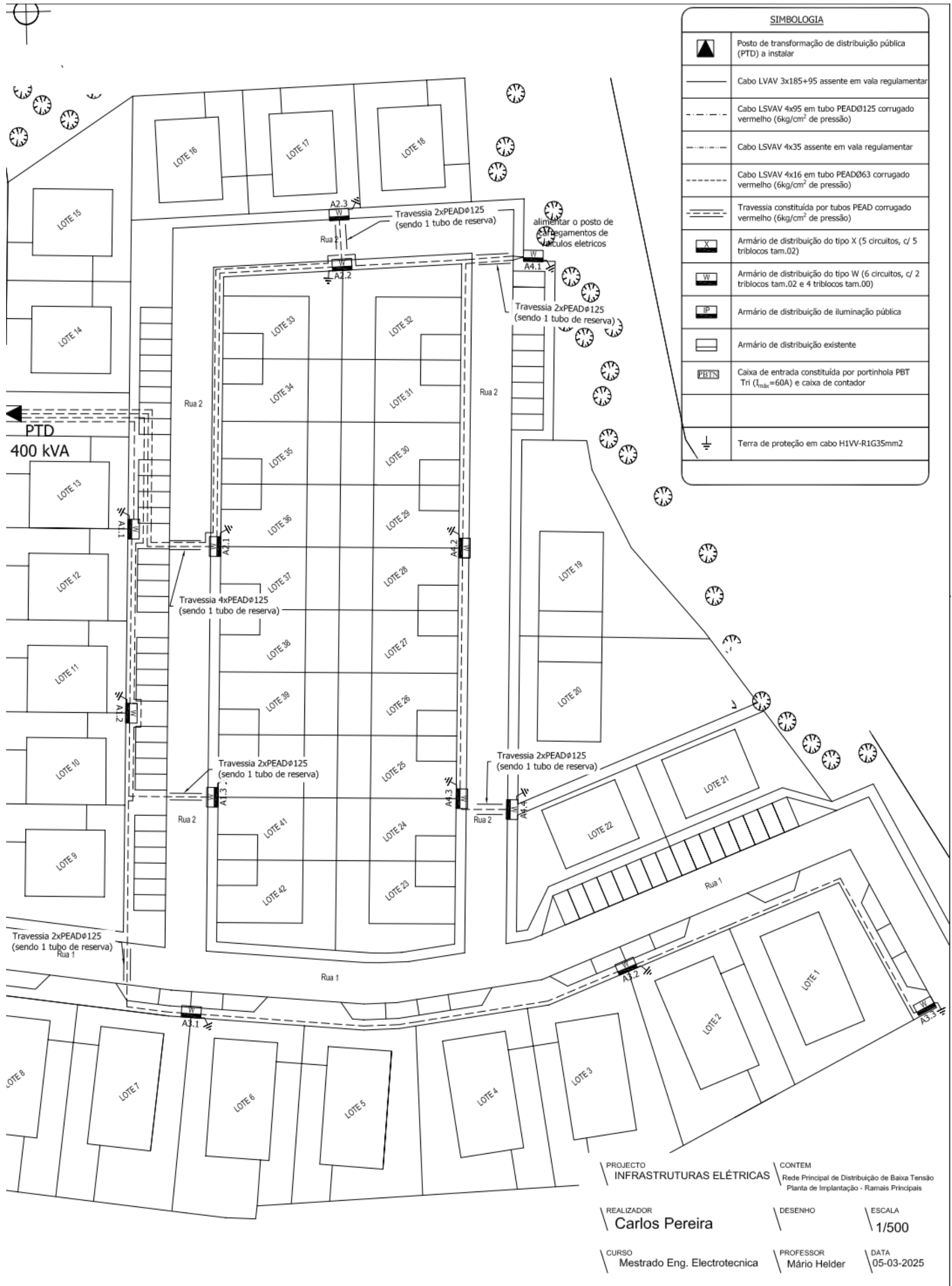
[43] PVGIS. Solar Calculator – Portugal. Disponível em: <https://pvgis.com/en/solar-panels-calculator/urgeses/portugal>. Acedido em: 15/10/2025.

[44] Clean Energy Reviews. Most Efficient Solar Panels 2024–2025. Disponível em: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/most-efficient-solar-panels>. Acedido em: 20/10/2025.

- [45] ENF Solar. PV Panel Datasheet – Crystalline 36678. Disponível em: <https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/36678>. Acedido em: 22/10/2025.
- [46] ENF Solar. PV Panel Datasheet – Crystalline 36678. Disponível em: <https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/36678>. Acedido em: 22/10/2025.
- [47] PVsyst. Relatórios de Simulação – Projeto 2025. Documentos internos exportados do software PVsyst. Acedido em: 23/10/2025.
- [48] Huawei Technologies. SUN2000 Inverter & LUNA2000 Battery – Technical Manual. Shenzhen, 2022. Acedido em: 24/10/2025.
- [49] PV-Partner. Huawei SUN2000-5KTL-L1 – Ficha Técnica. Disponível em: <https://pv-partner.com/produto/huawei-sun2000-5ktl-l1>. Acedido em: 25/10/2025.
- [50] Mankiw, N. G. Princípios de Economia. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2018. Acedido em: 26/10/2025.
- [51] DGEG. Relatório de Preços Médios de Eletricidade – Portugal Continental 2024. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt>. Acedido em: 29/10/2025.
- [52] PVsyst. Relatórios de Simulação – Projeto 2025. Documentos internos exportados do software PVsyst. Acedido em: 30/10/2025
- [53] PVsyst. Relatórios de Simulação – Projeto 2025. Documentos internos exportados do software PVsyst. Acedido em: 31/10/2025
- [54] PVsyst. Relatórios de Simulação – Projeto 2025. Documentos internos exportados do software PVsyst. Acedido em: 02/11/2025
- [55] PVsyst. Relatórios de Simulação – Projeto 2025. Documentos internos exportados do software PVsyst. Acedido em: 5/11/2025

Anexos

Anexo 1- Rede Principal Elétrica



Anexo 2 – Rede de Distribuição elétrica



SIMBOLOGIA	
	Posto de transformação de distribuição pública (PTD) a instalar
	Cabo LVAV 3x185+95 assente em vala regulamentar
	Cabo LSVAV 4x95 em tubo PEADØ125 corrugado vermelho (6kg/cm ² de pressão)
	Cabo LSVAV 4x35 assente em vala regulamentar
	Cabo LSVAV 4x16 em tubo PEADØ63 corrugado vermelho (6kg/cm ² de pressão)
	Travessia constituída por tubos PEAD corrugado vermelho (6kg/cm ² de pressão)
	Armário de distribuição do tipo X (5 circuitos, c/ 5 triblocos tam.02)
	Armário de distribuição do tipo W (6 circuitos, c/ 2 triblocos tam.02 e 4 triblocos tam.00)
	Armário de distribuição de iluminação pública
	Armário de distribuição existente
	Caixa de entrada constituída por portinhola PBT Tri (I _{max} =60A) e caixa de contador
	Posto de Carregamento de Veículos Elétricos
	Terra de proteção em cabo H1W-R1G35mm2

PROJECTO
INFRAESTRUTURAS ELÉTRICAS

CONTEM
Rede Principal de Distribuição de Baixa Tensão
Planta de Implantação - Dos Armários as PBT

REALIZADOR
Carlos Pereira

DESENHO

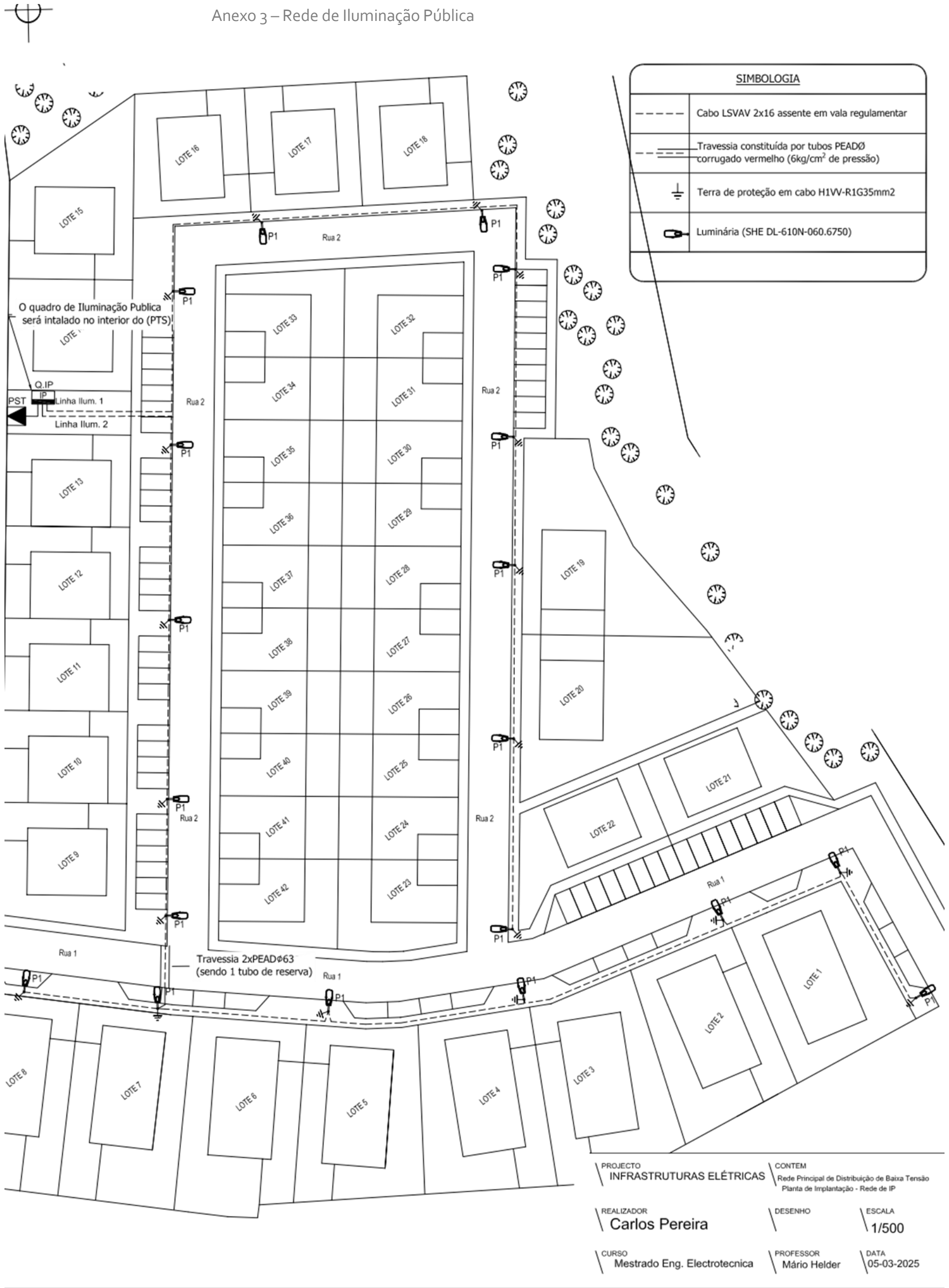
ESCALA
1/500

CURSO
Mestrado Eng. Electrotecnica

PROFESSOR
Mário Helder

DATA
05-03-2025

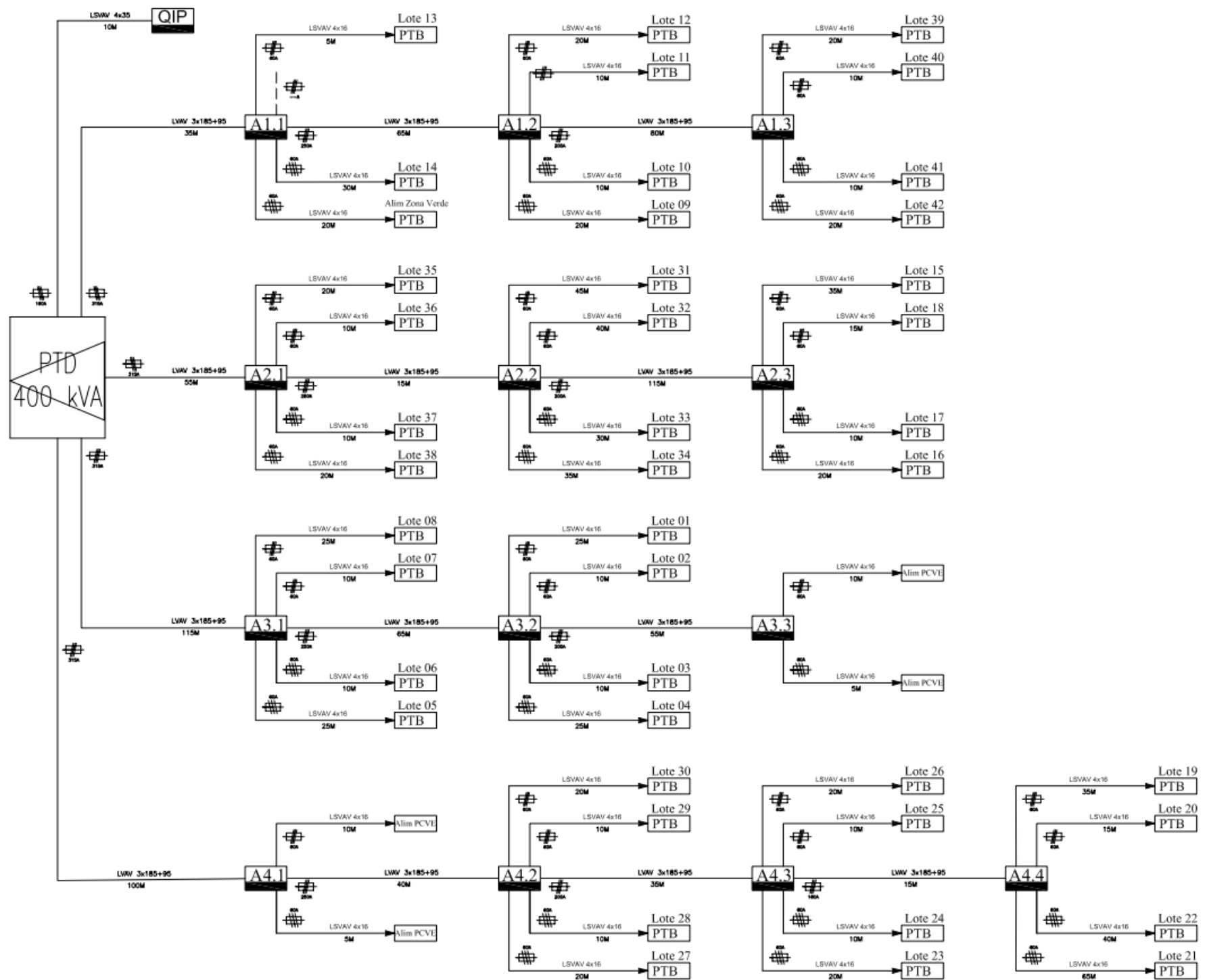
Anexo 3 – Rede de Iluminação Pública



Anexo 4 – Cálculos dos Ramais elétricos da Urbanização

Troço	Instalações (Un)	Pot. (kVA)	Tipo (cabo)	S (mm ²)	Comp (m)	IB (A)	In (A)	Iz (A)	Is=1,6*In (A)	1,45Iz (A)	q.d.t. (Total) (V)	q.d.t. (total) (%)	Icc Real (A)
PT - A1.1	2	87,37	LVAV	185	35	126	315	355	504	515	0,67	0,29	16226
A1.1 - Lote 13	1	13,80	LSVAV	16	5	20	80	90	128	131	0,85	0,37	24779
A1.1 - Lote 14	1	13,80	LSVAV	16	30	20	80	90	128	131	1,73	0,75	4130
A1.1 - A1.2	4	66,24	LVAV	185	65	96	160	355	256	515	1,62	0,70	8737
A1.2 - Lote 12	1	13,80	LSVAV	16	20	20	80	90	128	131	2,32	1,01	6195
A1.2 - Lote 11	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	1,97	0,86	12390
A1.2 - Lote 10	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	1,97	0,86	12390
A1.2 - Lote 09	1	13,80	LSVAV	16	20	20	80	90	128	131	2,32	1,01	6195
A1.2 - A1.3	4	33,12	LVAV	185	80	48	200	355	320	515	2,20	0,96	7099
A1.3 - Lote 39	1	13,80	LSVAV	16	20	20	80	90	128	131	2,91	1,26	6195
A1.3 - Lote 40	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	2,55	1,11	12390
A1.3 - Lote 41	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	2,55	1,11	12390
A1.3 - Lote 42	1	13,80	LSVAV	16	20	20	80	90	128	131	2,91	1,26	6195
PT - A2.1	4	99,36	LVAV	185	55	143	160	355	256	515	1,20	0,52	10325
A2.1 - Lote 38	1	13,80	LSVAV	16	20	20	80	90	128	131	1,90	0,83	6195
A2.1 - Lote 37	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	1,55	0,68	12390
A2.1 - Lote 36	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	1,55	0,68	12390
A2.1 - Lote 35	1	13,80	LSVAV	16	20	20	63	90	100,8	131	1,90	0,83	6195
A2.1 - A2.2	4	66,24	LVAV	185	15	96	200	355	320	515	1,42	0,62	37860
A2.1 - Lote 34	1	13,80	LSVAV	16	35	20	80	90	128	131	2,65	1,15	3540
A2.1 - Lote 33	1	13,80	LSVAV	16	30	20	80	90	128	131	2,47	1,08	4130
A2.1 - Lote 32	1	13,80	LSVAV	16	40	20	80	90	128	131	2,83	1,23	3097
A2.1 - Lote 31	1	13,80	LSVAV	16	45	20	63	90	100,8	131	3,00	1,30	2753
A2.2 - A2.3	4	33,12	LSVAV	185	115	48	200	355	320	515	2,26	0,98	4938
A1.2 - Lote 18	1	13,80	LSVAV	16	15	20	80	90	128	131	2,79	1,21	8260
A1.2 - Lote 17	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	2,61	1,13	12390
A1.2 - Lote 16	1	13,80	LSVAV	16	20	20	80	90	128	131	2,96	1,29	6195
A1.2 - Lote 15	1	13,80	LSVAV	16	35	20	80	90	128	131	3,49	1,52	3540
PT - A3.1	4	97,94	LVAV	185	115	141	200	355	320	515	2,48	1,08	4938
A3.1 - Lote 08	1	13,80	LSVAV	16	25	20	80	90	128	131	3,36	1,46	4956
A3.1 - Lote 07	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	2,83	1,23	12390
A3.1 - Lote 06	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	2,83	1,23	12390
A3.1 - Lote 05	1	13,80	LSVAV	16	25	20	80	90	128	131	3,36	1,46	4956
A3.1 - A3.2	4	64,82	LVAV	185	65	94	200	355	320	515	3,41	1,48	8737
A3.2 - Lote 04	1	13,80	LSVAV	16	25	20	80	90	128	131	4,28	1,86	4956
A3.2 - Lote 03	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	3,76	1,63	12390
A3.2 - Lote 02	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	3,76	1,63	12390
A3.2 - Lote 01	1	13,80	LSVAV	16	25	20	80	90	128	131	4,28	1,86	4956
A3.2 - A3.3	2	31,70	LVAV	185	55	46	200	355	320	515	3,79	1,65	10325
PVCE	1	20,70	LSVAV	16	10	30	80	90	128	131	4,32	1,88	12390
PVCE	1	20,70	LSVAV	16	5	30	80	90	128	131	4,05	1,76	24779
PT - A4.1	2	131,06	LVAV	185	100	189	200	355	320	515	2,88	1,25	5679
PVCE	1	20,70	LSVAV	16	10	30	80	90	128	131	3,41	1,48	12390
PVCE	1	20,70	LSVAV	16	5	30	80	90	128	131	3,15	1,37	24779
A4.1 - A4.2	4	99,36	LVAV	185	40	143	200	355	320	515	3,76	1,63	14197
A4.2 - Lote 30	1	13,80	LSVAV	16	20	20	80	90	128	131	4,46	1,94	6195
A4.2 - Lote 29	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	4,11	1,79	12390
A4.2 - Lote 28	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	4,11	1,79	12390
A4.2 - Lote 27	1	13,80	LSVAV	16	20	20	80	90	128	131	4,46	1,94	6195
A4.2 - A4.3	4	66,24	LVAV	185	35	96	200	355	320	515	4,27	1,86	16226
A4.3 - Lote 26	1	13,80	LSVAV	16	20	20	80	90	128	131	4,97	2,16	6195
A4.3 - Lote 25	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	4,62	2,01	12390
A4.3 - Lote 24	1	13,80	LSVAV	16	10	20	80	90	128	131	4,62	2,01	12390
A4.3 - Lote 23	1	13,80	LSVAV	16	20	20	80	90	128	131	4,97	2,16	6195
A4.3 - A4.4	4	33,12	LVAV	185	15	48	200	355	320	515	4,38	1,90	37860
A4.4 - Lote 19	1	13,80	LSVAV	50	35	20	80	90	128	131	4,77	2,07	8468
A4.4 - Lote 20	1	13,80	LSVAV	16	15	20	80	90	128	131	4,90	2,13	8260
A4.4 - Lote 22	1	13,80	LSVAV	50	40	20	80	90	128	131	4,83	2,10	7410
A4.4 - Lote 21	1	13,80	LSVAV	70	65	20	80	90	128	131	4,90	2,13	5610
Cir.1 Iluminação	1	0,40	LVAV	35	210	1	80	95	128	138	0,10	0,04	1102
Cir.2 Iluminação	1	0,55	LVAV	35	230	1	80	95	128	138	0,15	0,06	1006
q.d.t. (máx)											2,16		

Anexo 5 – Diagrama da Rede de Distribuição Elétrica



PROJECTO
INFRASTRUTURAS ELÉTRICAS

CONTEM
Diagrama da Rede de Distribuição BT

REALIZADOR
Carlos Pereira

DESENHO

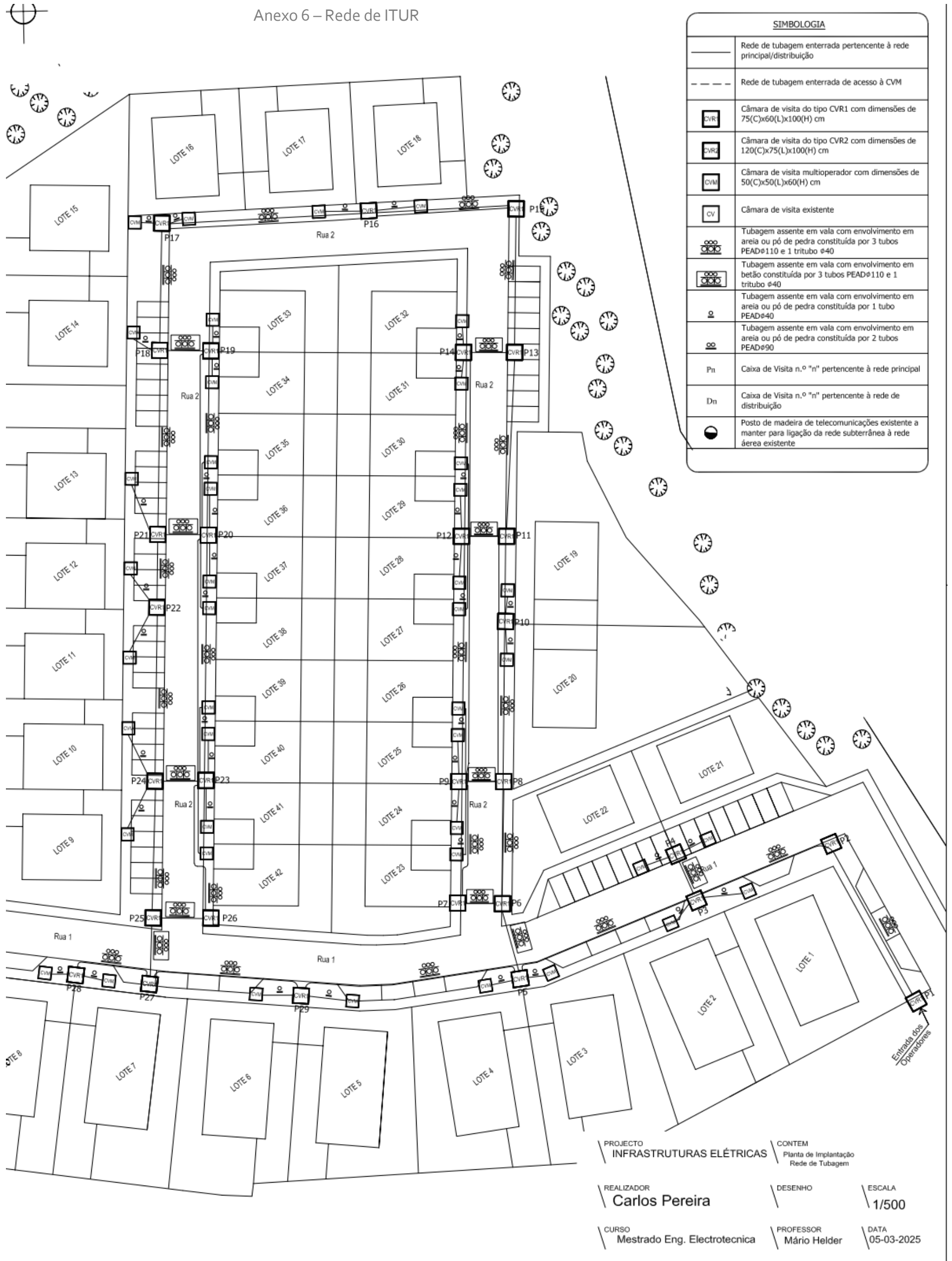
ESCALA
1/500

CURSO
Mestrado Eng. Electrotecnica

PROFESSOR
Mário Helder

DATA
05-03-2025

Anexo 6 – Rede de ITUR





Projeto: DER_Iluminação Publica

Variante: Simulação 1

PVsyst V8.0.16

VC0, Data da simulação: 25/11/25 20:36
com V8.0.16

Parâmetros gerais

Sistema acoplado à rede		Sem desenho 3D de sombras, sem sombras	
Orientação #1		Modelos utilizados	Horizonte
Plano fixo		Transposição	Perez
Inclinação/Azimute	35 / 0 °	Difuso	Perez, Meteorom
		Cicumsolar	separado
Sombras próximas		Armazenamento	
sem sombras		Tipo	autoconsumo
Exigências do consumidor			
Carga constante fixa			
417 W			
Global			
3650 kWh/Ano			

Características do grupo FV

Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Generic	Fabricante	Huawei Technologies
Modelo	Poly 285 Wp 72 cells	Modelo	SUN2000-5KTL-L1
	(Base de dados original do PVsyst)		(Base de dados original do PVsyst)
Potência unitária	285 Wp	Potência unitária	5.00 kWca
Número de módulos FV	20 unidades	Número de inversores	2 * MPPT 50% 1 unidade
Nominal (STC)	5.70 kWp	Potência total	5.0 kWca
Módulos	4 string x 5 Em série	Tensão de funcionamento	80-600 V
Em condições de func. (50° C)		Potência máx. (=>40°C)	5.50 kWca
Pmpp	5.16 kWp	Rácio Pnom (DC:AC)	1.14
Umpp	163 V	Não há partilha de potência entre MPPTs	
Impp	32 A		
Potência FV total		Potência total inversor	
Nominal (STC)	6 kWp	Potência total	5 kWca
Total	20 módulos	Número de inversores	1 unidade
Superfície módulos	38.8 m²	Rácio Pnom	1.14
Superfície célula	34.9 m²		

Armazenamento em rede - autoconsumo

Bateria		Carregador da bateria	
Fabricante	Huawei	Modelo	Genérico
Modelo	Luna2000 - Battery Pack 16.1 kWh	Potência máx. de carregamento	3.10 kWdc
Conjunto baterias		Efic. Máx/Euro	97.0 / 95.0 %
Número de unidades	1 unidade	Inversor Bateria-Rede	
Tensão	58 V	Modelo	Genérico
Capacidade nominal (C10)	280 Ah	Potência máx. de descarregamento	3.00 kWac
Nominal energy	16.1 kWh	Efic. Máx/Euro	97.0 / 95.0 %
Operating SOC limits	90.0 / 20.0 %		
Useable energy	11.3 kWh		
Operating temperature	Temp. ambiente exterior		



Projeto: DER_Iluminação Publica

Variante: Simulação 1

PVsyst V8.0.16

VC0, Data da simulação: 25/11/25 20:36
com V8.0.16

Resultados principais

Produção do sistema

Energia produzida	9263.8 kWh/ano	Produção específica	1625 kWh/kWp/ano
Energia utilizada	3650.0 kWh/ano	Índice de perf. PR	82.63 %
		Fração solar	99.06 %

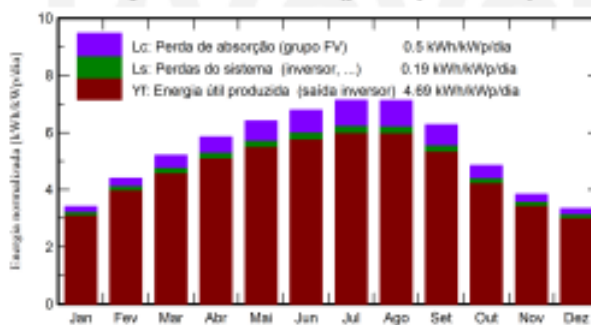
Envelhecimento da bateria (Estado de deterioração)

Ciclos SOW	96.4 %
SOW estático	90.2 %

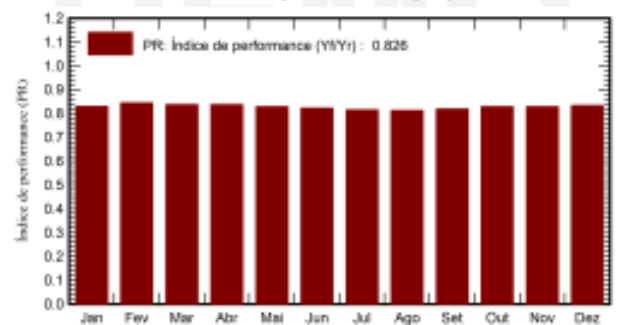
Avaliação económica

Investimento		Custo anual		LCOE	
Global	21 930.00 EUR	Anuidades	0.00 EUR/ano	Custo da energia	0.14 EUR/kWh
Específico	3.85 EUR/Wp	Custos operação	1 012.87 EUR/ano		
		Período amortização	9.3 anos		

Produções normalizadas (por kWp instalado)



Índice de performance (PR)



Balances e resultados principais

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Janeiro	64.7	32.40	9.91	105.9	103.7	574	310	310	191	0.1
Fevereiro	84.3	38.50	10.56	123.2	120.6	664	280	277	317	3.5
Março	131.3	52.60	13.03	161.4	157.5	847	310	310	461	0.5
Abril	161.2	63.30	14.37	175.2	170.5	912	300	300	536	0.0
Mai	206.9	70.50	16.91	198.4	192.2	1016	310	310	627	0.0
Junho	220.0	73.20	19.33	203.6	197.3	1031	300	300	654	0.0
Julho	235.6	60.90	20.69	221.0	214.2	1106	310	310	716	0.0
Agosto	211.0	56.20	21.22	220.6	214.6	1104	310	310	712	0.0
Setembro	157.0	50.60	19.67	188.2	183.6	954	300	300	579	0.0
Outubro	108.7	45.90	17.55	150.3	147.0	782	310	310	400	0.0
Novembro	70.1	29.60	12.76	115.3	113.0	616	300	296	249	4.2
Dezembro	57.6	25.10	10.85	103.6	101.5	559	310	284	208	26.0
Ano	1708.4	598.80	15.60	1966.9	1915.9	10164	3650	3616	5648	34.3

Legendas

GlobHor	Irradiação horizontal total	EArray	Energia efetiva à saída do grupo
DiffHor	Irradiação difusa horizontal	E_User	Energia fornecida ao consumidor
T_Amb	Temperatura ambiente	E_Solar	Energia do sol
GlobInc	Incidência global no plano dos sensores	E_Grid	Energia injetada na rede
GlobEff	Global efetivo, corrigido para IAM e sombras	EFrGrid	Energia de rede