

ALEXANDRE SILVA MEALHA

**CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE
UM PROJETO DE SERVIÇO PÚBLICO**



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Instituto Superior de Engenharia

2020

ALEXANDRE SILVA MEALHA

**CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE
UM PROJETO DE SERVIÇO PÚBLICO**

Mestrado em Engenharia Elétrica e Eletrónica

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Doutor João Gomes



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Instituto Superior de Engenharia

2020

CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DE SERVIÇO PÚBLICO

Declaração de autoria de trabalho

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

(Alexandre Silva Mealha)

Copyright, Alexandre Silva Mealha

A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

A realização do presente relatório de estágio marca uma importante etapa da minha vida, que só foi possível graças a várias pessoas, que de uma forma ou de outra, colaboraram comigo para atingir esta meta. Quero assim expressar os meus maiores e sinceros agradecimentos.

Agradeço ao meu orientador Doutor João Gomes pelo incentivo, disponibilidade e apoio prestado no decorrer do estágio.

Agradeço ao Professor Vítor Lopes pela iniciativa do tema a desenvolver e pelas suas contribuições na realização deste relatório.

Agradeço à Electroeng - Engenharia Electrotécnica, Unipessoal Lda, nomeadamente ao Eng.º José Ribeiro, por me ter facultado todas as condições ideais laborais para o meu desenvolvimento profissional e por toda a sabedoria e experiência transmitidas.

Quero manifestar também a minha gratidão a todos os colegas, engenheiros e técnicos, com quem pude trocar conhecimentos e aos que de forma recorrente solicitei esclarecimentos.

RESUMO

O presente trabalho diz respeito ao estágio realizado na Electroeng - Engenharia Electrotécnica, Unipessoal Lda, empresa especializada na elaboração de projetos de instalações elétricas e de infraestruturas de telecomunicações, de acordo com normas técnicas.

O trabalho na empresa é desenvolvido sob a orientação do Eng.º José Ribeiro, membro efetivo da ordem dos engenheiros, com vasta experiência e conhecimento no âmbito dos projetos de instalações elétricas de serviço público.

No que respeita a este tipo de projetos, as normas e regulamentos encontram-se muito dispersos, não existindo um documento único que englobe toda a documentação essencial para a elaboração de um projeto de serviço público.

Este trabalho tem como objetivo criar um documento de fácil interpretação, com uma linguagem simples, intuitiva e direta, que reúna toda essa informação necessária, tornando-se assim um possível objeto de consulta para projetistas da área.

Para a elaboração do presente documento, procedeu-se à pesquisa de legislação, livros, sites, etc. Isto com um trabalho paralelo no desenvolvimento de projetos reais e respetivos contactos com os operadores de rede.

Como resultado final, conseguiu-se produzir um documento guia que reúne os elementos necessários à correta elaboração de um projeto de instalações elétricas de serviço público. E não menos importante, foi possível aprofundar conhecimento e alcançar um considerável nível de prática nesta área.

No entanto, sendo uma área de tão vasta matéria, não foi possível aprofundar todas as temáticas, ficando determinados pormenores por abordar, daí o presente trabalho não dispensar a consulta da regulamentação em vigor, bem como o acompanhamento da sua atualização.

Termos chave: Projetos de serviço público, rede de distribuição em baixa tensão, iluminação pública, instalações elétricas de serviço público.

ABSTRACT

This work was a result of an internship at the company Electroeng - Engenharia Electrotécnica, Unipessoal Lda, specialised in the development of projects of electrical and telecommunications installations, following technical norms.

The internship was carried out under the supervision of Engineer José Ribeiro, member of the Portuguese Professional Engineering Council, with extensive experience and knowledge in projects of electrical installations for the public sector.

Technical norms and regulations for this type of projects are very dispersed, and there does not exist a unique document containing all documentation necessary to design an electrical project for the public sector.

The aim of this work was to produce a document that is easy to understand, written in a clear, intuitive and direct language, that gathers all the required information and that can therefore be utilised as a reference of consultation for designers in the area.

For the elaboration of this document, a review of references such as legislation, books, websites, and others, was carried out. This research work was performed in parallel with the development of professional projects of electrical installations and respective contact with the electrical network operators.

The outcome of this work was a document guide that gathers the necessary elements for the correct design of a project of an electrical installation for the public sector. Additionally, it was possible to deepen technical knowledge and practice in this area.

However, as this technical area is quite vast, it was not possible to extensively investigate all topics, leaving some details to explore. Hence, the present work does not exempt from the consultation of up to date regulations.

Keywords: Project for the public sector, low-voltage distribution networks, street lighting, electrical installations for the public sector.

ÍNDICE

1.	Introdução.....	1
1.1.	Enquadramento	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.3.	Estrutura do documento.....	3
2.	Regulamentos, normas e documentos normativos	4
2.1.	Generalidades	4
2.2.	Regulamentos	4
2.3.	Normas.....	5
2.4.	Documentos normativos do ORD.....	5
3.	Rede de distribuição em baixa tensão	7
3.1.	Generalidades	7
3.2.	Postos de transformação e seccionamento.....	7
3.2.1.	Classificação	8
3.2.2.	Soluções normalizadas pela DGEG.....	10
3.2.3.	Posto de transformação aéreo	10
3.2.4.	Posto de transformação em gaiola	12
3.2.5.	Posto de transformação em cabina alta.....	13
3.2.6.	Posto de transformação em cabina baixa de construção tradicional.....	15
3.2.7.	Posto de transformação em cabina baixa pré-fabricada.....	18
3.2.8.	Posto de transformação integrado em edifício para outros usos.....	21
3.2.9.	Posto de transformação subterrâneo	22
3.2.10.	Transição aérea-subterrânea	23
3.2.11.	Seccionadores, interruptores-seccionadores, fusíveis e disjuntores MT	24
3.2.12.	Descarregadores de sobretensões.....	26
3.2.13.	Quadros de média tensão	27
3.2.14.	Transformadores de medida.....	28

3.2.15.	Transformadores de potência.....	29
3.2.16.	Quadro de baixa tensão.....	33
3.2.17.	Encravamentos.....	34
3.2.18.	Terras	35
3.2.19.	Iluminação, tomadas e acessórios regulamentares	37
3.3.	Redes aéreas	38
3.3.1.	Generalidades.....	38
3.3.2.	Cabos	38
3.3.3.	Apoios e acessórios.....	39
3.4.	Redes subterrâneas	40
3.4.1.	Generalidades.....	40
3.4.2.	Cabos	40
3.4.3.	Valas	41
3.4.4.	Armários de distribuição.....	42
3.5.	Ligação aos consumidores.....	43
3.5.1.	Ligações à rede MT	43
3.5.2.	Ligações à rede BT	44
4.	Rede de iluminação pública	46
4.1.	Generalidades	46
4.2.	Conceitos de luminotécnica.....	47
4.3.	Fontes de luz.....	48
4.4.	Luminárias	49
4.5.	Suportes	49
4.6.	Regulação de fluxo	51
4.7.	Sistemas de controlo e gestão	51
4.8.	Ligações à terra.....	52
5.	Cálculos de dimensionamento.....	53

5.1.	Potências.....	53
5.2.	Queda de tensão.....	53
5.3.	Proteção contra sobrecargas	53
5.4.	Proteção contra curto-circuitos	55
6.	Restrições impostas pelo ORD.....	57
6.1.	Generalidades	57
6.2.	Rede de distribuição em baixa tensão.....	57
6.2.1.	Postos de transformação	57
6.2.2.	Redes aéreas.....	78
6.2.3.	Redes subterrâneas.....	79
6.2.4.	Ligação aos consumidores	81
6.3.	Rede de iluminação pública.....	88
6.3.1.	Requisitos luminotécnicos	89
6.3.2.	Luminárias	91
6.3.3.	Suportes	92
6.3.4.	Quadro elétrico	94
6.3.5.	Cabos	95
6.3.6.	Regulação de fluxo	96
6.3.7.	Sistemas de controlo e gestão	96
6.3.8.	Arquitetura da rede	97
6.3.9.	Ligações à terra.....	98
6.4.	Cálculos de dimensionamento	99
6.4.1.	Potências	99
6.4.2.	Queda de tensão	100
6.4.3.	Corrente máxima de serviço para o cabo ou condutor.....	100
6.4.4.	Seletividade das proteções	101
6.4.5.	Comprimentos máximos protegidos contra curto-circuitos.....	102

6.4.6.	Curto-circuito real.....	103
7.	Aplicação em projeto	104
7.1.	Constituição do processo	104
7.2.	Estudo prévio.....	106
7.3.	Elaboração do projeto.....	106
7.3.1.	Caso de estudo	106
7.3.2.	Definição de potências em jogo.....	107
7.3.3.	Infraestruturas existentes	108
7.3.4.	Implantação da RBT	108
7.3.5.	Implantação da RIP.....	110
7.3.6.	Esquemas unifilares simplificados.....	112
7.3.7.	Cálculos	114
7.3.8.	Desenhos de pormenores-tipo.....	117
7.3.9.	Medições e orçamento	117
7.3.10.	Disposições finais e tramitação.....	117
8.	Conclusões	119
	Bibliografia.....	121
	Anexos.....	129
	Anexo I – Tipos de PT aéreo	130
	Anexo II – PT cabina alta tipo CA2	131
	Anexo III – CMOD normalizados.....	132
	Anexo IV – BRA normalizados	133
	Anexo V – Esquemas unifilares QBT	134
	Anexo VI – Designação de cabos e condutores isolados	136
	Anexo VII – Pormenores de valas e travessias tipo	137
	Anexo VIII – Ligações à rede MT	139
	Anexo IXA – Ligações à rede BT aérea.....	143

Anexo IXB – Ligações à rede BT subterrânea.....	145
Anexo IXC – Ligações à rede BT aérea-subterrânea	146
Anexo X – Quadro elétrico para IP	147
Anexo XI – Fusíveis tipo gG.....	148
Anexo XII – Intensidades de corrente admissíveis dos cabos.....	149
Anexo XIII – Rede de baixa tensão.....	151
Anexo XIV – Rede de iluminação pública.....	153
Anexo XV – Folhas de cálculos	155
Anexo XVI – Pormenor de Candeeiro de IP	156
Anexo XVII – Mapa de medições e estimativa orçamental	157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 – Exemplo de PT aéreo	11
Figura 3.2 – Trabalhos de substituição de um PT em gaiola [9].....	12
Figura 3.3 – Exemplo de PT em gaiola [10]	13
Figura 3.4 – Exemplo de PT em cabina alta	14
Figura 3.5 – Exemplo de PT em cabina baixa de construção tradicional	16
Figura 3.6 – Planta de PT tipo CBU de construção tradicional [12].....	17
Figura 3.7 – Planta de PT tipo CBL de construção tradicional [12]	17
Figura 3.8 – Cabinas pré-fabricadas de manobra interior (esquerda) e manobra exterior (direita)	19
Figura 3.9 – Exemplo de PT em cabina baixa pré-fabricada em betão armado.....	19
Figura 3.10 – Exemplo de PT em cabina pré-fabricada com invólucro metálico [13]	20
Figura 3.11 – Exemplo de PT integrado em edifício destinado a outros usos	21
Figura 3.12 – Exemplo de PT subterrâneo pré-fabricado em fase de instalação [14].....	22
Figura 3.13 – Exemplo de transição aérea-subterrânea.....	23
Figura 3.14 – Exemplo de seccionador de facas [16]	24
Figura 3.15 – Exemplo de interruptor-seccionador [16].....	24
Figura 3.16 – Exemplo de interruptor-seccionador-fusível [17].....	25
Figura 3.17 – Exemplo de disjuntor de corte no vácuo [18]	25
Figura 3.18 - Pormenor com DST instalados na cuba do transformador	26
Figura 3.19 - DST instalados no exterior da cabina	27
Figura 3.20 – Exemplo de QMT modular [19]	28
Figura 3.21 – Exemplo de QMT modular compacto [20].....	28
Figura 3.22 – Exemplo de TT (à esquerda) e de TI (à direita) [21]	29
Figura 3.23 – Exemplo de transformador hermético em banho de óleo [22].....	29
Figura 3.24 – Exemplo de transformador seco [23].....	29
Figura 3.25 – Exemplo de QBT exterior	33
Figura 3.26 – Exemplo de QBT interior	34
Figura 3.27 – Exemplo de eléctrodo de terra em cabo nu, configurado em serpentina [30]	37
Figura 3.28 – Cabos em torçada: técnica escandinava (esquerda) e técnica francesa (direita)	38
Figura 3.29 – Exemplo de rede érea.....	40
Figura 3.30 – Cabo armado	41

Figura 3.31 – Vala.....	41
Figura 3.32 – Exemplo de AD	43
Figura 3.33 – Ponto fronteira em PTC em cabina baixa com contagem no lado MT pertencente ao ORD.....	44
Figura 3.34 – Exemplo de portinhola.....	45
Figura 3.35 – Exemplo de caixa de contagem	45
Figura 4.1 – Exemplo de luminária instalada em apoio de rede aérea.....	46
Figura 4.2 - Exemplo de luminária instalada em coluna.....	47
Figura 4.3 – Quadro elétrico em coluna de IP.....	50
Figura 4.4 – Luminária com <i>Nema Socket</i> (à esquerda) e luminária com antena (à direita) [36] [37]	52
Figura 5.1 – “Regra do triângulo” aplicada à proteção de canalizações contra curto-circuitos [7]	56
Figura 6.1 - Trânsito de informação no sistema.....	97
Figura 6.2 – Coordenação entre canalizações e respetivos aparelhos de proteção	101
Figura 7.1 – Esquema unifilar MT	109
Figura 7.2 – Resultados do cálculo luminotécnico dentro dos limites aceitáveis	111
Figura 7.3 - Resultados do cálculo luminotécnico com valores fora dos limites aceitáveis ..	112
Figura 7.4 – Diagrama de sombreado	112
Figura 7.5 – Esquema unifilar simplificado da RBT	113
Figura 7.6 - Esquema unifilar simplificado da RIP.....	113
Figura A.1 – Ligação do PT aéreo tipo A à rede MT.....	130
Figura A.2 – Ligação do PT aéreo tipo AS à rede MT	130
Figura A.3 – Ligação do PT aéreo tipo AI-1 e AI-2 à rede MT.....	130
Figura A.4 – Exemplo de cortes de cabine alta tipo CA2 [4]	131
Figura A.5 – CMOD normalizados [57]	132
Figura A.6 – BRA normalizados [58].....	133
Figura A.7 – Esquema unifilar do Quadro R630 CIP sem acoplamento [28].....	134
Figura A.8 – Esquema unifilar do Quadro R630 CDJ [29].....	135
Figura A.9 – Perfil de vala tipo para rede BT	137
Figura A.10 – Perfil de vala tipo para rede BT e rede MT	137
Figura A.11 – Perfil de travessia tipo normal	138
Figura A.12 – Perfil de travessia tipo especial.....	138
Figura A.13 – Pontos fronteira de um PTC tipo AI ou AS [79]	139

Figura A.14 - Pontos fronteira de um PTC tipo CA2 [79].....	140
Figura A.15 – Pontos fronteira de um PTC tipo cabina baixa com PS anexo [79].....	140
Figura A.16 – Pontos fronteira de um PTC tipo cabina baixa com transição aérea-subterrânea propriedade do ORD [79].....	141
Figura A.17 – Pontos fronteira de um PTC tipo cabina baixa com transição aérea-subterrânea propriedade do cliente [79]	142
Figura A.18 – Ligação a partir de rede aérea de edifícios com uma instalação de utilização dotados de muro com pilar [85]	143
Figura A.19 – Ligação a partir de rede aérea de edifícios com uma instalação de utilização dotados de muro sem pilar (poste encostado ou intercalado no muro) [85]	143
Figura A.20 – Ligação a partir de rede aérea de edifícios com uma instalação de utilização dotados de muro sem pilar (poste ligeiramente afastado do muro) [85].....	144
Figura A.21 – Ligação a partir de rede aérea de edifícios com uma instalação de utilização e fachada confinante com a via pública (sem muro) [85].....	144
Figura A.22 – Ligação a partir de rede subterrânea de edifícios com uma instalação de utilização dotados de muro [85].....	145
Figura A.23 – Ligação a partir de rede subterrânea de edifícios com uma instalação de utilização sem muro a partir de rede subterrânea [85].....	145
Figura A.24 – Exemplo de uma ligação mista aérea-subterrânea	146
Figura A.25 – Quadro QEC-1-2-D [97].....	147
Figura A.26 – Pormenor de candeeiro de IP	156

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Dimensões das cabinas altas CA1 e CA2.....	14
Quadro 3.2 – Dimensões interiores das cabinas baixas CBU e CBL [12].....	16
Quadro 3.3 – Análise comparativa entre transformadores em banho de óleo e secos [4]	30
Quadro 3.4 – Grupos de ligações mais habituais em transformadores MT/BT	31
Quadro 3.5 – Significado da codificação da refrigeração dos transformadores [5].....	32
Quadro 5.1 – Correntes características dos fusíveis gG [41].....	54
Quadro 5.2 – Tempos convencionais de funcionamento dos fusíveis gG [41].....	54
Quadro 6.1 – Diferenças entre os PT aéreos R100 e R250	58
Quadro 6.2 – Análise comparativa simplificada entre as CP de manobra interior e exterior ..	61
Quadro 6.3 – Documentos de referência em função da tensão estipulada do seccionador	63
Quadro 6.4 – Documentos de referência em função da tensão estipulada do interruptor-seccionador.....	63
Quadro 6.5 – Características dos elementos de substituição [48]	63
Quadro 6.6 – Correspondência entre fusíveis MT e transformadores MT/BT [48].....	64
Quadro 6.7 – Calibre máximo do fusível BT que garante a seletividade com fusível MT	64
Quadro 6.8 – Principais características elétricas dos interruptores-seccionadores-fusíveis	65
Quadro 6.9 – Principais características elétricas dos disjuntores.....	65
Quadro 6.10 – Principais características dos DST	66
Quadro 6.11 – Correntes estipuladas em serviço contínuo nos CMOD.....	67
Quadro 6.12 - Correntes estipuladas em serviço contínuo nos BRA.....	68
Quadro 6.13 – Transformadores de medida e respetivo DMA	69
Quadro 6.14 – Tipos de montagem e utilização dos transformadores herméticos [59]	69
Quadro 6.15 – Características dos transformadores herméticos	70
Quadro 6.16 – Valores de tensão estipulada de curto-circuito nos transformadores herméticos [59]	70
Quadro 6.17 – Características dos transformadores secos	71
Quadro 6.18 - Valores de tensão estipulada de curto-circuito nos transformadores secos	71
Quadro 6.19 – Principais características dos QBT de exterior	72
Quadro 6.20 – Características dos transformadores de corrente	73
Quadro 6.21 - Principais características dos QBT de interior.....	74
Quadro 6.22 – Ligações ao primário do transformador de potência [43] [46].....	76

Quadro 6.23 - Ligações ao secundário do transformador de potência [43] [46].....	76
Quadro 6.24 – Comprimento L_C em função da tensão da linha MT.....	77
Quadro 6.25 – Cabos em torçada para redes aéreas de distribuição [72].....	79
Quadro 6.26 - Cabos para redes subterrâneas de distribuição [76].....	80
Quadro 6.27 – Tipos de AD em função do número de circuitos e respetivas proteções.....	81
Quadro 6.28 – Ligações aos consumidores em BT.....	82
Quadro 6.29 – Potências normalizadas em BTN.....	83
Quadro 6.30 – Tipos de portinholas.....	84
Quadro 6.31 – Cabos para ramais e respetivas proteções [85].....	85
Quadro 6.32 - Tubos a utilizar na proteção dos cabos subterrâneos [85].....	87
Quadro 6.33 – Opções a tomar numa ligação do tipo mista [79].....	88
Quadro 6.34 – Requisitos fotométricos para as classes M.....	89
Quadro 6.35 - Requisitos fotométricos para as classes C.....	90
Quadro 6.36 – Requisitos fotométricos para as classes P.....	90
Quadro 6.37 – Fatores de determinação das classes de iluminação M, C e P [35].....	91
Quadro 6.38 – Braços tubulares de IP normalizados.....	92
Quadro 6.39 – Colunas direitas, de fuste tronco-piramidal octogonal ou de fuste tronco-cónico [96].....	93
Quadro 6.40 – Colunas com braço direito, de fuste e braço tronco-piramidais octogonais.....	93
Quadro 6.41 – Colunas com braço curvo, de fuste tronco-cónico e braço de secção circular.....	94
Quadro 6.42 – Quadros elétricos normalizados [97].....	95
Quadro 6.43 – Cabos usuais na RIP.....	95
Quadro 6.44 – Disposições mais usuais de colunas de IP nas vias de circulação.....	98
Quadro 7.1 – Quadro síntese do loteamento.....	107
Quadro 7.2 – Avaliação dos parâmetros de classificação da via.....	110
Quadro 7.3 - Definição de proteções máximas segundo folha de cálculo da RBT.....	114
Quadro 7.4 – Verificação de dispensa de fusíveis na folha de cálculo da RBT.....	115
Quadro 7.5 - Alertas na folha de cálculo da RBT.....	Erro! Marcador não definido.
Quadro 7.6 - Seleção de calibre a utilizar na folha de cálculo da RIP.....	117
Quadro A.1 – Designação simbólica de condutores e cabos isolados, segundo a norma NP 665 [71] [106].....	136
Quadro A.2 – Fusíveis tipo gG segundo a norma CEI 60269-2 [42].....	148
Quadro A.3 – Intensidades de corrente amissível em regime permanente, em cabos dos tipos VV e VAV (A) [76].....	149

Quadro A.4 – Intensidades de corrente amissível em regime permanente, em cabos dos tipos XV e XAV (A) [76]	149
Quadro A.5 – Intensidades de corrente amissível em regime permanente, em cabos dos tipos LVV, LSVV, LVAV e LSVAV (A) [76].....	150
Quadro A.6 – Intensidades de corrente amissível em regime permanente, em cabos dos tipos LXV, LXAV e LSXAV (A) [76]	150
Quadro A.7 – Cálculo da RDBT	155
Quadro A.8 – Cálculo da RIP.....	155

LISTA DE SIGLAS

AT: Alta Tensão

AD: Armário de Distribuição

BRA: Bloco de Rede em Anel

BT: Baixa Tensão

BTE: Baixa Tensão Especial

BTN: Baixa Tensão Normal

CMOD: Celas Modulares

DGEG: Direção-Geral de Energia e Geologia

DST: Descarregador de Sobretensão

EB IP: EDP Box IP

ERSE: Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

GTIEAVE: Guia Técnico das Instalações Elétricas para Alimentação de Veículos Elétricos

IP: Iluminação Pública

MAT: Muito Alta Tensão

MT: Média Tensão

MUPI: Mobiliário Urbano Para Informação

ORD: Operador da Rede de Distribuição

ORT: Operador da Rede de Transporte

PCVE: Posto de Carregamento de Veículos Elétricos

PEAD: Polietileno de Alta Densidade

PEBD: Polietileno de Baixa Densidade

PEX: Polietileno Reticulado

PT: Posto de Transformação

PTC: Posto de Transformação de Cliente

PTD: Posto de Transformação de Distribuição

PTS: Posto de Transformação e Seccionamento

PS: Posto de Seccionamento

PSC: Posto de Seccionamento de Cliente

PVC: Policloreto de Vinilo

QBT: Quadro de Baixa Tensão

QMT: Quadro de Média Tensão

RBT: Rede de Distribuição em Baixa Tensão

REN: Redes Energéticas Nacionais

RIP: Rede de Iluminação Pública

RND: Rede Nacional de Distribuição

RNT: Rede Nacional de Transporte

RTIEBT: Regras Técnicas de Instalações Eléctricas em Baixa Tensão

RTU: *Remote Terminal Unit*

RSRDEEBT: Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão

RSSPTS: Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento

SEN: Sistema Eléctrico Nacional

SF6: Hexafluoreto de enxofre

URT: Unidade Remota de Telecontrolo

VSAP: Vapor de Sódio de Alta Pressão

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

O Sistema Elétrico Nacional (SEN) é o conjunto de princípios, organizações, agentes e instalações elétricas relacionados com as atividades de produção, transporte, distribuição e comercialização de eletricidade.

Por requisitos de ordem técnica e motivos de ordem económica e de segurança, o sistema tem na sua composição redes elétricas com vários níveis de tensão. Em Portugal, admite-se a existência de 4 níveis de tensão distintos, Muito Alta Tensão (MAT), Alta Tensão (AT), Média Tensão (MT) e Baixa Tensão (BT).

A eletricidade produzida em locais afastados das zonas de consumo é entregue na rede de transporte e conduzida em MAT, de modo a fazer chegar grandes quantidades de energia aos vários pontos do território sem perdas significativas, garantindo assim o abastecimento independentemente da distância às centrais elétricas [1]. A atividade de transporte de eletricidade, em MAT (150, 220 e 400 kV⁽¹⁾), é efetuada através da Rede Nacional de Transporte (RNT), mediante uma concessão atribuída pelo Estado Português, em regime de serviço público e de exclusividade à REN – Redes Energéticas Nacionais, que neste caso assume o papel de Operador da Rede de Transporte (ORT) [2].

A eletricidade conduzida pela rede de transporte, em muito alta tensão MAT, é depois entregue à rede de distribuição, que a transforma nas estações de transformação (subestações) para a poder conduzir em distâncias menores em AT (60 kV), MT (10, 15 e 30 kV⁽²⁾) e BT (400/230 V) até às instalações dos consumidores [3]. Os Operadores das Redes de Distribuição (ORD) asseguram a gestão, operação e manutenção da rede, a expansão para novos locais de abastecimento e a manutenção das linhas, postos de transformação e instalações auxiliares, garantindo a qualidade do serviço prestado. Os ORD interagem com os consumidores apenas em aspetos como as ligações à rede, leituras dos contadores e qualidade de serviço técnica [3]. A atividade de distribuição de eletricidade em Portugal Continental é regulada pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), e é exercida em regime de concessão de serviço público em dois níveis. O primeiro incorpora uma única concessão da Rede Nacional de Distribuição (RND) em MT e AT atribuída pelo Estado central à EDP Distribuição – Energia, S.A. O segundo incorpora a concessão da atividade de distribuição de energia elétrica em BT

⁽¹⁾ Inclui um troço na linha de interligação internacional Lindoso-Conchas a 132 kV [4].

⁽²⁾ Inclui algumas linhas no distrito de Castelo Branco a 6 kV [5].

atribuída pelos órgãos competentes dos municípios [6]. Atualmente, existem 11 operadores concessionários de redes de BT:

EDP Distribuição – Energia, S.A. [3]

A Celer - Cooperativa Eletrificação de Rebordosa, C.R.L. [3]

A Eléctrica de Moreira de Cónegos, C.R.L. [3]

Casa do Povo de Valongo do Vouga [3]

CEL - Cooperativa Eléctrica do Loureiro, C.R.L. [3]

CEVE - Cooperativa Eléctrica de Vale D’Este, C.R.L. [3]

Cooperativa Eléctrica de Vilarinho, C.R.L. [3]

CESSN - Cooperativa Eléctrica S. Simão de Novais, C.R.L. [3]

Cooperativa de Eletrificação A Lord, C.R.L. [3]

Coopróriz - Cooperativa de Abastecimento de Energia Eléctrica, C.R. [3]

Junta de Freguesia de Cortes do Meio [3]

Com cerca de 99,5% dos clientes, a EDP Distribuição – Energia, S.A. é o operador de maior destaque [3]. Por uma questão de simplificação, doravante a EDP Distribuição – Energia, S.A. será designada como EDP Distribuição no presente documento.

A rede de distribuição em baixa tensão (RBT) e a rede de iluminação pública (RIP) são objeto de frequentes alterações. O número de pontos de utilização, bem como os próprios consumos, tendem a aumentar, obrigando à constante expansão e adaptação das redes. Estas alterações carecem de um planeamento prévio, isto é, de um projeto, a elaborar por parte do promotor da operação.

O projeto das instalações elétricas de serviço público é da responsabilidade de um projetista habilitado para o efeito, podendo ser exclusivamente um Engenheiro Eletrotécnico ou Engenheiro Técnico da especialidade eletrotécnica, devidamente inscrito na Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG). Ao projetista, é exigido encontrar a melhor solução técnico-económica para a instalação em questão, considerando como fator preponderante a segurança de pessoas e bens [4].

1.2. OBJETIVOS

Entre outras atividades, a Electroeng – Engenharia Electrotécnica, Unipessoal Lda. é especializada na elaboração de projetos de instalações elétricas de serviço público. Este tipo de projeto rege-se por um conjunto de normas, regulamentos e outros documentos normativos, que

se encontram muito dispersos, não existindo um documento único que englobe toda a documentação necessária à sua elaboração.

No âmbito deste estágio pretendeu-se desenvolver um trabalho de modo a tornar-se uma mais-valia, tanto para o estagiário, como para a empresa.

O estágio teve como principal finalidade aprofundar conhecimentos e ganhar experiência, em toda envolvimento e componentes necessários à realização de um correto projeto de instalações elétricas de serviço público em baixa tensão. Deste modo, procedeu-se ao estudo de documentação associada a esta temática, bem como à prática *in loco* da elaboração de projetos deste tipo. Como resultado, produziu-se o presente documento com o objetivo de se tornar uma ferramenta de consulta fácil e intuitiva para engenheiros, em especial para os principiantes que pretendam dedicar-se ao projeto de instalações elétricas de serviço público.

1.3. ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O presente documento apresenta-se dividido em oito capítulos.

No capítulo 1 é feita uma breve exposição da temática relacionada com as instalações elétricas de serviço público, são estabelecidos os objetivos a cumprir e é indicada a metodologia de trabalho utilizada.

Os regulamentos, normas e outra documentação a ter em consideração na matéria abordada são apresentados no capítulo 2.

O capítulo 3 descreve de forma genérica as instalações existentes no país, relacionadas com a distribuição de energia elétrica em baixa tensão.

No capítulo 4 é feita uma abordagem análoga, mas relacionada com a rede de iluminação pública.

O capítulo 5 apresenta os cálculos de dimensionamento aplicáveis às infraestruturas públicas.

No capítulo 6 são indicadas as restrições impostas pelo operador da rede de distribuição, tanto para a RBT, como para a RIP.

O capítulo 7 faz referência à aplicação do conteúdo dos capítulos anteriores à elaboração de projetos de instalações elétricas de serviço público.

Por fim, no capítulo 8, é feita uma síntese do trabalho e são apresentadas as principais conclusões a reter, fazendo-se menção à importância do estágio realizado.

2. REGULAMENTOS, NORMAS E DOCUMENTOS NORMATIVOS

2.1. GENERALIDADES

Sendo que a legislação aplicável aos projetos de serviço público é composta por diversos diplomas, e que os mesmos sofrem constantes atualizações, seja através de alteração de parte do corpo ou mesmo revogação integral, torna-se por vezes, difícil ter conhecimento exato de quais os diplomas legais em vigor [4]. Perante este cenário, torna-se imprescindível que tanto os projetistas, como os técnicos responsáveis pela execução, acompanhem o desenvolvimento da legislação, de modo a terem conhecimento de quais os diplomas legais a considerar.

Seguidamente serão apresentados os principais regulamentos, normas e outros documentos normativos, com maior relevância no âmbito dos projetos de serviço público.

Sendo a EDP Distribuição o ORD com suprema abrangência em Portugal, optou-se por considerar os seus documentos normativos publicados como referência. No entanto, há que ter em consideração que cada um dos restantes ORD disponibilizam os seus próprios documentos, que devem ser tidos em linha de conta, para a elaboração de projetos de serviço público a desenvolver nos concelhos a eles concessionados.

Apesar estarem incluídos na categoria dos projetos de serviço público, a temática dos projetos de redes BT em condomínios fechados não será aprofundada no presente documento. Estes projetos exigem uma abordagem diferenciada e obedecem a trâmites específicos, sendo apenas feita referência a alguns documentos a ter em linha de conta nesse âmbito.

2.2. REGULAMENTOS

Em Portugal, devem ser observados os seguintes regulamentos:

- RSSPT (Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação) – Decreto n.º 42895, de 31 de março de 1960, alterado pelos Decretos Regulamentares n.º 14/77 de 18 de Fevereiro e n.º 56/85 de 6 de setembro.
- RSRDEEBT (Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão) – Decreto Regulamentar n.º 14/77 de 18 de Fevereiro e n.º 90/84 de 26 de dezembro.
- RTIEBT (Regras Técnicas de Instalações Eléctricas em Baixa Tensão) – Portaria n.º 949-A/2006 de 11 de setembro.

Com vista a normalizar soluções para as redes de distribuição, a DGEG tem publicado um conjunto de Guias Técnicos orientadores para projeto e execução, referindo-se entre outros:

- Projecto-Tipo de Postos de Transformação Aéreos dos Tipos A e AS.
- Projecto-Tipo de Postos de Transformação Aéreos dos Tipos AI-1 e AI-2.
- Projecto-Tipo de Postos de Transformação em Cabina Alta dos Tipos CA1 e CA2.
- Projecto-Tipo de Postos de Transformação em Cabina Baixa dos Tipos CBU e CBL.
- Guia Técnico de Redes Aéreas de Baixa Tensão em Condutores Isolados Agrupados em Feixe (Torçada).
- Guia Técnico dos Armários de Distribuição e os seus Maciços de Fundação.
- Guia Técnico das Instalações Eléctricas Estabelecidas em Condomínios Fechados ⁽³⁾.

2.3. NORMAS

Em Portugal são utilizadas preferencialmente as normas NP, NP EN, EN, IEC e CENELEC, recorrendo-se a outras, designadamente às normas ISO, nas situações em que aquelas não cubram determinada matéria [5].

2.4. DOCUMENTOS NORMATIVOS DO ORD

Conforme indicado anteriormente, tomar-se-á como referência os documentos normativos que foram publicados pela EDP Distribuição, no sentido de normalizar as soluções, equipamentos e materiais em uso nas instalações de serviço público a si concessionadas [4]. A título de exemplo, apresenta-se alguns dos referidos documentos:

- Manual de ligações à rede eléctrica de serviço público. Guia técnico e logístico de boas práticas.
- DIT-C11-010/N – Guia técnico de urbanizações. Regras para a conceção, aprovação e ligação à rede dos projetos de infraestruturas eléctricas de loteamentos ou urbanizações de iniciativa privada.
- DIT-C14-100/N – Ligação de clientes de baixa tensão. Soluções técnicas normalizadas.

⁽³⁾ Aplicável às instalações eléctricas estabelecidas em condomínios fechados.

- DMA-C13-910/N – Postos de transformação MT/BT de distribuição pública. Cabinas pré-fabricadas de betão armado para PT de superfície e manobra interior.
- Manual de iluminação pública.
- DRE-C71-001/N – Guia técnico de iluminação pública. Regras de execução e de montagem.
- DRE-C11-040/N - Guia técnico de terras. 1ª Parte – Ligações à terra. 2ª Parte – Eléttodos de terra.
- DIT-C11-030/N – Condomínios fechados. Regras para a conceção, aprovação e ligação à rede de projetos de infraestruturas elétricas privadas ⁽⁴⁾.

⁽⁴⁾ Aplicável às instalações elétricas estabelecidas em condomínios fechados.

3. REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM BAIXA TENSÃO

3.1. GENERALIDADES

A RBT tem origem no Posto de Transformação (PT), onde é efetuada através de transformadores a necessária transformação da MT para o nível de tensão de utilização dos recetores ligados à rede BT. No PT encontra-se o Quadro de Baixa Tensão (QBT), a jusante deste, a rede segue uma topologia radial e desenvolve-se via aérea ou subterrânea, à tensão composta (entre fases) de 400 V e 230 V para a tensão simples (entre fase e neutro).

A RBT deve funcionar com o neutro ligado diretamente à terra e a ligação das massas metálicas à terra é feita através no neutro – regime TN-C. Para o correto funcionamento deste sistema, o condutor de neutro não poderá ser interrompido pela manobra de qualquer aparelho de corte ou de proteção [5] [7].

Adiante são indicados os vários elementos constituintes de uma RBT.

3.2. POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO E SECCIONAMENTO

De acordo com o Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento (RSSPTS) [8], temos como referência as seguintes definições:

- **Posto de Transformação (PT)** – Instalação de alta tensão destinada à transformação da corrente elétrica por um ou mais transformadores estáticos, quando a corrente secundária de todos os transformadores for utilizada diretamente nos recetores, podendo incluir condensadores para compensação do fator de potência.
- **Posto de Seccionamento (PS)** - Instalação de alta tensão destinada a operar o seccionamento de linhas elétricas.

Consideramos então que um posto que assegura as funções de um PT e de um PS é denominado como **Posto de Transformação e Seccionamento (PTS)**. No entanto, embora no presente documento seja utilizada a designação “Posto de Transformação”, dependendo do tipo de instalação, esta poderá enquadrar um posto de transformação, posto de seccionamento ou posto de transformação e seccionamento [4].

Os postos de transformação são inseridos nas redes próximos dos centros de consumo, em diferentes áreas geográficas, com densidade populacional distinta e com atividade empresarial, económica e social distinta [4].

Justifica-se assim a diversidade de soluções para os postos de transformação, de modo a permitir a seleção do tipo de posto em função das características do local e das instalações que o mesmo irá servir [4].

3.2.1. Classificação

É possível classificar os postos de transformação quanto à cota de implantação, ao serviço prestado, à função, à instalação, ao tipo ou modo de alimentação, ou ao modo de exploração [4].

Quanto à **cota de implantação**, podemos ter postos de transformação:

- De superfície;
- Semienterrados;
- Enterrados (subterrâneos).

Quanto ao **serviço prestado**, os postos de transformação podem ser:

- Posto de Transformação de Distribuição (PTD) – PT de Serviço Público, propriedade do ORD. É aplicável na rede de serviço público, para alimentação de clientes em BT;
- Posto de Transformação de Cliente (PTC) – PT de serviço particular, em que apenas as celas de proteção do transformador são propriedade do cliente, pertencendo as restantes ao ORD. É aplicável nos casos em que o cliente é alimentado em MT;
- Posto de Transformação Privado – PT de serviço particular, propriedade integral do cliente. Não tendo ligação direta com a rede de serviço público, é aplicável quando existe uma rede privada de distribuição em MT.

Quanto à **função** desempenhada, conforme já mencionado anteriormente, podemos distinguir:

- Posto de transformação;
- Posto de transformação e seccionamento.

Quanto à **instalação**, os postos de transformação podem ser classificados como [4]:

- De Interior – a instalação é estabelecida dentro de construção que constitua proteção suficiente contra intempéries e depósito excessivo de poeiras [4]:
 - Em edifício próprio;
 - Cabina alta;
 - Cabina baixa;
 - Construção em alvenaria no local;
 - Construção pré-fabricada;
 - Betão;
 - Invólucro metálico.
 - Subterrâneos.
 - Integrado em edifício para outros usos.
- De Exterior – a instalação é estabelecida, em regra, ao ar livre, o que não confere proteção contra intempéries e depósitos de poeiras [4]:
 - Aéreo;
 - Gaiola.

Quanto ao **tipo de alimentação**, os postos de transformação podem ser alimentados por [4]:

- Linha aérea – o PT recebe a linha elétrica via aérea, mantendo-se os cabos a uma altura conveniente do solo [4];
- Linha subterrânea – o PT recebe a linha elétrica via subterrânea, mantendo-se os cabos enterrados no solo, ou instalados em galerias, túneis ou caleiras [4].

Quanto ao **modo de alimentação**, os postos de transformação podem assumir as seguintes configurações:

- Radial (antena) – a alimentação é garantida por uma única entrada;
- Anel – a alimentação pode ser garantida por duas entradas distintas, o que possibilita a alimentar o PT mesmo que uma das entradas se encontre fora de serviço.

Quanto ao **modo de exploração**, os postos de transformação poderão ser de condução [4]:

- Manual – operação da aparelhagem MT é efetuada manualmente no PT e prevalece sobre comandos automáticos;
- Automática – operação da aparelhagem MT é efetuada via telecomando.

3.2.2. Soluções normalizadas pela DGEG

Tendo em conta a enorme diversidade de soluções possíveis, de modo a simplificar o projeto, execução e exploração dos postos de transformação, a DGEG normalizou diversas soluções, sob a forma de projetos-tipo, nomeadamente [4]:

- Postos de exterior, aéreos, montados em postes [4]:
 - Tipo A;
 - Tipo AS;
 - Tipo AI (AI-1 e AI-2).
- Postos de interior, instalados em cabina alta [4]:
 - Tipo CA1 e CA1 (variante);
 - Tipo CA2.
- Postos de interior, instalados em cabina baixa [4]:
 - Tipo CBU;
 - Tipo CBL.

No entanto, a constante evolução dos materiais e equipamentos e as condicionantes impostas por parte do ORD, têm vindo a tornar obsoletos os projetos-tipo, que servem atualmente apenas como diretrizes orientadoras.

Há também que ter em consideração, que nos postos de transformação cliente e postos de transformação privados poderão ser adotadas outras características que não as definidas nos projetos-tipo da DGEG, nomeadamente no que se refere ao esquema de MT, à potência do transformador e ao tipo e características do QBT, adequando-se às necessidades das instalações nos quais estão inseridos [4].

3.2.3. Posto de transformação aéreo

O PT aéreo (Figura 3.1) é composto por um transformador de potência instalado em poste(s) de betão armado, é concebido para receber alimentação via aérea e servir redes BT aéreas ou subterrâneas. Toda a aparelhagem de MT é do tipo exterior, de isolamento e corte no ar, cujos valores estipulados devem ser adequados à tensão da rede e potência do transformador. O QBT é instalado a uma altura conveniente para ser manobrado do solo.



Figura 3.1 – Exemplo de PT aéreo

Dependendo do modo de ligação do transformador à rede aérea MT, os PT aéreos assumem as seguintes variantes:

- Tipo A: Ligação direta;
- Tipo AS: Ligação por seccionador;
- Tipo AI: Ligação por interruptor-seccionador;

Para uma interpretação mais clara das diferenças entre estas variantes, são apresentados exemplos ilustrativos no Anexo I.

Tendo em conta as diversas soluções existentes para postos de transformação, seguidamente indicam-se as principais vantagens e desvantagens da utilização de postos de transformação do tipo aéreo.

Vantagens:

- Custo e tempo de execução reduzidos;
- Equipamentos de baixa e média tensão bem separados;
- Área necessária para implantação reduzida.

Desvantagens:

- Não permite ligação em anel. Para dar continuidade de linha para alimentação de outro PT, tem de ser feita uma derivação no apoio anterior;
- Capacidade limitada a apenas um transformador de potência;
- Potência do transformador limitada a 250 kV;

- Ativos demasiado expostos;
- Impacto visual.

3.2.4. Posto de transformação em gaiola

Além do PT aéreo existe outro tipo de PT de exterior, o PT em gaiola.

O PT em gaiola é uma solução com utilização muito pontual, e, portanto, muito rara e difícil de encontrar. Não sendo uma solução normalizada, é praticamente nula a informação existente sobre este tipo de PT. No entanto, é sabido que existem alguns exemplares em Portugal, que têm vindo a ser substituídos por outro tipo de postos, nomeadamente por postos de cabina baixa. A Figura 3.2 apresenta uma imagem dos trabalhos de substituição de um PT em gaiola.



Figura 3.2 – Trabalhos de substituição de um PT em gaiola [9]

Os postos de transformação em gaiola encontram-se geralmente instalados junto de um apoio de MT, onde é feita a transição aérea-subterrânea da linha MT. O tipo de alimentação deste PT é, portanto, subterrânea.

Conforme exemplificado na Figura 3.3, este posto é caracterizado por ter o transformador de potência e toda a aparelhagem de MT enclausurados numa gaiola metálica.

O QBT pode ser instalado junto à gaiola, no lado exterior da mesma.



Figura 3.3 – Exemplo de PT em gaiola [10]

A bibliografia nula e a pouca informação disponível acerca do projeto, execução, manutenção e exploração do PT em gaiola, torna-se difícil fazer uma análise detalhada sobre o tema. No entanto, é possível identificar algumas vantagens e desvantagens deste tipo de instalação.

Vantagens:

- Solução compacta.

Desvantagens:

- Ativos demasiado expostos e acessíveis;
- Solução obsoleta.

3.2.5. Posto de transformação em cabina alta

Os PT de cabina alta (ou torre) são instalações do tipo interior, concebidas para receberem alimentação por linha aérea e servir redes também aéreas, sendo que é possível encontrar alguns casos, em que após adaptação, a instalação serve também linhas subterrâneas.

No entanto, este tipo de cabinas, outrora contruídas em betão e alvenaria, são hoje em dia objeto de substituição. A sua utilização é restrita aos exemplares já existentes, uma vez que facilmente se procede à passagem de uma linha aérea a subterrânea, privilegiando assim o uso de cabinas baixas, diminuindo o impacto visual.

A Figura 3.4 mostra uma cabina alta onde é possível observar a entrada dos cabos aéreos.



Figura 3.4 – Exemplo de PT em cabina alta

De acordo com os projetos-tipo da DGEG, as cabinas altas devem respeitar as dimensões indicadas no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Dimensões das cabinas altas CA1 e CA2

Posto	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)
CA1	2,5	2,5	8,2
CA2	3,0	3,0	8,2

A ventilação das cabinas é assegurada por aberturas estrategicamente orientadas, dotadas de persianas metálicas, protegidas interiormente por rede [4].

O PT tipo CA1 é caracterizado pela proteção contra sobreintensidades ser assegurada, unicamente por disjuntor no lado BT. No entanto, existe uma variante em que a proteção contra curto-circuitos é assegurada por corta-circuitos fusíveis no lado BT, sendo a proteção contra sobrecargas assegurada por termómetro ou relé térmico alimentado por transformador de intensidade, que atua no interruptor-seccionador de média tensão [4].

Já no PT tipo CA2 a proteção contra curto-circuitos é efetuada através de corta-circuitos fusíveis, do lado da média tensão, sendo a proteção contra sobrecargas assegurada por termómetro ou relé térmico alimentado por transformador de intensidade, que atua no interruptor-seccionador de média tensão [4].

Para além das dimensões e da aparelhagem de proteção, os PT tipo CA1 distinguem-se dos PT tipo CA2 por estarem limitados a transformadores com potência máxima de 250 kA [4] [11].

Os equipamentos de média tensão são de corte e isolamento no ar, fixados às paredes ou apoiados no solo. As ligações entre equipamentos são realizadas por barramentos nus (barra ou vareta de cobre), apoiados em isoladores [5].

A título de exemplo, no Anexo II são ilustrados os principais elementos constituintes do PT em cabina alta do tipo CA2, onde inclusive, é possível verificar a disposição dos equipamentos de MT.

Conforme indicado anteriormente, a construção de postos de transformação de cabina alta foi abandonada, no entanto, é possível definir algumas vantagens e desvantagens deste tipo de PT.

Vantagens:

- Equipamentos de baixa e média tensão bem separados;
- Facilidade de integração com rede aérea possibilitando o acesso a várias linhas aéreas.

Desvantagens:

- Impacto visual;
- Ocupa espaço na via pública;
- Pouco espaço de manobra;
- Solução obsoleta.

3.2.6. Posto de transformação em cabina baixa de construção tradicional

Os PT de cabina baixa de construção tradicional (Figura 3.5) são instalações do tipo interior, concebidas para receber alimentação por linha subterrânea e servir redes também subterrâneas.



Figura 3.5 – Exemplo de PT em cabina baixa de construção tradicional

A cabina tem forma paralelepípedica e é construída no local em materiais incombustíveis, geralmente em betão ou alvenaria.

A DGEG definiu como projeto-tipo duas variantes deste tipo de instalações, uma com as celas dispostas em “U” (CBU) e outra com as celas dispostas em “linha” (CBL), com as dimensões indicadas no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Dimensões interiores das cabinas baixas CBU e CBL [12]

Posto	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)
CBU	4,0	3,2	2,5
CBL (com antena)	5,3	2,5	2,5
CBL (sem antena)	4,3	2,5	2,5

No interior, as divisórias entre celas, devem ser devidamente fixadas às paredes e pavimento da cabina, por forma a assegurar rigidez suficiente para suportar os diversos esforços a que possam ser submetidas.

A ventilação deve ser feita por circulação natural de ar, sendo para esse efeito consideradas aberturas para entrada de ar na parte inferior da parede, e aberturas para saída de ar na parte superior da parede. Preferencialmente as entradas de ar devem situar-se viradas a norte, ficando as saídas de ar em parede oposta. Estas aberturas devem também evitar a penetração de chuva e neve, sendo dotadas de persianas interiormente protegidas por rede.

A Figura 3.6 mostra a planta do PT tipo CBU, na qual se pode verificar as celas de MT dispostas numa configuração em “U”.

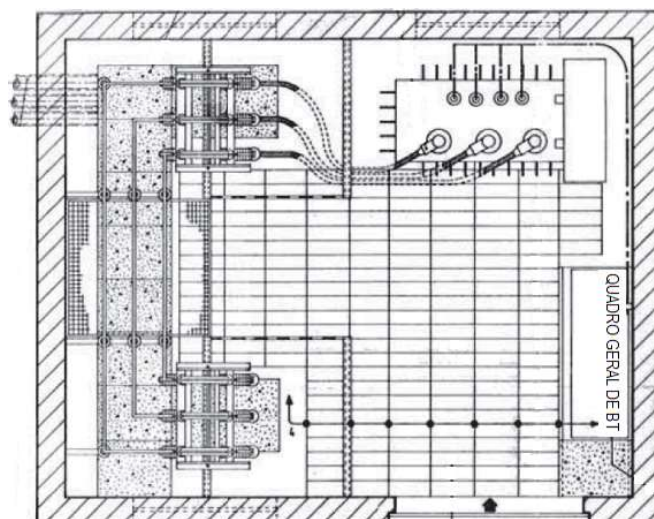


Figura 3.6 – Planta de PT tipo CBU de construção tradicional [12]

A Figura 3.7 mostra a planta do PT tipo CBL, na qual se pode verificar as celas de MT dispostas numa configuração em “linha”.

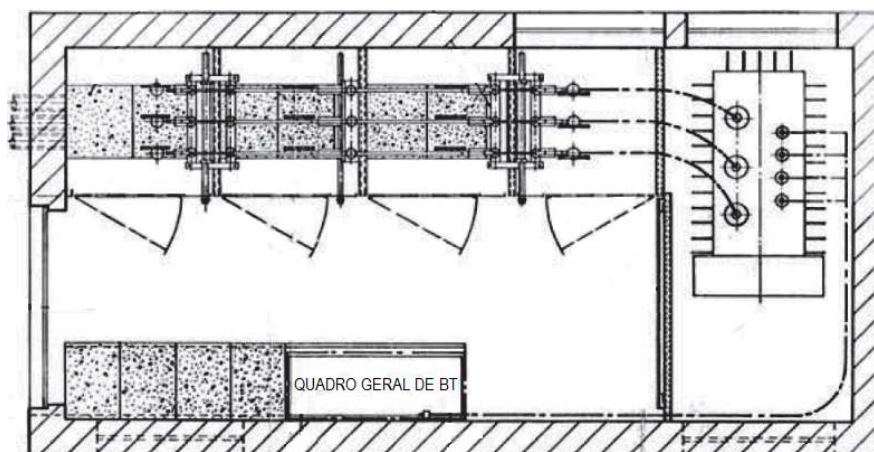


Figura 3.7 – Planta de PT tipo CBL de construção tradicional [12]

Hoje em dia os equipamentos de MT são instalados em celas modulares de fabrico normalizado, no entanto, de acordo com os projetos-tipo da DGEG estas cabinas eram inicialmente constituídas por um conjunto de celas, de entrada, saída, proteção e para o transformador, cuja aparelhagem de MT era de corte ao ar. A proteção do transformador contra curto-circuitos é assegurada por meio de corta-circuitos fusíveis instalados no lado primário, enquanto a proteção contra sobrecargas é garantida por meio de termómetro ou relé térmico alimentado por transformador de intensidade, que atua no interruptor-seccionador de média tensão.

Apesar de muito comum, o número de construções deste tipo PT tem vindo a diminuir, privilegiando soluções pré-fabricadas. Seguidamente indicam-se os principais prós e contras desta instalação.

Vantagens:

- Design poderá ser personalizado, facilitando a integração da cabina na envolvente, ao nível arquitetónico;
- Poderá albergar vários transformadores (em função das dimensões da cabina).

Desvantagens:

- Impacto visual;
- Ocupa espaço na via pública.

3.2.7. Posto de transformação em cabina baixa pré-fabricada

Tal como as cabinas baixas de construção tradicional, as cabinas pré-fabricadas são instalações do tipo interior, concebidas para receber alimentação por linha subterrânea e servir redes também subterrâneas.

A moderna abordagem ao projeto de postos de transformação incide essencialmente na opção pela solução pré-fabricada, modular ou compacta, em detrimento da construção tradicional [4].

As cabinas pré-fabricadas apresentam diversas formas e dimensões, e podem ser produzidas com recurso a vários materiais como betão armado, aço, alumínio, fibra de vidro, etc.

De acordo com o modo de acesso aos equipamentos de MT e BT para manobras, as cabinas pré-fabricadas podem ter duas conceções:

- Manobra interior;
- Manobra exterior.

Como é possível verificar na Figura 3.8, a cabina de manobra exterior não incorpora sala de manobra, ao contrário da cabina de manobra interior.

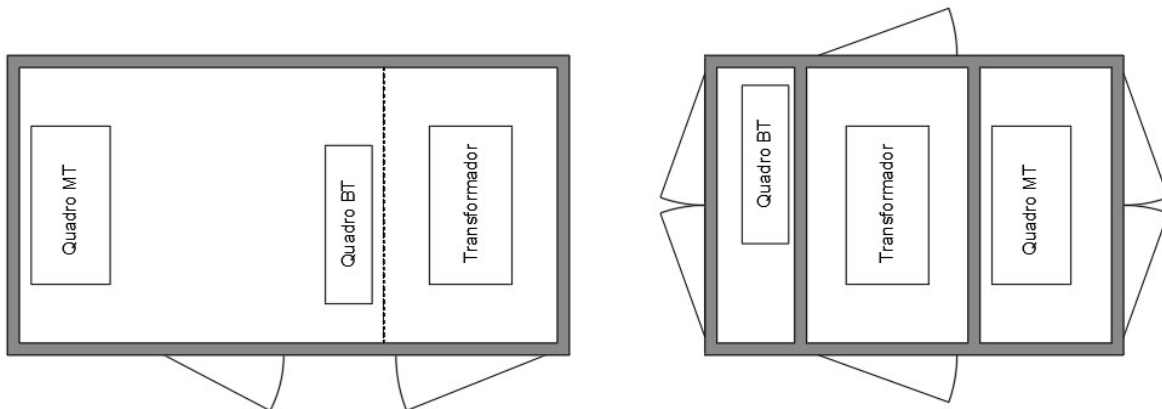


Figura 3.8 – Cabinas pré-fabricadas de manobra interior (esquerda) e manobra exterior (direita)

Ambas as conceções podem ser constituídas por diversos materiais, sendo mais comum a utilização de elementos pré-fabricados de betão armado, conforme mostra a Figura 3.9.



Figura 3.9 – Exemplo de PT em cabina baixa pré-fabricada em betão armado

Os postos de transformação em cabinas baixas com invólucro metálico (Figura 3.10) são recomendáveis para aplicações provisórias em urbanizações ou estaleiros, podendo no entanto ser utilizados em instalações definitivas.



Figura 3.10 – Exemplo de PT em cabina pré-fabricada com invólucro metálico [13]

No que toca aos equipamentos de MT, as cabinas pré-fabricadas são equipadas com quadros pré-fabricados metálicos, com aparelhagem modular com isolamento no ar e corte em hexafluoreto de enxofre (SF₆), ou isolamento e corte em SF₆ ou no vácuo [5]. Dependendo das características dos postos de transformação, os mesmos poderão ser equipados com quadros modulares ou quadros modulares compactos [4].

Atendendo às diferenças significativas entre as cabinas de manobra interior e de manobra exterior, importa determinar quais as principais vantagens e desvantagens de cada solução, em relação a outros tipos de PT.

Cabinas pré-fabricadas de manobra interior

Vantagens:

- Mais económico (fabrico *standard*);
- Fácil instalação;
- Existem soluções que permitem albergar vários transformadores.

Desvantagens:

- Impacto visual;
- Ocupa espaço na via pública.

Cabinas pré-fabricadas de manobra exterior

Vantagens:

- Mais económico (fabrico *standard*);
- Fácil instalação;
- Solução compacta.

Desvantagens:

- Limitado a um transformador de potência;
- Difícil acesso ao transformador.

3.2.8. Posto de transformação integrado em edifício para outros usos

Os postos de transformação integrados em edifícios destinados a outros usos são instalações do tipo interior, concebidas para receber alimentação por linha subterrânea e servir redes também subterrâneas. A Figura 3.11 mostra um exemplo deste tipo de PT.



Figura 3.11 – Exemplo de PT integrado em edifício destinado a outros usos

No interior da cabina, os equipamentos utilizados vão ao encontro das cabinas baixas de construção tradicional e pré-fabricadas, podendo ser equipadas com aparelhagem tradicional de corte ao ar, sendo que cada vez mais se verifica a adoção de soluções com quadros pré-fabricados metálicos.

Devido à particularidade de ser integrado em edifício não exclusivo ao PT, esta solução apresenta vantagens e desvantagens únicas.

Vantagens:

- Poderá albergar vários transformadores (em função das dimensões da cabina);
- Não ocupa espaço na via pública.

Desvantagens:

- Dependendo do transformador instalado, o ruído produzido poderá tornar-se um incómodo;
- Poderá acarretar problemas relacionados com o restante edifício.

3.2.9. Posto de transformação subterrâneo

Como o próprio nome indica, os postos de transformação subterrâneos são instalações do tipo interior, concebidas para receber alimentação por linha subterrânea e servir redes também subterrâneas.

Os postos de transformação subterrâneos não são uma solução comum, no entanto, em casos excepcionais, por questões ambientais, estéticas ou de disponibilidade de terreno, poder-se-á optar por esta solução [4].

A Figura 3.12 mostra um PT de cabina subterrânea no decorrer dos trabalhos de instalação.



Figura 3.12 – Exemplo de PT subterrâneo pré-fabricado em fase de instalação [14]

Existem exemplares de cabinas subterrâneas construídas no local e exemplares de cabinas subterrâneas pré-fabricadas, no entanto, a instalação deste tipo de PT deve ser considerada excepcional, apenas justificável em situações que evidenciem a impossibilidade de utilização de outro tipo de solução mais comum [4].

Dada a sua particularidade, as cabinas subterrâneas devem ser construídas em materiais resistentes à agressividade do solo, e devem ser adotadas disposições construtivas para impedir a entrada de lixo e de pequenos animais [15].

Os espaços interiores da cabina e o equipamento de MT a considerar, deverão ter como referência os postos de transformação de cabina baixa de superfície.

Dado tratar-se de uma solução muito particular e pouco comum, não existe uma experiência muito significativa sobre o projeto, execução, manutenção e exploração deste tipo de PT, nem muita bibliografia sobre o tema [4]. No entanto, é fácil identificar algumas vantagens e desvantagens da utilização do PT subterrâneo.

Vantagem:

- Não ocupa espaço na via pública.

Desvantagens:

- Sujeito a inundação;
- Acumula muita sujidade;
- Difícil acesso para substituição de equipamentos;
- Acesso pode ser condicionado facilmente.

3.2.10. Transição aérea-subterrânea

Hoje em dia a transição aérea-subterrânea é uma solução bastante praticada no apoio à ligação de postos de transformação, sobretudo nos postos de cabina baixa. Esta solução, em muitos casos, acaba por trazer vantagens técnicas e/ou económicas relativamente a outras soluções mais ultrapassadas como o PT em cabina alta, ou menos vantajosas como o PT aéreo.

A transição aérea-subterrânea é executada num apoio intermédio da linha de MT, ou num apoio de fim de linha. Muitas vezes, faz parte da sua constituição um seccionador, tratando-se nesses casos de um posto de seccionamento.

A Figura 3.13 exemplifica uma transição aérea-subterrânea de fim de linha, junto a um PT de cabina baixa.



Figura 3.13 – Exemplo de transição aérea-subterrânea

A transição aérea-subterrânea não é utilizada exclusivamente na ligação a postos de transformação, pois pode ser empregue em determinadas situações em que por motivos técnicos e/ou económicos se opte por esta solução, para transpor rede aérea para rede subterrânea.

3.2.11. Seccionadores, interruptores-seccionadores, fusíveis e disjuntores MT

Os seccionadores desempenham a função de isolamento de corte visível, e apenas permitem a manobra em vazio, isto é, não têm poder de corte garantido [5]. Existem diversos tipos de seccionadores, sendo o de facas o mais utilizado, podendo ser de montagem interior ou exterior [4].

A Figura 3.14 mostra um seccionador de facas.



Figura 3.14 – Exemplo de seccionador de facas [16]

Os interruptores-seccionadores são equipamentos de corte e manobra, com capacidade para o estabelecimento e interrupção da corrente de serviço, em que a separação dos contactos é visível, conforme mostra a Figura 3.15.

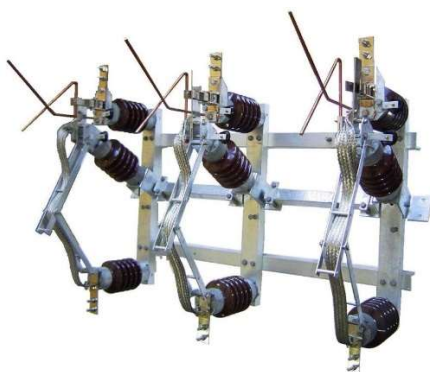


Figura 3.15 – Exemplo de interruptor-seccionador [16]

Os interruptores-seccionadores podem ser associados a fusíveis MT para a proteção de cabos ou transformadores. Neste caso, poderão ser equipados com relés, para permitir a atuação das proteções intrínsecas dos transformadores [5]. O interruptor-seccionador destina-se a permitir a manobra em carga, os fusíveis a atuar em caso de curto-circuito e os relés, caso

existam, a provocar a abertura automática em caso de sobrecarga [4]. Esta associação de equipamentos é denominada como interruptor-seccionador-fusível e é exemplificada na Figura 3.16.



Figura 3.16 – Exemplo de interruptor-seccionador-fusível [17]

Os fusíveis são tubulares em porcelana, vidro ou baquelites.

Os disjuntores destinam-se à interrupção das correntes de serviço e de curto-circuito.

Anteriormente eram utilizados disjuntores de diversas tecnologias de corte, sendo que, atualmente, os mais correntes são os disjuntores cujo corte é feito em SF6 ou no vácuo. Estes disjuntores apresentam a vantagem de permitirem correntes estipuladas mais elevadas e maior poder de corte, sendo que os disjuntores de corte no vácuo, por questões ambientais, tem vindo sucessivamente a ganhar quota de mercado [5]. A Figura 3.17 mostra um exemplo de um disjuntor MT com tecnologia de corte no vácuo.



Figura 3.17 – Exemplo de disjuntor de corte no vácuo [18]

3.2.12. Descarregadores de sobretensões

Nos postos de transformação alimentados por linhas aéreas, a aparelhagem deve ser protegida contra sobretensões de origem atmosférica.

Nos PT do tipo aéreo a montagem de descarregadores de sobretensão (DST) pode assumir diversas alternativas, sendo a mais comum a fixação pela base na cuba do transformador, como exemplifica a Figura 3.18. Este modo de instalação acaba por ser o mais eficaz, pois é o que apresenta menor distância nos troços de ligação dos DST à linha de MT e à massa do transformador.

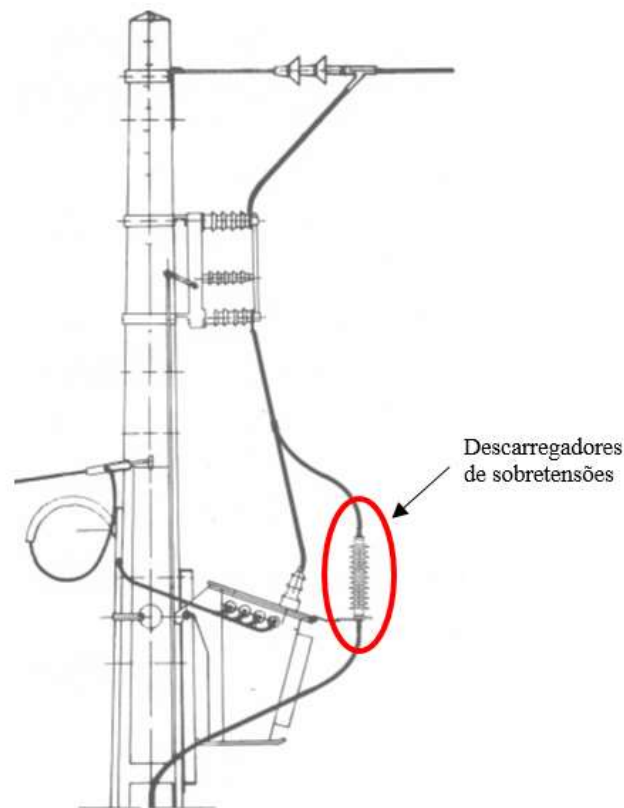


Figura 3.18 - Pormenor com DST instalados na cuba do transformador

Já nos PT de cabina alta, para além da instalação no interior da cabina, os DST poderão ser montados alternativamente no exterior, conforme mostra a Figura 3.19.

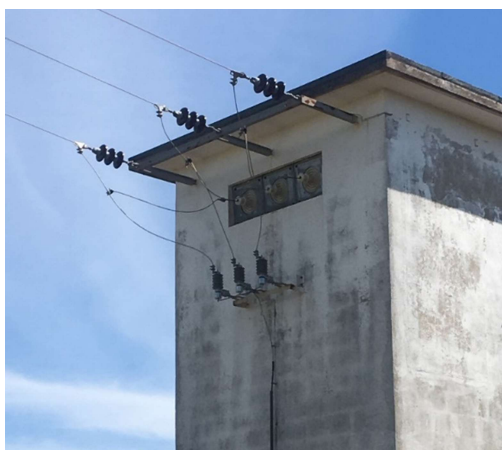


Figura 3.19 - DST instalados no exterior da cabina

3.2.13. Quadros de média tensão

A evolução técnica e tecnológica verificada na aparelhagem de corte e proteção de alta tensão levou a que a tradicional solução de instalação de aparelhagem de corte ao ar venha progressivamente a ser preterida pelas soluções de quadros metálicos pré-fabricados, constituídos por celas blindadas modulares de corte em SF6 [4]. Estes equipamentos possibilitam o comando remoto (telecomando), correntes estipuladas mais elevadas, maior poder de corte e menores dimensões dos quadros de média tensão (QMT) [5].

As celas habituais são do tipo “entrada/saída”, “proteção de baterias de condensadores”, “inter-barras”, “ligação de barras”, “corte e contagem” e “proteção do transformador”.

Embora com algumas diferenças entre fabricantes, os quadros metálicos pré-fabricados são desenvolvidos geralmente em duas vertentes:

- Quadros modulares;
- Quadros modulares compactos.

3.2.13.1. Quadros modulares

Trata-se de quadros de distribuição constituídos por celas modulares, em que cada cela garante uma função. É a solução mais económica e também a mais utilizada. É possível encontrar no mercado um conjunto de variadas funções, que vão de encontro aos requisitos dos postos de transformação de distribuição, de cliente ou privados.

A Figura 3.20 mostra 4 celas que compõem um QMT modular.



Figura 3.20 – Exemplo de QMT modular [19]

3.2.13.2. Quadros modulares compactos

Trata-se de uma unidade compacta com funções integradas e dimensões reduzidas, podendo ser facilmente ampliada no local.

O conjunto de aparelhagem e barramento está fechado numa cuba estanque, com SF6.

A Figura 3.21 mostra um QMT modular compacto de 3 funções.



Figura 3.21 – Exemplo de QMT modular compacto [20]

3.2.14. Transformadores de medida

Nas instalações de média tensão não é possível ligar um circuito diretamente à aparelhagem de medida, pois os níveis de isolamento e as correntes estipuladas dessa aparelhagem não o permitem [4]. Os transformadores de medida – tensão (TTs) e intensidade (TIs) – destinam-se assim a fornecer uma imagem, respetivamente, do valor da tensão e da corrente da instalação para os aparelhos de medida e contagem e para as unidades de proteção [5].

Para a ligação nos respetivos circuitos, os TIs são ligados em série, enquanto os TTs são ligados em paralelo, devendo neste caso serem protegidos por corta-circuitos fusíveis.

A Figura 3.22 apresenta um exemplo de um TT e de um TI.

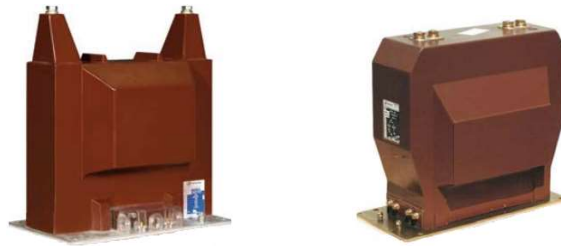


Figura 3.22 – Exemplo de TT (à esquerda) e de TI (à direita) [21]

3.2.15. Transformadores de potência

3.2.15.1. Tipos de isolamento

Os transformadores de potência dividem-se sobretudo em dois tipos distintos no que toca ao tipo de dielétrico:

- Transformador imerso em líquido (Figura 3.23);
- Transformador seco (Figura 3.24).



Figura 3.23 – Exemplo de transformador hermético em banho de óleo [22]



Figura 3.24 – Exemplo de transformador seco [23]

O transformador imerso em líquido mais utilizado é o transformador em banho de óleo mineral, do tipo hermético. Anteriormente eram utilizados transformadores equipados com conservador (depósito de óleo), pelo que ainda se encontram alguns exemplares em funcionamento.

O transformador do tipo seco, ainda não é a opção mais frequente nos postos de transformação, no entanto, pelo facto de não conter óleo, apresenta menor risco de incêndio e menor poluição. Embora a regulamentação de segurança contra incêndios em edifícios não imponha o uso deste tipo de transformador, é uso corrente e recomendável a sua instalação nos postos de transformação integrados em edifícios para outros usos.

O Quadro 3.3 faz uma análise comparativa geral entre os transformadores em banho de óleo e transformadores do tipo seco.

Quadro 3.3 – Análise comparativa entre transformadores em banho de óleo e secos [4]

Tipo de transformador	Vantagens	Desvantagens
Em banho de óleo	<ul style="list-style-type: none"> - Mais económico - Menor ruído - Menores perdas - Permite instalação exterior 	<ul style="list-style-type: none"> - Maiores dimensões - Maior manutenção - Dielétrico inflamável - Elementos de proteção mais complexos
Seco	<ul style="list-style-type: none"> - Menores dimensões - Menor manutenção - Dielétrico não inflamável 	<ul style="list-style-type: none"> - Maior ruído - Maiores perdas - Maiores limitações à instalação exterior

3.2.15.2. Características

Grupo de ligação

Os transformadores trifásicos têm, quer no primário, quer no secundário, três enrolamentos (um por cada fase) que se ligam entre si de forma diversa e que, de alguma forma, condicionam o seu comportamento [5].

A designação das ligações dos enrolamentos do transformador é realizada pela indicação de uma letra maiúscula que representa a forma de ligação da bobinagem da média tensão, seguida de uma letra minúscula que representa a forma de ligação da bobinagem do lado BT do transformador. Se o neutro for acessível, adiciona-se a letra N ou n, consoante se trate do lado da tensão superior (MT) ou da tensão inferior (BT) [4].

Associado à designação das ligações do transformador aparece o valor da defasagem entre as tensões primária e secundária, definindo assim o grupo de ligações. A título de

exemplo, o Quadro 3.4 apresenta os grupos de ligações mais habituais nos transformadores MT/BT, em que “D” designa a ligação em triângulo e “y” designa a ligação em estrela.

Quadro 3.4 – Grupos de ligações mais habituais em transformadores MT/BT

Simbologia da ligação	Tensão superior	Tensão inferior	Índice de defasagem ou horário
Dyn5	D	y	5 (150°)
Dyn11	D	y	11 (330°/-30°)

Potência nominal

As potências nominais normalizadas dos transformadores MT/BT são 25, 50, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000 e 2500 kVA.

Muitas vezes, nas gamas de potência mais elevadas é habitual serem utilizados dois transformadores de menor potência em paralelo, em detrimento de um transformador de maior potência, isto por questões de continuidade em serviço das cargas essenciais, em caso de defeito de um transformador.

Tensão de curto-circuito

Designa-se por tensão de curto-circuito, a tensão que é necessária aplicar a um dos enrolamentos, estando o outro curto-circuitado, para que em ambos os enrolamentos circulem as correntes nominais. É um dado expresso em percentagem (%) e representa de forma aproximada a queda de tensão interna do transformador, quando este funciona a plena carga.

Regulação de tensão

As redes elétricas sofrem variações de tensão, que são devidas a vários fatores, como por exemplo o nível de produção, a configuração da rede e variações não pontuais de carga [5].

Para que a tensão disponível nos pontos de utilização tenha níveis adequados, os transformadores dispõem, no enrolamento primário, de comutadores de tomadas, que permitem aumentar ou diminuir o valor da tensão. Estes comutadores apenas são manobráveis manualmente e em vazio, sendo portanto necessário desligar o transformador da rede.

Refrigeração

O tipo de arrefecimento do transformador é codificado por um conjunto de quatro letras, indicando as duas primeiras o meio refrigerante e o respetivo processo de refrigeração quanto

aos enrolamentos, e as duas últimas o meio refrigerante e o respetivo processo quanto ao arrefecimento exterior [4].

O Quadro 3.5 mostra o significado da referida codificação.

Quadro 3.5 – Significado da codificação da refrigeração dos transformadores [5]

Refrigerante	Símbolo
Óleo mineral	O
Ar	A
Água	W
Gás	G
Circulação do refrigerante	Símbolo
Natural	N
Forçada	F

A refrigeração mais habitual nos transformadores é:

- **ONAN** nos transformadores herméticos em banho de óleo;
- **AN** nos transformadores secos

Proteção

As proteções intrínsecas do transformador dependem do tipo de transformador em questão. Estas proteções atuam em dois níveis: primeiro geram um alarme e, posteriormente, provocam o disparo do órgão de proteção [5].

As proteções mais habituais nos transformadores em banho de óleo são realizadas com recurso a unidades de “deteção de gás pressão temperatura 2 contactos (DGPT2)” ou “dispositivos de medida e controlo de regime (DMCR)” que desempenham funções semelhantes, como deteção de gás, do aumento de pressão, do nível do dielétrico ou leitura de temperatura [4].

Nos transformadores do tipo seco a proteção é realizada por intermédio de sondas de platina ou por sondas de termístores com coeficiente de temperatura positivo, para medição da temperatura dos enrolamentos [5].

Note-se que nos transformadores com conservador ainda ativos, a proteção é efetuada através de relés de Buchholz. Este dispositivo é capaz de detetar falta de óleo, acumulação de gases e falhas dielétricas dentro do equipamento [24].

3.2.16. Quadro de baixa tensão

3.2.16.1. Quadros de exterior

Anteriormente, os QBT instalados em postos de transformação exteriores eram geralmente constituídos por invólucro em chapa, com índices de proteção não inferiores a IP 45 e IK 10, de acordo com as prescrições dos projetos-tipo dos postos de transformação aéreos da DGEG. Hoje em dia, são utilizadas soluções com invólucros isolantes de características adequadas à instalação exterior [25] [26] [27].

Nos postos de transformação aéreos o QBT é instalado assente no solo, ou fixo em poste, numa das suas faces [25] [26] [27].

O aparelho de corte geral, que pode ser um disjuntor ou interruptor-seccionador, com ou sem fusíveis, deve assegurar na posição de aberto, a ligação do neutro do transformador à terra [25] [26] [27].

As saídas, protegidas por fusíveis ou disjuntores, são trifásicas para a rede de distribuição, enquanto para a iluminação pública (IP) podem ser trifásicas ou monofásicas [25] [26] [27].

O QBT deverá estar equipado com os respetivos contadores de usos gerais e de IP.

A Figura 3.25 mostra um QBT exterior instalado assente no solo, numa das faces do poste.



Figura 3.25 – Exemplo de QBT exterior

Note-se que em postos de transformação de cliente e postos de transformação privados, o QBT deve atender às características e necessidades da distribuição da respetiva instalação.

3.2.16.2. Quadros de interior

Tal como nos QBT do tipo exterior, também os QBT de interior têm vindo a sofrer desenvolvimentos constantes, em relação às soluções normalizadas nos projetos-tipo da DGEG.

Outrora do tipo interior não protegido (tipos CA1 e CA2), o QBT nas cabinas, era composto por bastidores metálicos que suportavam os barramentos de cobre por meio de isoladores. Hoje em dia, os quadros carecem de invólucro em chapa de aço, onde são alojados os aparelhos de corte, proteção, medida ou contagem. O aparelho de corte geral é geralmente um interruptor seccionador tetrapolar, enquanto a proteção às saídas é feita por triblocos seccionáveis ou disjuntores, de acordo com o tipo de carga a alimentar [12] [28] [29].

O QBT deverá estar equipado com os respetivos contadores de usos gerais e de IP.

A Figura 3.26 mostra um QBT para instalação interior.



Figura 3.26 – Exemplo de QBT interior

Note-se que em postos de transformação de cliente e postos de transformação privados, o QBT deve atender às características e necessidades da distribuição da respetiva instalação.

3.2.17. Encravamentos

Os PT devem ser dotados de encravamentos mecânicos e elétricos, com o objetivo de evitar a realização de falsas manobras e o acesso das pessoas a partes da instalação normalmente em tensão [5].

As falsas manobras a evitar são [5]:

- Manobra dos seccionadores em carga;
- Fecho dos seccionadores e interruptores com os seccionadores de terra fechados;
- Fecho dos seccionadores de terra com os seccionadores e interruptores fechados.

As postas das celas em rede, designadamente dos transformadores, devem estar encravadas por chave com o respetivo seccionador de terra da cela de proteção [5].

Assim, as portas exteriores das celas só devem poder ser abertas depois de respetivo seccionador de terra estar fechado, o qual, por sua vez, só deve poder sair desta posição quando a porta da cela se encontrar fechada à chave [5].

3.2.18. Terras

3.2.18.1. Terra de proteção

A terra de proteção destina-se a ligar à terra todos os elementos condutores da instalação normalmente sem tensão, como por exemplo a cuba do transformador, grelhas, carcaças metálicas do QMT, etc. Caso existam DST, também estes devem ser ligados à terra de proteção.

Nos PT do tipo aéreo, a terra de proteção deve ser feita no próprio apoio em que está instalado o PT.

Nos PT em cabina, a terra de proteção deve ser feita nas proximidades ou nas próprias fundações da cabina.

O valor da resistência de terra de proteção deverá ser tão pequena quanto possível e inferior, em qualquer ocasião, a 20Ω [4].

3.2.18.2. Terra de serviço

A terra de serviço destina-se à ligação do neutro dos transformadores à terra.

Nos PT do tipo aéreo, a terra de proteção deve ser feita no primeiro ou primeiros apoios de cada saída da rede de distribuição se se tratar de rede aérea. Quando o PT servir uma rede subterrânea, o eléctrodo ou eléctrodos serão localizados em terreno que ofereça condições aceitáveis à sua implantação e seja suficientemente afastado da terra de proteção para garantir a sua distinção (≈ 20 m) [11].

Nos PT em cabina alta os princípios a seguir para implementação da terra de serviço são análogos ao estabelecido para PT aéreos. Já nas cabinas baixas, a terra de serviço deve ser feita em terreno que ofereça condições aceitáveis à sua implantação e por forma a que a terra de serviço e proteção sejam eletricamente distintas (≈ 20 m) [12].

O valor da resistência de terra de serviço não deverá ser superior a 10Ω [4].

3.2.18.3. Terra única

Nas zonas de grande densidade urbana, onde não é possível garantir que as terras de serviço e de proteção sejam eletricamente distintas, pode-se optar pelo estabelecimento de uma terra única (interligação da terra de serviço com a terra de proteção), desde que o valor da resistência de terra não ultrapasse 1Ω [5].

3.2.18.4. Elérodos de terra

Como as zonas profundas do solo são aquelas que, pelo seu teor de humidade, garantem uma melhor condutibilidade e conseqüentemente conduzem a valores mais baixos da resistência de terra, devem utilizar-se eléctrodos sob forma de chapas, varetas, perfilados, tubos, cabos nus, fitas ou varões, em número e comprimento suficiente de modo a garantir um baixo valor da resistência de terra [25].

As chapas, as varetas, tubos e perfilados devem, em regra, ficar enterrados verticalmente, a uma profundidade tal que entre a superfície do solo e a parte superior do eléctrodo se estabeleça uma distância não inferior a $0,80$ m [25].

Sempre que exista risco de aparecimento à superfície do terreno, devido à sua elevada resistividade, de uma tensão de passo perigosa, resultante de uma eventual corrente de terra, os condutores de terra devem ser isolados desde a superfície do terreno até à profundidade de $0,60$ m [25].

A Figura 3.27 apresenta um exemplo de trabalhos de instalação de um eléctrodo de terra em cabo de cobre nu.



Figura 3.27 – Exemplo de elétrodo de terra em cabo nu, configurado em serpentina [30]

3.2.19. Iluminação, tomadas e acessórios regulamentares

Os postos de transformação deverão ser dotados de:

- Iluminação normal, com recurso a armaduras salientes estanques (só PT em cabina);
- Iluminação de emergência, com recurso a blocos autónomos permanentes (só PT em cabina);
- Tomadas de usos gerais monofásicas, do tipo schuko, 10/16 A;
- Placas de sinalização e de segurança, de acordo com as Normas NP-608 e 609;
- 1 quadro de instruções para primeiros socorros;
- 1 mapa de registo de terras;
- 1 tapete de borracha para a tensão de isolamento do PT (só PT em cabina);
- 1 par de luvas de borracha para a tensão de isolamento do PT;
- 1 lanterna (só PT em cabina);
- 1 vara de manobra para a tensão de isolamento do PT (só PT em cabina);
- 1 extintor portátil (só PT em cabina);
- 1 balde de areia (só PT em cabina).

3.3. REDES AÉREAS

3.3.1. Generalidades

As primeiras redes aéreas foram construídas com condutores nus, de cobre e posteriormente de alumínio, apoiados em postes através de isoladores. Esta solução foi abandonada, embora ainda existam em serviço algumas redes deste tipo [31].

Como complemento ao RSRDEEBT [7], a DGEG publicou o Guia Técnico de Redes Aéreas de Baixa Tensão em Condutores Isolados Agrupados em Feixe (Torçada) [31], com a finalidade de normalizar a conceção, a execução, a exploração e os materiais e equipamentos a usar nas redes aéreas.

Atualmente, as redes aéreas são utilizadas apenas em zonas rurais e semiurbanas, usando cabos isolados estabelecidos em postes. Contudo, em determinadas zonas onde a densidade de construção, a largura das vias de circulação ou outras condicionantes não permitem a instalação de redes subterrâneas, são utilizadas como solução de recurso as redes estabelecidas nas fachadas dos edifícios [5].

3.3.2. Cabos

Os condutores isolados agrupados em feixe, cableados entre si, também conhecidos por cabos em torçada, são os mais comuns nas redes aéreas. Estes cabos contam na sua constituição com um condutor por fase, um condutor de neutro, e por vezes, um condutor de iluminação pública com secção inferior aos restantes – técnica francesa. O isolamento dos vários condutores é em polietileno reticulado (PEX) de cor preta.

Existem também outras variantes de cabos em torçada, em que o condutor de neutro tem funções de tensor, sendo os restantes condutores cableados em torno deste – técnica escandinava.

A Figura 3.28 mostra o corte transversal dos dois tipos de cabos em torçada mencionados.

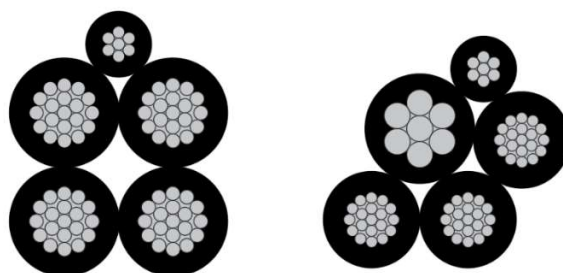


Figura 3.28 – Cabos em torçada: técnica escandinava (esquerda) e técnica francesa (direita)

Nos cabos em torçada, dada a existência de condutores de secções e cor de isolamento iguais, os mesmos devem ser devidamente identificados, a fim de se evitarem situações que originem consequências gravosas.

3.3.3. Apoios e acessórios

As redes aéreas desenvolvem-se com os cabos estabelecidos em postes, posteletes, consolas, ou mesmo nas paredes dos edifícios.

Os postes, implantados no solo, são normalmente constituídos em betão armado de formato I, U, ou circular, com alturas totais entre os 7 e 12 metros. Apenas em casos muito particulares, são utilizados postes de madeira ou metálicos [5] [31] [32].

Os posteletes e consolas são de aço galvanizado por imersão a quente, convenientemente protegidos contra a corrosão, e são fixados diretamente nas paredes por encastramento [31].

As braçadeiras são colocadas nas paredes por meio de furos devidamente distanciados. Podem ser em material isolante resistente às intempéries ou em metal, e dotadas de partes isolantes na zona de contacto com o isolamento do feixe de condutores [31].

Quando houver necessidade de seccionar troços de rede ou proteger canalizações contra sobreintensidades, devem ser respetivamente instaladas caixas de seccionamento ou de proteção, para os devidos efeitos.

Para além dos elementos já mencionados, é utilizada nas redes aéreas uma panóplia de acessórios essenciais à correta instalação dos cabos em torçada, como ganchos, alongadores, pinças de amarração, ligadores, berços, caixas de derivação, mangas termo-retráteis, etc.

A Figura 3.29 mostra uma caixa de proteção instalada em poste de betão, cabos em torçada e pinças de amarração.



Figura 3.29 – Exemplo de rede érea

3.4. REDES SUBTERRÂNEAS

3.4.1. Generalidades

As RBT subterrâneas são utilizadas sobretudo nas zonas urbanas e semiurbanas.

Este tipo de redes é constituído por armários de distribuição (AD) e por cabos isolados estabelecidos em tubagens, galerias, túneis, lancis de passeio, ou diretamente enterrados em vala, sendo o último método o mais usual

3.4.2. Cabos

Nas redes de distribuição subterrâneas, os condutores têm alma em cobre ou alumínio, com isolamento em policloreto de vinilo (PVC) ou PEX.

Quando enterrados em vala, os cabos devem apresentar características resistentes ao abatimento e compressão do terreno e à corrosão provocada pelo mesmo. A resistência química é dada pelos compostos de PVC ou PEX de que é composta a bainha, enquanto a resistência mecânica resulta da utilização de dupla bainha, bainha reforçada, ou armadura.

A Figura 3.30 ilustra o corte transversal de um cabo típico de instalação em vala.



Figura 3.30 – Cabo armado

Os condutores devem ser facilmente identificáveis pela coloração: preto, castanho e cinzento para as fases e azul para o neutro.

3.4.3. Valas

A instalação de redes subterrâneas requer a abertura de valas para alojar as condutas elétricas. As valas (Figura 3.31), são executadas ao longo das vias públicas e sempre que possível nos passeios. As canalizações devem ficar envoltas em areia ou terra com características adequadas, a uma profundidade mínima de 0,7 m, e devidamente sinalizadas por um dispositivo de aviso colocado acima delas.



Figura 3.31 – Vala

Caso existam troços da rede subterrânea que atravessem vias de passagem de veículos, os mesmos devem ser executados com recurso a travessias, que devem ser feitas perpendicularmente ao eixo da via, dentro do possível. As travessias constam de tubos assentes no fundo da vala, envoltos em areia ou betão, utilizados para a imediata passagem de cabos e também para reservas futuras.

3.4.4. Armários de distribuição

Os AD pertencentes à RDBT destinam-se à interligação de redes, à proteção de linhas derivadas de uma linha principal e à proteção de ramais.

De modo a normalizar soluções, a DGEG publicou o Guia Técnico dos Armários de Distribuição e os seus Maciços de Fundação [33], no entanto, este documento tem vindo a tornar-se desatualizado, dada a constante evolução dos materiais e equipamentos e as condicionantes impostas por parte do ORD.

O AD deve assegurar índices de proteção adequados à instalação na via pública e é constituído essencialmente por quatro partes distintas:

- Invólucro, destinado a assegurar a proteção do equipamento instalado no seu interior, bem como a proteção de pessoas contra contactos com peças sob tensão;
- Bastidor, destinado a servir de estrutura de suporte e de fixação do equipamento elétrico;
- Suporte de cabos;
- Maciço de fundação, destinado a garantir a estabilidade do armário e permitir a passagem dos cabos.

Existem ainda em exploração muitos armários com invólucro metálico e maciço de fundação em betão ou alvenaria, de acordo com o estipulado pelo Guia Técnico da DGEG, sendo que hoje em dia, a solução passa por armários integralmente constituídos em materiais isolantes (com exceção do suporte de cabos, pernos, parafusos, porcas e anilhas).

A Figura 3.32 apresenta um AD onde é possível observar o invólucro e respetivo maciço constituídos em material isolante.

Os AD são equipados no seu interior com barramentos de cobre nu, uma barra por fase, uma barra para o neutro e uma barra para terra, sendo que nas instalações atuais, a barra de terra já não é aplicável.

Excetuando algumas situações pontuais, os cabos são ligados aos barramentos de fase através de triblocos.



Figura 3.32 – Exemplo de AD

O elétrodo de terra é ligado diretamente à barra de neutro através de cabo isolado, sendo que à mesma barra devem ser ligados através de condutor de cobre nu os elementos metálicos normalmente fora de tensão.

3.5. LIGAÇÃO AOS CONSUMIDORES

3.5.1. Ligações à rede MT

A alimentação de instalações particulares em MT pressupõe a existência de pelo menos um PT cliente ou um PT privado.

Em qualquer situação, a fronteira entre a rede de distribuição MT e a rede particular deve localizar-se junto do limite do lote da instalação a alimentar. O ponto fronteira pode situar-se no PTC ou num posto de seccionamento de cliente (PSC), no caso de o PT ser privado.

O tipo construtivo do posto, o tipo e modo de alimentação, o número de transformadores e respetivas potências, são fatores que influenciam a forma como é feita a contagem de energia, bem como a definição do ponto fronteira da instalação.

A contagem de energia poderá ser efetuada:

- No lado MT pertencente ao ORD;
- No lado MT pertencente ao cliente;
- No lado BT pertencente ao cliente.

O ponto fronteira poderá ser:

- Os bornes de entrada do seccionador ou interruptor seccionador no caso dos PSC ou PTC aéreos;

- Os bornes exteriores do isolador de travessia no caso do PTC em cabina alta;
- Os terminais da caixa de fim de cabo, os bornes de entrada ou saída do seccionador de isolamento, os bornes de entrada do seccionador da instalação de cliente, ou os bornes de saída na cela de medição no caso dos PSC ou PTC em cabina baixa.

A Figura 3.33 exemplifica o ponto fronteira entre a RBT e a rede particular num PTC em cabina baixa, com contagem no lado MT pertencente ao ORD.

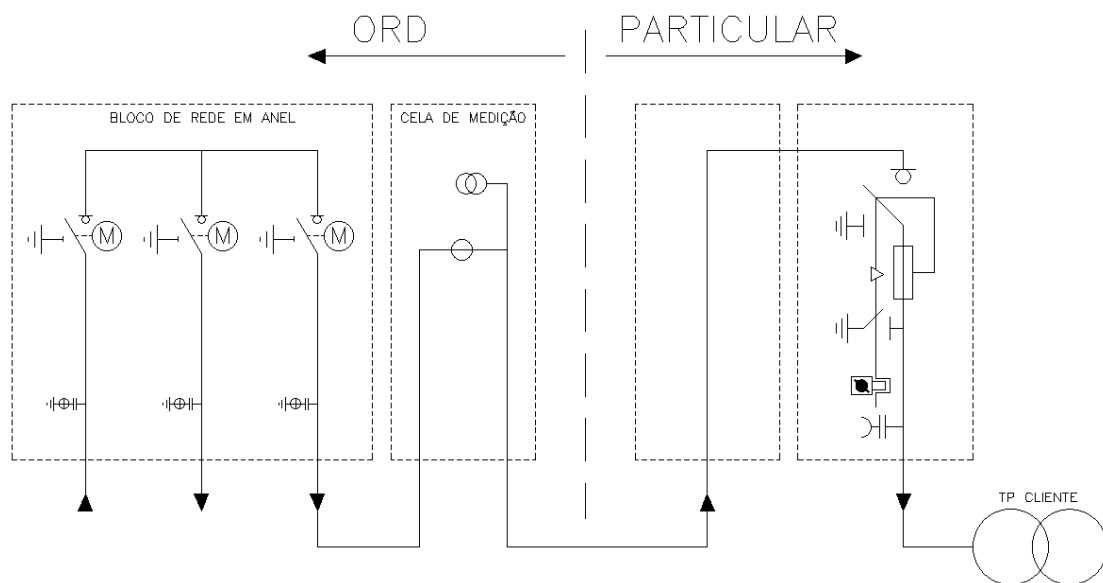


Figura 3.33 – Ponto fronteira em PTC em cabina baixa com contagem no lado MT pertencente ao ORD

3.5.2. Ligações à rede BT

O ramal para alimentação de uma instalação consumidora em BT é dimensionado de acordo com a potência estipulada para a mesma.

A RBT e uma instalação particular têm entre si, como ponto fronteira, os ligadores de saída da portinhola, como ilustra a Figura 3.34. Nas instalações em que não existe portinhola, a RBT termina nos ligadores de entrada do contador, ou nos ligadores de entrada do Quadro de Coluna, no caso de uma instalação coletiva.



Figura 3.34 – Exemplo de portinhola

A ligação da RBT ao ponto fronteira pode tomar diversas configurações, dependendo do método de instalação desse mesmo troço. Os cabos com alma em cobre ou alumínio, devem ser adequados ao tipo de chegada ao local de consumo, podendo esta ser via aérea ou subterrânea.

Para além de estabelecer os limites entre a RBT e a instalação particular, a portinhola tem instalado no seu interior um seccionador fusível, que desempenha a função de proteção do ramal.

A jusante do ponto fronteira situa-se a caixa de contagem, ou as caixas de contagem, caso se trate de uma instalação coletiva. Esta caixa deve ficar acessível à distribuidora, o quanto possível, sendo no seu interior que fica alojado o equipamento de contagem, conforme Figura 3.35.



Figura 3.35 – Exemplo de caixa de contagem

4. REDE DE ILUMINÇÃO PÚBLICA

4.1. GENERALIDADES

As redes de IP são alimentadas a partir de QBT ou de AD específicos para IP. A jusante destes, a rede segue uma topologia radial e desenvolve-se via aérea ou subterrânea, à tensão composta (entre fases) de 400 V e 230 V para a tensão simples (entre fase e neutro).

Nas zonas ruais e semiurbanas, onde a RBT é aérea, é prática corrente alimentar os aparelhos de iluminação a partir da RBT, sendo acrescentada à referida rede um quinto condutor, ligado a uma das três fases [5]. Existem também casos em que são utilizados cabos aéreos unicamente destinados à IP. As luminárias alimentadas por rede aérea encontram-se instaladas em parede ou nos apoios de rede (Figura 4.1).



Figura 4.1 – Exemplo de luminária instalada em apoio de rede aérea

Em zonas urbanas e nas vias rápidas, a RIP é preferencialmente enterrada e distinta da RBT [5]. As luminárias alimentadas por rede subterrânea são instaladas em parede ou em coluna (Figura 4.2).



Figura 4.2 - Exemplo de luminária instalada em coluna

4.2. CONCEITOS DE LUMINOTÉCNICA

A iluminação pública deve ter em consideração a função, tipo e largura da via. As necessidades de visibilidade dos utilizadores dos vários tipos de vias diferem entre si.

A série de normas EN 13201 [34] introduziu as classes de iluminação (M, P e C) de forma a facilitar e desenvolver os serviços de IP na União Europeia, apontando a uma uniformização e harmonização dos requisitos. A cada classe estão associados vários índices de modo a caracterizar melhor a situação e definir, de forma otimizada, os valores dos seus parâmetros luminotécnicos [35].

Os principais parâmetros a ter em linha de conta são:

- Luminância (L) – Medida da densidade da intensidade da luz refletida numa dada direção, que descreve a quantidade de luz que atravessa ou é emitida de uma superfície, segundo um ângulo sólido. Tem como unidade a cd/m^2 [35].
- Iluminância (E) – Quociente entre o fluxo luminoso incidente num elemento da superfície, e a área desse elemento. Tem como unidade o lux [35].
- Uniformidade relativa (U) – Relação entre a luminância/iluminância mínima e a luminância/iluminância média [5]. Define-se em %.

4.3. FONTES DE LUZ

A fonte de luz é o elemento que produz uma radiação eletromagnética no espectro visível [35].

Os vários tipos de fontes luminosas que podem ser utilizadas num sistema de IP diferenciam-se mediante as suas características técnicas e económicas e dos seus parâmetros de desempenho, nomeadamente [35]:

- Índice de Restituição de Cor (IRC);
- Temperatura de Cor (kelvin);
- Fluxo luminoso (lm);
- Eficácia Luminosa (lm/W);
- Potência (W);
- Tempo de Vida (h);
- Custo (€);
- Fator de Sobrevivência da Lâmpada (FSL);
- Fator de Manutenção da Luminosidade da Lâmpada (FMLL).

Em Portugal, na RIP encontram-se fontes de luz dos seguintes tipos:

- Fluorescente;
- Indução;
- Iodetos metálicos;
- LED;
- Vapor de mercúrio;
- Vapor de sódio.

Apesar das fontes de vapor de sódio terem uma grande representação a nível nacional, com a emergente utilização da tecnologia LED, perspectiva-se que no futuro será esta a fonte luminosa predominante.

A tecnologia LED aplicada à IP, quando bem projetada, oferece diversas vantagens relativamente às restantes tecnologias, nomeadamente:

- Alta qualidade de luz e rendimento visual [36];
- Menores custos de energia e operacionais [36];

- Diminuição da poluição luminosa [35];
- Mais tempo de vida [35];
- Acendimento imediato [35];
- Possibilidade de diming/controlo mais eficiente [35].

4.4. LUMINÁRIAS

A luminária é um conjunto ótico, elétrico e mecânico constituído pelo sistema ótico, corpo ou carcaça, e pelo suporte para fonte luminosa. As lâmpadas não podem ser ligadas diretamente à rede, havendo a necessidade de instalar componentes associados ao seu correto funcionamento, como condensadores, ignitores, balastros (magnéticos/eletromagnéticos ou eletrônicos) ou drivers, no caso das luminárias LED [35].

As luminárias variam bastante, de fornecedor para fornecedor, consoante o propósito funcional/estético da luminária. Adicionalmente, o material de construção é igualmente diversificado obtendo diferentes pesos, dimensões e resistência mecânica [35].

A luminária para além de sustentar a fonte de luz e garantir a alimentação elétrica, deve:

- Dirigir o fluxo luminoso, assegurando conforto visual com uma eficiência máxima [35];
- Evitar encandeamento [35];
- Satisfazer as especificações elétricas e mecânicas que garantam a segurança e o bom funcionamento [35];
- Proteger os dispositivos elétricos e óticos, bem como a fonte luminosa, das possíveis agressões exteriores, nomeadamente atmosféricas [35];
- Promover a dissipação de calor [35].

4.5. SUPORTES

Os suportes, ou apoios para as luminárias, podem ser postes ou colunas, braços em fachadas de edifícios e em casos muito pontuais cabos para suspensão.

Os suportes utilizados na RIP, devem assegurar as seguintes características:

- Boa resistência a esforços resultantes da ação do vento e choques mecânicos;
- Boa resistência às intempéries e à corrosão;
- Manutenção fácil e barata;

- Espaço suficiente para colocação/acesso fácil da aparelhagem de proteção.

Quando a rede é desenvolvida via aérea, os suportes são geralmente postes em betão, partilhados pela RIP e RBT. Já nas redes subterrâneas, é recomendável que os suportes sejam colunas metálicas, galvanizadas a quente por imersão, em detrimento dos apoios em marmorite, cuja tendência para se desagregarem em caso de embate pode tornar-se perigosa.

Os braços fixos diretamente em edifícios são utilizados nas redes estabelecidas nas fachadas dos mesmos.

As colunas de IP podem apresentar as seguintes variantes:

- Fixação: enterramento ou flange;
- Alturas: 4 a 12 m;
- Projeção do braço (simples ou duplo): 0,5 a 1,5 m;
- Inclinação da peça de fixação da luminária: 5° a 15°.

As colunas de IP devem dispor de um quadro elétrico, acessível através de portinhola, para alimentação das luminárias, conforme ilustra a Figura 4.3.



Figura 4.3 – Quadro elétrico em coluna de IP

4.6. REGULAÇÃO DE FLUXO

A regulação de fluxo pode ser efetuada através de reguladores de fluxo instalados à cabeceira do circuito IP, ou por balastros instalados na própria luminária. Ambas as soluções podem ou não estar associadas a um sistema de telegestão. O processo pode ser efetuado através da regulação por tensão, por corrente, ou variação de frequência [35].

A instalação dos reguladores de fluxo à cabeceira do circuito IP acaba por ser a opção menos vantajosa, pois a extensão do circuito ou a existência de diversos tipos de lâmpadas no mesmo circuito, são condicionantes ao correto funcionamento deste sistema.

4.7. SISTEMAS DE CONTROLO E GESTÃO

Os sistemas de controlo são dispositivos que regulam, gerem e monitorizam a operação do sistema de iluminação. Estes sistemas permitem otimizar a utilização das instalações IP, resultando normalmente em economias de energia significativas, sem prejuízo dos níveis de conforto e segurança visual necessários em cada local e/ou atividade [36].

Nos sistemas de IP é importante saber em que situação o nível de iluminação ambiental é insuficiente para ativar as luzes. Este controlo não pode ser efetuado de forma totalmente eficaz utilizando temporizadores tradicionais, uma vez que, em dias de chuva ou nevoeiro intenso, pode ser necessário ativar o sistema por razões de segurança. Além disso, o horário do próprio nascer e pôr-do-sol não é constante [35]. O sensor crepuscular, ou o relógio astronómico são alternativas viáveis e bastante utilizadas, no entanto, a tendência é de impor sistemas de telegestão que permitam um controlo totalmente remoto e mais detalhado do sistema.

Um sistema de telegestão permite diminuir os tempos de reposta a anomalias na RIP, cumprir com a necessidade de poupar energia, diminuir as emissões de CO₂, com os índices de qualidade de serviço que se espera de um sistema de IP [36].

A telegestão pode ser do tipo ponto a ponto ou armário a armário. O mais comum e eficaz é a telegestão ponto a ponto, na qual um bom sistema apresenta os seguintes benefícios:

- Redução dos custos de exploração;
- Uso racional e eficiente de energia;
- Melhora a qualidade de serviço ao munícipe.

Existem vários tipos de arquitetura de um sistema de telegestão, os mais conhecidos são:

- Por PLC (*Power Line Communication*) [36];

- Por *wireless* – rede *mesh*, rede estrela ou GSM [36].

A Figura 4.4 mostra duas luminárias equipadas com dispositivos utilizados em sistemas de telegestão, *Nema Socket* e Antena.



Figura 4.4 – Luminária com *Nema Socket* (à esquerda) e luminária com antena (à direita) [36]
[37]

4.8. LIGAÇÕES À TERRA

Nas redes subterrâneas, o terminal de neutro do quadro elétrico da coluna é ligado ao terminal de terra da coluna e este, por sua vez, é ligado diretamente ao elétrodo de terra. As armaduras dos cabos de alimentação do quadro elétrico devem ser equipotencializadas no terminal de terra da coluna [38].

Nas luminárias alimentadas por rede aérea, quando de classe I de isolamento, a ligação à terra é feita diretamente pelo neutro da rede aérea. A ligação do neutro à terra é efetuada através de um shunt entre o terminal de neutro e o terminal de terra da própria luminária. As luminárias, quando de classe II de isolamento, não necessitam de ligação à terra [38].

No caso específico de luminária diretamente fixa em parede de edifício alimentada por rede subterrânea, deve existir um quadro elétrico da luminária, onde o terminal de neutro é ligado diretamente ao elétrodo de terra [38].

O elétrodo de terra mais utilizado é o elétrodo de montagem vertical tipo vareta [38].

5. CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO

No dimensionamento da rede de cabos BT deve ter-se em conta as potências a instalar, as quedas de tensão máximas admissíveis, as intensidades máximas admissíveis, as correntes de curto-circuito, a fadiga térmica das canalizações elétricas e a seletividade das proteções.

5.1. POTÊNCIAS

A potência definida para alimentar determinado tipo de instalação deve ser adequada à utilização da mesma. A escolha da potência a instalar deve recair sobre escalões normalizados, quando aplicáveis, respeitando os requisitos mínimos estabelecidos na secção 803 das RTIEBT [39] e no ponto 3 do Guia Técnico das Instalações Elétricas para Alimentação de Veículos Elétricos (GTIEAVE) [40].

5.2. QUEDA DE TENSÃO

De acordo com o artigo 9.º do RSRDEEBT [7], as variações de tensão em qualquer ponto da rede de distribuição ou da rede de iluminação pública, não deverão ser superiores a $\pm 8\%$ da tensão nominal, sendo recomendado que esse valor baixe para $\pm 5\%$ nas redes localizadas em centros urbanos.

5.3. PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGAS

Segundo o estipulado no artigo 127.º do RSRDEEBT [7], os condutores de fase das redes de distribuição devem ser protegidos contra sobreintensidades por meio de corta-circuitos fusíveis ou disjuntores. Já o condutor de neutro não deverá possuir qualquer aparelho de proteção [7].

Os aparelhos destinados à proteção contra sobrecargas devem ter características de funcionamento que satisfaçam simultaneamente as seguintes condições:

a) $I_f \leq 1,45 I_z$

b) $I_s \leq I_n \leq I_z$

I_s , ou I_B segundo a regulamentação internacional, é a intensidade de corrente de serviço da canalização, em A [7]. Corresponde ao valor de corrente máximo previsto no circuito em regime normal de funcionamento e é determinada pela seguinte equação:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_c}$$

em que:

S é a potência total do circuito, em VA

U_c é tensão composta do circuito, em V

I_n é a intensidade de corrente estipulada do aparelho de proteção, em A [7]. Corresponde ao valor de corrente para o qual o aparelho não funciona.

I_z é a intensidade de corrente máxima admissível na canalização, em A [7]. Corresponde ao valor de corrente máximo que pode existir na canalização durante o tempo convencional, sem que esta sofra danos.

I_f , ou I_2 segundo a regulamentação internacional, é a intensidade de corrente convencional de funcionamento do aparelho de proteção, em A [7]. Corresponde ao valor de corrente para o qual o aparelho deve funcionar antes de expirar o tempo convencional.

Na RBT os aparelhos de proteção geralmente utilizados são fusíveis do tipo gG, cujas correntes e tempos convencionais são estabelecidos pela norma HD 60269-2 [41] e são conforme os valores apresentados nos Quadros 5.1 e 5.2.

Quadro 5.1 – Correntes características dos fusíveis gG [41]

Corrente estipulada (I_n)	Corrente convencional de não funcionamento (I_{nf})	Corrente convencional de funcionamento (I_2)
Até 4 A	$1,5 \times I_n$	$2,1 \times I_n$
$4 \text{ A} \leq I_n \leq 16 \text{ A}$	$1,5 \times I_n$	$1,9 \times I_n$
$I_n > 16 \text{ A}$	$1,25 \times I_n$	$1,6 \times I_n$

Quadro 5.2 – Tempos convencionais de funcionamento dos fusíveis gG [41]

Corrente estipulada do fusível (I_n)	Tempo convencional (t)
Até 63 A	1 h
$63 \text{ A} < I_n \leq 160 \text{ A}$	2 h
$160 \text{ A} < I_n \leq 400 \text{ A}$	3 h
$I_n > 400 \text{ A}$	4 h

Os aparelhos de proteção contra sobrecargas devem ser estabelecidos nos pontos de cada circuito onde haja redução do valor da corrente admissível, como resultado da mudança da sua secção nominal, da natureza, do tipo ou do modo de estabelecimento da canalização [7].

No entanto, a utilização do referido aparelho pode ser dispensada, desde que a canalização de menor corrente máxima admissível esteja protegida contra sobrecargas e curto-circuitos, por aparelhos colocados a montante [7].

5.4. PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITOS

Segundo o artigo 130.º do RSRDEEBT [7], a intensidade de corrente estipulada dos aparelhos de proteção contra curto-circuitos deverá ser determinada de modo a que a corrente de curto-circuito seja cortada, antes de a canalização poder atingir a sua temperatura limite admissível. Esta condição é satisfeita se o tempo de corte do aparelho de proteção, calculado pela expressão abaixo, for inferior ou igual a 5 segundos:

$$t = \left(k \times \frac{S}{I_{cc}} \right)^2$$

em que:

t é o tempo de corte do aparelho de proteção, em s, com o máximo de 5 s [7].

k é uma constante que relacionada com a natureza do tipo de canalização, sendo os valores mais comuns 115 e 76, para cabos isolados a PVC com alma em cobre e alumínio, respetivamente [42].

S é a secção dos condutores, em mm^2 [7]

I_{cc} é a corrente de curto-circuito mínima, em A, isto é, a corrente que resulta de um curto-circuito franco verificado no ponto mais afastado do circuito [7]

O cálculo da corrente de curto-circuito pode ser efetuado com recurso à seguinte fórmula aproximada, indicada no mesmo artigo:

$$I_{cc} = \frac{0,95 U}{\rho_F \frac{L_F}{S_F} + \rho_N \frac{L_N}{S_N}}$$

em que:

U é a tensão entre condutores, em V

ρ_F é a resistividade do condutor de fase, em $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

ρ_N é a resistividade do condutor de neutro, em $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

L_F é o comprimento do condutor de fase, em m

L_N é o comprimento do condutor de neutro, em m

S_F é a secção do condutor de fase, em mm^2

S_N é a secção do condutor de neutro, em mm^2

O aparelho de proteção contra curto-circuitos deve ficar localizado nos pontos de cada circuito onde haja redução do valor da corrente admissível, como resultado da mudança da sua secção nominal, da natureza, do tipo ou do modo de estabelecimento da canalização.

Excepcionalmente, o referido aparelho pode ser colocado em qualquer ponto do percurso da canalização, desde que o aparelho de proteção contra curto-circuitos colocado a montante assegure a proteção do troço a jusante, que suporta uma menor corrente admissível.

Esta regra traduz-se pela “regra do triângulo” que se esquematiza na Figura 5.1.

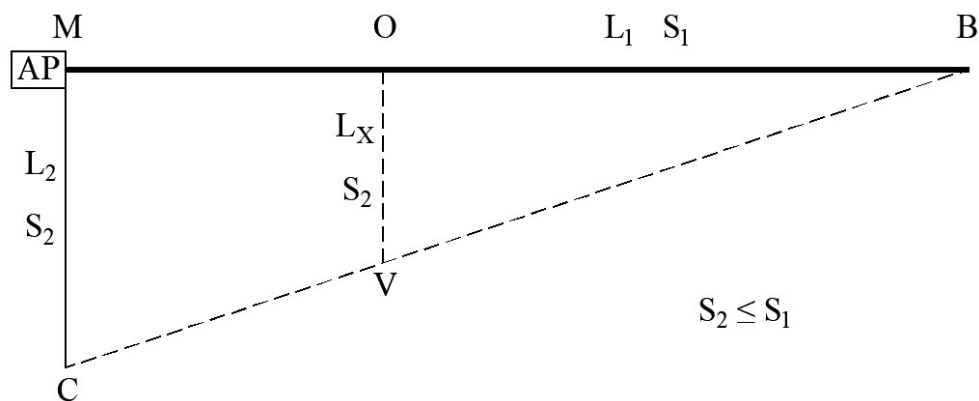


Figura 5.1 – “Regra do triângulo” aplicada à proteção de canalizações contra curto-circuitos [7]

M é o ponto onde se encontra instalado o aparelho de proteção (AP) contra curto circuitos da canalização com condutores de secção S_1 [7].

MB é o comprimento máximo L_1 da canalização de secção S_1 protegida contra curto-circuitos pelo aparelho AP colocado em M [7].

MC é o comprimento máximo L_2 da canalização de secção S_2 protegida contra curto-circuitos pelo aparelho AP colocado em M para proteger a canalização de secção S_1 [7].

O comprimento máximo da canalização derivada em O , de secção nominal S_2 , protegida contra curto-circuitos pelo aparelho colocado em M é dado pelo comprimento OV [7].

6. RESTRIÇÕES IMPOSTAS PELO ORD

6.1. GENERALIDADES

Conforme previamente indicado, no presente documento toma-se como referência os documentos normativos editados pela EDP Distribuição, visto ser o ORD que detém quase a totalidade das concessões da RBT em Portugal Continental. No entanto, há que ter em consideração que cada um dos restantes dez ORD disponibilizam os seus próprios documentos, que devem ser tidos em linha de conta, para a elaboração de projetos de serviço público a desenvolver nos concelhos a eles concessionados.

6.2. REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM BAIXA TENSÃO

6.2.1. Postos de transformação

Recorde-se que o presente documento tem por finalidade contribuir para o desenvolvimento de projetos de infraestruturas elétricas de serviço público. Este tipo de projetos incide maioritariamente em loteamentos e urbanizações a construir, ou a requalificar. Ou seja, trata-se geralmente de zonas urbanas, ou semiurbanas, onde existe a preferência de desenvolver as novas redes via subterrânea.

Deste modo, os postos de transformação a considerar nestas situações são geralmente cabinas baixas, o que a leva a que a necessidade de desenvolver um projeto que integre um PT aéreo é de probabilidade reduzida.

O PT do tipo aéreo é bastante utilizado nas zonas rurais ou semiurbanas, onde não existem loteamentos ou urbanizações, sendo que nestes casos, o planeamento da rede não carece de projeto aprovado e é desenvolvido internamente pela EDP Distribuição.

Posto isto, adiante não será aprofundada a solução do PT aéreo, bem como outras soluções obsoletas ou de utilização muito pontual como o PT em gaiola, PT cabina alta ou PT subterrâneo, fazendo-se apenas menção a alguns documentos a ter em consideração na eventualidade dessa situação específica.

Seguidamente são indicados os principais documentos relacionados a cada tipo de instalação de PT.

6.2.1.1. Posto de transformação aéreo

A EDP Distribuição admite dois tipos de PT aéreo, o PT aéreo R100 e o PT aéreo R250, cujas diferenças mais significativas são indicadas no Quadro 6.1.

Quadro 6.1 – Diferenças entre os PT aéreos R100 e R250

	PT Aéreo	Ligação à Rede MT	Potência Transformador	Saídas RDBT	Saídas IP
DIT-C13-801	R100	Seccionador	≤ 100 kVA	1 (trif.)	1 (monof.)
DIT-C13-802	R250	Interruptor-seccionador	≤ 250 kVA	3 (trif.)	3 (monof.)

6.2.1.2. Posto de transformação em gaiola

Trata-se de uma solução que foi abandonada, a EDP Distribuição não dispõe de qualquer documento normativo vinculado à implementação de novos postos de transformação deste tipo.

6.2.1.3. Posto de transformação em cabina alta

Trata-se de uma solução que foi abandonada, a EDP Distribuição não dispõe de qualquer documento normativo vinculado à implementação de novos postos de transformação deste tipo.

6.2.1.4. Posto de transformação em cabina baixa de construção tradicional ou em edifício para outros usos

A EDP Distribuição não dispõe de um documento normativo vinculado à implementação de novos postos de transformação deste tipo, apesar de a sua utilização ser aceitável.

Os PT em cabina baixa de construção tradicional em alvenaria ou integrados em edifícios para outros usos, devem seguir os princípios indicados para as cabinas pré-fabricadas de manobra interior (ponto 6.2.1.5) no que respeita:

- À disposição das celas, das portas, dos equipamentos ou de outros elementos;
- Às características elétricas, incluindo o número e tipo de funções do QMT.

As dimensões da cabina poderão ser diferentes das indicadas no DMA-C13-910/N [43], desde que devidamente validadas pela EDP Distribuição.

Não se tratando de uma solução *standard*, existem determinados cuidados a ter em consideração na conceção deste tipo de cabinas, nomeadamente:

- Prever a construção de caleiras, com tampa em chapa, para instalação dos cabos de MT e BT;

- Quando utilizados transformadores em banho de óleo, prever um sistema de recolha do óleo dos transformadores, em caso de derrame, para evitar a contaminação do solo;
- Prever sistema de ventilação natural.

Nos PTD não é utilizada ventilação forçada, as celas de transformador devem ser, sempre que possível, dotadas de um sistema de ventilação por circulação natural de ar, estabelecido nas paredes das próprias celas e, se necessário, nas portas de acesso às celas [44].

A entrada e saída de ar devem, sempre que possível, localizar-se em faces opostas da cabina, devendo a saída de ar situar-se a Sul, de modo a que esteja a favor dos ventos predominantes.

A grelha de entrada de ar deverá instalar-se a um mínimo de 0,3 m do solo, com uma separação vertical de pelo menos 1,3 m da grelha de saída de ar.

O correto dimensionamento das grelhas de ventilação natural de ar consegue-se com recurso ao seguinte cálculo [45]:

$$S_E = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 \times K_c \times \sqrt{\Delta h} \times \Delta T^3}$$

onde:

S_E é a secção mínima para a grelha de admissão de ar por transformador, em m^2

W_{cu} são as perdas por efeito de Joule nos enrolamentos, em kW

W_{fe} são as perdas no circuito magnético por correntes de Foucault e histerese, em kW

Δh é a distância vertical entre os centros das grelhas de admissão/extração, em m

ΔT é a diferença de temperatura entre o ar de saída e o ar de entrada, em $^{\circ}C$

K_c é o fator de correção, relação entre a área útil da grelha e a área total da grelha

Na falta de elementos mais concretos, deverão ser considerados os seguintes valores:

$$\Delta h = 1,5 \text{ m}$$

$$\Delta T = 15 \text{ }^{\circ}C$$

$$K_c = 0,6$$

6.2.1.5. Posto de transformação em cabina baixa pré fabricada

A EDP Distribuição tem clara preferência por utilizar PTD de cabina baixa do tipo pré-fabricados de manobra interior, em detrimento de outros tipos de conceção. O valor económico,

a facilidade de instalação, o tempo reduzido de entrada em serviço, ou o equipamento normalizado e fiável, são fatores que têm influência nesta preferência.

O DMA-C13-910/N [43] define as especificações para as cabinas baixas pré-fabricadas de superfície e manobra interior. De acordo com o referido DMA, no presente documento utilizar-se-á a sigla CP para designar, de forma genérica e abreviada, os dois tipos construtivos de cabinas pré-fabricadas elegíveis para a RBT:

- CPO – Cabinas baixas para PT de superfície, constituídas por elementos pré-fabricados de betão armado (base, paredes – constituídas regra geral por ligação de vários painéis – cobertura e laje de pavimento da CP), ligados em obra, vulgarmente designadas por cabinas modulares [43];
- CPF – Cabinas baixas para PT de superfície, constituídas por elementos pré-fabricados de betão armado (base e paredes, constituindo uma única peça, cobertura e laje de pavimento da CP) ligados em fábrica, vulgarmente designadas por cabinas monoblocos [43].

As CP para redes de tensão nominal igual ou inferior a 15 kV são para aplicar em redes de 10 kV e 15 kV. As CP para redes de tensão nominal igual ou inferior a 30 kV são para aplicar em redes de 30 kV, podendo também ser utilizadas, quando se justifique (possível mudança de tensão a prazo de 15 kV para 30 kV, etc.), em redes de tensão nominal inferior [43].

Os PT a estabelecer nas CP são alimentados, fundamentalmente, por linha subterrânea em anel. O QMT terá assim:

- No mínimo 2 celas de entrada/saída e 1 cela de proteção de transformador, ou unidade compacta equivalente – 3 funções;
- No máximo 3 celas de entrada/saída e 2 celas de proteção de transformador, ou unidade compacta equivalente – 5 funções.

As CP podem ser equipadas com um ou dois transformadores MT/BT, cujas potências unitárias são de 250 kVA, 400 kVA ou 630 kVA. Por cada transformador é instalado um QBT, ou seja, as CP terão no máximo dois QBT.

As CP devem disponibilizar espaço para albergar os armários de telecomando, comunicações e fonte de alimentação. Caso contrário, deve reservar-se no local de implantação da CP um espaço adjacente a esta, para futura instalação dos referidos armários, em envolvente própria, logo que as exigências de qualidade de serviço e ou exploração o justifiquem [43].

Por admitir que em certas condições de implantação (espaço disponível, distância a vias de circulação, etc.) as cabinas de manobra exterior podem constituir uma alternativa às cabinas de manobra interior, a EDP Distribuição elaborou o DMA-C13-911/N [46], onde estabelece as especificações para cabinas pré-fabricadas de betão armado de manobra exterior.

No que toca à sua estrutura construtiva, estas CP seguem os princípios das CPF, sendo que o seu interior se divide em três compartimentos separados entre si por painéis, de betão ou chapa de aço ligada a perfis metálicos de aço. Os três compartimentos destinam-se a receber, respetivamente, o QBT, transformador de potência e o QMT.

Em comparação às CP de manobra interior, as CP de manobra exterior apresentam mais limitações no que toca ao número de transformadores MT/BT e ao número de funções do QMT, conforme indica o Quadro 6.2.

Quadro 6.2 – Análise comparativa simplificada entre as CP de manobra interior e exterior

	Tipo de manobra	Tensão nominal	Funções QMT	N.º transf.	Potência transf.
DMA-C13-910/N	Interior	≤ 15 kV 30 kV	2+1 a 3+2	1 ou 2	250 kVA 400 kVA
DMA-C13-911/N	Exterior		2+1 a 3+1	1	630 kVA

As CP devem ser dotadas de um sistema de ventilação natural, constituído por aberturas estrategicamente colocadas nas paredes ou portas das celas. Em todo caso, as CP devem assegurar os índices de proteção IP 23D e IK 10.

No que diz respeito à disposição das celas, das portas, dos equipamentos ou outros elementos, deverá ser considerado o estipulado no DMA-C13-910/N [43] e DMA-C13-911/N [46].

6.2.1.6. Posto de transformação subterrâneo

Os PT subterrâneos apresentam custos de implantação mais dispendiosos e uma manutenção mais minuciosa e, por isso, também mais cara. O recurso a esta solução deve portanto, ser considerado apenas em situações excecionais e devidamente justificadas [15].

Perante a possibilidade de instalação de um PT subterrâneo, deve ter-se em consideração o DRP-C13-001/N [15] da EDP Distribuição, onde são definidas as condições para a instalação deste tipo de PT, entre as quais se salientam as seguintes:

- A cabina deve garantir índices de proteção IP 36 e IK 10. A cuba deve ser estanque;
- A ventilação deve ser natural;
- A cabina deve ser construída em materiais resistentes à agressividade do solo onde a mesma será implantada;
- Deve ser previsto um orifício para montagem fácil de uma tubagem para drenagem em caso de inundação acidental;
- Devem ser adotadas disposições construtivas para impedir a penetração de pequenos animais no interior da cabina;
- O impedimento de acesso ao PT deve ser evitado através de dispositivos adequados;
- Espaços interiores idênticos a um PT não enterrado, em cabina pré-fabricada;
- Controlo da carga do transformador por termómetro, com ordem de disparo de alimentação, em caso de ser excedida a temperatura máxima de funcionamento;
- Deve ser previsto que, ocasionalmente, uma inundação possa submergir temporariamente os equipamentos elétricos no interior do PT. Para isso, devem ser utilizados Blocos de Rede em Anel (BRA) com IP 37;
- Apresentação de um estudo/projeto hidráulico para o PT;
- Pode albergar no máximo dois transformadores com potência unitária máxima de 630 kVA.

6.2.1.7. Seccionadores, interruptores-seccionadores, fusíveis e disjuntores MT

Seccionadores

Os seccionadores destinam-se a montagens em PT interiores, PT aéreos tipo AS ou em postes de linhas aéreas, e devem seguir estabelecido nos respetivos DMA, em função da tensão estipulada, conforme indicado no Quadro 6.3.

Quadro 6.3 – Documentos de referência em função da tensão estipulada do seccionador

Equipamento	Documento de referência	Tensão nominal da rede (kV)	Tensão estipulada (kV)
Seccionador MT	DMA-C64-165/E	10	12
	DMA-C64-170/E	15	17,5
	DMA-C64-175/E	30	36

Interruptores-seccionadores

Os interruptores-seccionadores destinam-se a montagens em PT interiores, PT aéreos tipo AI ou em postes de linhas aéreas, e devem seguir estabelecido no DMA-C64-166/N [47], em função da tensão estipulada, conforme indicado no Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Documentos de referência em função da tensão estipulada do interruptor-seccionador

Equipamento	Documento de referência	Tensão nominal da rede (kV)	Tensão estipulada (kV)
Interruptor-seccionador MT	DMA-C64-166/N	10	12
		15	17,5
		30	36

Corta-circuitos-fusíveis

Os corta-circuitos-fusíveis destinam-se a ser instalados em interruptores-seccionadores-fusíveis, em celas modulares, e em blocos de rede em anel para proteção dos transformadores MT/BT. Devem estar de acordo com o estipulado no DMA-C64-210/N [48], nomeadamente no que respeita às características dos elementos de substituição indicadas no Quadro 6.5.

Quadro 6.5 – Características dos elementos de substituição [48]

Tensão nominal da rede (kV)	10				15					30				
Tensão estipulada (kV)	12				24					36				
Corrente estipulada (A)	31,5	40	63	100	16	20	25	50	63	6,3	10	16	25	40
Poder de corte estipulado (kA)	≥ 16				$\geq 12,5$					≥ 8				

No Quadro 6.6 é feita a associação entre a potência e tensão nominais do transformador a proteger e as características do fusível a utilizar.

Quadro 6.6 – Correspondência entre fusíveis MT e transformadores MT/BT [48]

Tensão nominal do transformador (KV)	Tensão estipulada do fusível (kV)	Potência total do transformador (kVA)				
		160	250	400	630	1000
		Calibres dos fusíveis (A)				
10	12	-	31,5	40	63	100
15	24	16	20	25	50	63
30	36	6,3	10	16	25	40

De modo a existir seletividade entre os fusíveis de MT e os fusíveis de BT, e garantir a proteção do transformador de potência, o calibre máximo do fusível BT a utilizar é apresentado no Quadro 6.7 [48].

Quadro 6.7 – Calibre máximo do fusível BT que garante a seletividade com fusível MT

Transformadores MT/BT		Fusíveis de MT	Fusíveis de BT
Tensão (kV)	Potência (kVA)	Corrente estipulada (A)	Corrente estipulada (A)
10	250	31,5	200
	400	40	315
	630	63	400
	1000	100	400
15	160	16	160
	250	20	200
	400	25	315
	630	50	400
	1000	63	400
30	160	6,3	125
	250	10	250
	400	16	315
	630	25	400
	1000	40	400

Interruptor-seccionador-fusível

Os interruptores-seccionadores-fusíveis destinam-se a ser instalados em postos de transformação de interior. Devem estar de acordo com o estipulado no DMA-C64-167/N [49], respeitando as características indicadas no Quadro 6.8.

Quadro 6.8 – Principais características elétricas dos interruptores-seccionadores-fusíveis

Tensão nominal da rede (kV)	10	15	30
Tensão estipulada (kV)	12	17,5	36
Corrente estipulada (A)	100	63	40
Poder de corte estipulado (kA)	16	12,5	8

Disjuntor

Os disjuntores destinam-se a serviço interior e devem ser de vácuo ou SF6.

A manobra dos disjuntores deve ser efetuada com recurso à acumulação de energia em molas por motor série, com libertação por bobinas e botoneiras de ação mecânica.

Os disjuntores devem possuir os contactos auxiliares normalmente abertos (NA) e normalmente fechados (NF) necessários ao seu funcionamento intrínseco e à implementação dos sistemas de comando, controlo e proteção.

Os disjuntores devem respeitar as características indicadas no Quadro 6.9 e estar de acordo com o estipulado nos seguintes documentos:

- DMA-C64-100/N [50];
- DMA-C64-101/N [51];
- DMA-C64-102/N [52];
- DMA-C64-105/N [53];
- DMA-C64-110/N [54];
- DMA-C64-115/N [55].

Quadro 6.9 – Principais características elétricas dos disjuntores

Tensão nominal da rede (kV)	10				15		30	
Tensão estipulada (kV)	12				17,5		36	
Corrente estipulada (A)	400	630	1250	2500	630	1600	400	800
Poder de corte estipulado (kA)	16				16		12,5	

6.2.1.8. Descarregadores de sobretensões

Os DST destinam-se a serviço interior ou exterior, e tem por finalidade a proteção de transformadores de potência MT/BT, cabos isolados e aparelhagem MT.

Os DST devem estar de acordo com o estipulado no DMA-C65-100/N [56], cumprindo com as características indicadas no Quadro 6.10.

Quadro 6.10 – Principais características dos DST

Tensão nominal da rede (kV)	10	15	30
Tensão estipulada (kV)	≥ 12	≥ 18	≥ 36
Corrente nominal de descarga (kA)	10		

6.2.1.9. Quadros de média tensão

Os quadros modulares compactos são a solução preferencial a adotar pela EDP Distribuição, enquanto as celas modulares são aplicadas em situações pontuais devidamente justificadas e normalmente associadas a intervenções de manutenção e telecomando de instalações com celas modulares.

Quadros Modulares

A EDP Distribuição designa os QMT compostos por celas modulares como CMOD.

Os CMOD devem cumprir com o estabelecido pelo DMA-C64-410/N [57].

Os CMOD devem ser metálicos constituídos por celas com divisões inteiramente fechadas em todas as suas faces, com isolamento no ar ou em SF₆, conferindo índices de proteção de IP 30 e IK 07 [57].

Estes quadros devem ser extensíveis e constituídos por celas contendo cada uma a aparelhagem correspondente a uma função [57].

Os esquemas devem comportar um barramento único e vários tipos de celas a seleccionar (Anexo III), nomeadamente:

- Cela com interruptor;
- Cela com combinado interruptor-seccionador-fusível;
- Cela com disjuntor;
- Cela de medição (com transformadores de tensão);
- Cela de seccionamento geral com interruptor-seccionador e medição à direita/esquerda;
- Cela de seccionamento geral com disjuntor e medição à direita/esquerda.

O Quadro 6.11 apresenta as diversas celas, bem como as respetivas correntes estipuladas.

Quadro 6.11 – Correntes estipuladas em serviço contínuo nos CMOD

Parte do CMOD	Tensão nominal da rede		
	10 kV	15 kV	30 kV
	Tensão estipulada		
	12 kV	17,5 kV	36 kV
Barramento	400 A	400 A	400 A
Cela com interruptor-seccionador	400 A	400 A	400 A
Cela com interruptor-seccionador-fusível	400 A	400 A	400 A
Função seccionador (nas celas disjuntor, medição e seccionamento geral com disjuntor)	400 A	400 A	400 A
Cela com disjuntor	400 A	400 A	400 A
Cela de seccionamento geral com interruptor seccionador e medição à direita/esquerda	400 A	400 A	400 A
Cela de seccionamento geral com disjuntor e medição à direita/esquerda	400 A	400 A	400 A

Deve ser previsto um sistema de encravamento que impossibilite o acesso à sala do transformador do PT, sem que os seccionadores de terra associados ao combinado interruptor-seccionador-fusível da cela de proteção de transformador estejam fechados [57].

As funções interruptor-seccionador e disjuntor devem ser motorizadas e permitir o comando manual e elétrico. O comando deve permitir o fecho e abertura dos interruptores-seccionadores e/ou disjuntores, por ação local ou telecomando [57].

Os comandos elétricos e motores devem estar preparados para funcionarem com uma tensão contínua de 48 V. O consumo das motorizações não pode ser superior a 10 A [57].

Para cada função motorizada, o comando manual local prevalece sobre o comando elétrico, manual e remoto, isto é, quando o operador está a realizar uma manobra local, por acionamento mecânico, as ordens elétricas, locais e remotas (provenientes da unidade de telecomando), ficam bloqueadas [57].

Quadros Modulares Compactos

A EDP Distribuição designa os QMT modulares compactos como BRA (Blocos de Rede em Anel).

Os BRA devem cumprir com o estabelecido pelo DMA-C64-420/N [58].

Os BRA devem ser metálicos, agrupando um conjunto de funções num único invólucro não extensível, totalmente isolado a SF6, conferindo índices de proteção de IP 32 e IK 07 [58].

As configurações normalizadas para os BRA (Anexo IV), são:

- BRA de 1 só função [1 COMB];
- BRA de 3 funções [2 INT/SEC + 1 COMB];
- BRA de 3 funções [3 INT/SEC];
- BRA de 4 funções [3 INT/SEC + 1 COMB];
- BRA de 4 funções [2 INT/SEC + 2 COMB];
- BRA de contagem [cela de medição de energia MT].

As correntes estipuladas para as diferentes partes do BRA são indicadas no Quadro 6.12.

Quadro 6.12 - Correntes estipuladas em serviço contínuo nos BRA

Parte do BRA	Tensão nominal da rede		
	10 kV	15 kV	30 kV
	Tensão estipulada		
	12 kV	17,5 kV	36 kV
Barramento	400 A	400 A	400 A
Função “Anel”	400 A	400 A	400 A
Função “Proteção de Transformador”	100 A	63 A	40 A
Função “Medição de energia em MT”	400 A	400 A	400 A

Deve ser previsto um sistema de encravamento que impossibilite o acesso à sala do transformador do PT, sem que os seccionadores de terra associados ao combinado interruptor-seccionador-fusível da função “Proteção de Transformador” estejam fechados [58].

Todas as funções interruptor-seccionador constituintes dos BRA devem ser motorizadas e permitir o comando manual e elétrico. O comando deve permitir o fecho e abertura dos interruptores-seccionadores da função anel, por ação local ou telecomando [58].

Os comandos elétricos e motores devem estar preparados para funcionarem com uma tensão contínua de 48 V. O consumo das motorizações não pode ser superior a 10 A [58].

Para cada função motorizada, o comando manual local prevalece sobre o comando elétrico, manual e remoto, isto é, quando o operador está a realizar uma manobra local, por acionamento mecânico, as ordens elétricas, locais e remotas (provenientes da unidade de telecomando), ficam bloqueadas [58].

6.2.1.10. Transformadores de medida

Os transformadores de medida devem cumprir em todas as suas características com o estipulado nos respectivos documentos normativos correspondentes, conforme indicado no Quadro 6.13.

Quadro 6.13 – Transformadores de medida e respetivo DMA

Documento normativo	Objeto de aplicação
DMA-C42-510/N	Transformadores de tensão MT
DMA-C42-550/N	Transformadores de corrente MT
DMA-C42-552/N	Transformadores de corrente BT

6.2.1.11. Transformadores de potência

A EDP Distribuição considera a utilização de transformadores de potência do tipo hermético em banho de óleo e do tipo seco.

Transformadores herméticos em banho de óleo

Os transformadores herméticos em banho de óleo devem cumprir com o estipulado no DMA-C52-125/N [59].

Os transformadores devem ser trifásicos, com enrolamentos com isolamento uniforme, separados, em cobre ou alumínio, imersos em óleo e herméticos à penetração do ar exterior [59].

Os transformadores herméticos devem ser para montagem suspensa (PT aéreos) ou para montagem apoiada (PT cabina) e preparados para utilização exterior ou interior, de acordo com o indicado no Quadro 6.14.

Quadro 6.14 – Tipos de montagem e utilização dos transformadores herméticos [59]

Potência estipulada [kVA]	Montagem	Utilização
50	suspensa ⁽¹⁾	exterior
100	suspensa ⁽¹⁾	exterior
160	apoiada	exterior
250	apoiada	exterior
400	apoiada	interior
630	apoiada	interior
800	apoiada	interior
1000	apoiada	interior

(1) – Deve também estar preparado para montagem apoiada [59]

As principais características a ter em consideração nos transformadores herméticos em banho de óleo são apresentadas no Quadro 6.15.

Quadro 6.15 – Características dos transformadores herméticos

Potência estipulada [kVA]	50, 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000
Tensão primária estipulada [kV]	10, 15, 30
Tensão secundária estipulada [kV]	420
Frequência estipulada [Hz]	50
Regulação de tensão	$\pm 2 \times 2,5\%$
Grupo de ligação	Dyn5
Refrigeração	ONAN
Óleo	Mineral isolante (DMA-C27-100/N)

Os valores de tensão de curto-circuito (U_{cc}) devem estar de acordo com o indicado no Quadro 6.16.

Quadro 6.16 – Valores de tensão estipulada de curto-circuito nos transformadores herméticos [59]

Tensão primária estipulada (kV)	Potência estipulada (kVA)	Tensão de curto-circuito estipulada [%]
≤ 20	≤ 630	4,0
	> 630	6,0
30	≤ 630	5,0
	> 630	6,0

Os transformadores devem possuir uma bolsa destinada à colocação eventual de um termómetro ou de sonda térmica.

Transformadores secos

Os transformadores do tipo seco devem cumprir com o estipulado no DMA-C52-130/N [60].

Os transformadores devem ser trifásicos, do tipo seco encapsulado, com enrolamentos com isolamento uniforme, separados [60].

Os transformadores secos destinam-se a ser instalados nos postos de transformação inseridos em edifícios destinados a outros usos, e devem ser concebidos para montagem apoiada.

As principais características a ter em consideração nos transformadores secos são apresentadas no Quadro 6.17.

Quadro 6.17 – Características dos transformadores secos

Potência estipulada [kVA]	250, 400, 630, 800, 1000
Tensão primária estipulada [kV]	10, 15, 30
Tensão secundária estipulada [kV]	420
Frequência estipulada [Hz]	50
Regulação de tensão	$\pm 2 \times 2,5\%$
Grupo de ligação	Dyn5
Refrigeração	AN

Os valores de tensão de curto-circuito (U_{cc}) devem estar de acordo com o indicado no Quadro 6.18.

Quadro 6.18 - Valores de tensão estipulada de curto-circuito nos transformadores secos

Tensão primária estipulada (kV)	Potência estipulada (kVA)	Tensão de curto-circuito estipulada [%]
≤ 15	≤ 630	4,0
	1000	6,0
30	≤ 630	5,0
	1000	6,0

Os transformadores devem ser equipados com um sistema de proteção contra sobrecargas constituído por:

- Sensores no “ponto quente” de cada enrolamento BT;
- Régua de terminais, fixada na parte superior do transformador, à qual são ligados os sensores;
- Relé térmico auxiliar para tratamento das informações dos sensores e elaboração dos sinais de alarme e disparo.

6.2.1.12. Quadro de Baixa Tensão

Quadros de exterior

Os QBT de exterior destinam-se a ser instalados em PT do tipo aéreo. O invólucro divide-se em dois compartimentos, o “compartimento de corte e proteção” e o “compartimento de contagem”, e deve assegurar os índices de proteção IP 44 e IK 10.

Existem dois tipos de quadros de exterior, o R100 e o R250, cujas principais características são indicadas no Quadro 6.19.

Quadro 6.19 – Principais características dos QBT de exterior

	QBT	Potência Estipulada (kVA)	Tensão Estipulada (V)	Corrente Estipulada (A)	Saídas RDBT	Saídas IP
DIT-C62-808/N	R100	100	400	200	1 (trif.)	1 (monof.)
DIT-C62-809/N	R250	250	400	400	3 (trif.)	3 (monof.)

Quadros de interior

A EDP Distribuição define dois modelos de QBT de interior, destinados a serem instalados em PT de cabina, são eles o R630 CIP e o R630 CDJ.

Os quadros são constituídos por um invólucro de chapa de aço (IP 2X e IK 10), uma estrutura de perfis de chapa de aço, um bastidor constituído por perfis, calhas e respetiva aparelhagem elétrica.

Ambos os modelos são preparados para funcionar com uma potência de 630 kVA, sendo que o QBT R630 CDJ, apenas deve ser instalado quando exista necessidade de alimentar clientes cujas correntes sejam superiores a 400 A [29].

A conceção dos quadros R630 CIP e R630 CDJ deve reger-se, respetivamente, pelos DMA-C62-813/N [28] e DMA-C62-818/N [29].

No caso do R630 CIP, o quadro é dotado com seis triblocos seccionáveis para proteção de saídas para a rede de distribuição e um acoplamento com duas saídas, havendo a possibilidade de o acoplamento ter mais duas saídas para reserva. No caso do R630 CDJ, o quadro é dotado com três triblocos seccionáveis e um disjuntor de 1000 A regulável, para proteção de saídas para a rede de distribuição [28] [29].

Os triblocos seccionáveis a utilizar devem ser tripolares, de corte em carga, com corrente estipulada permanente de 400 A e poder de fecho de 30 kA [28] [29].

A fim de evitar as consequências que possam advir do aparecimento de perturbações atmosféricas na rede, os quadros devem ter incorporado na parte inferior um dispositivo disruptor, também designado por escorvador [28] [29].

Os quadros devem ser dotados com 3 disjuntores diferenciais do tipo bipolar, com $I_n = 10 A$, $I_{\Delta} \leq 10 mA$ e poder de corte $Pdc = 10 kA$, para a proteção dos seguintes circuitos:

- Circuito de iluminação do PT;
- Circuito de alimentação da tomada;
- Circuito de alimentação para Unidade Remota de Telecontrolo (URT).

Os disjuntores devem respeitar as características especificadas na norma EN60947-2 [28] [29] [61].

A contagem geral de energia é feita em baixa tensão. O circuito que alimenta o contador geral de energia é dotado com uma proteção, constituída por bases de fusíveis de tamanho 10x38. A contagem geral de energia é realizada por uma equipa de contagem constituída por:

- Contador estático trifásico, cujas características devem estar de acordo com o DMA-C44-502/N [62] (a fornecer pela EDP Distribuição);
- Três transformadores de corrente monofásicos, de baixa tensão, com as características indicadas no Quadro 6.20 seguinte e, no aplicável, de acordo com o especificado no DMA-C42-552/N [63].

Quadro 6.20 – Características dos transformadores de corrente

Relação de transformação	1000/5
Frequência (Hz)	50
Classe de precisão	1
Potência de precisão (VA)	5
Corrente de curto-circuito estipulada térmica (kA)	>9

Os QBT são dotados com um circuito trifásico para IP, protegido por bases de fusíveis tamanho 22x58. O mesmo circuito divide-se em duas saídas, também trifásicas, protegidas por bases de fusíveis de tamanho 14x51 de modo a permitir a ligação de condutores de alumínio até 16 mm² de secção.

O controlo da iluminação é efetuado por um circuito de comando, o qual é composto por:

- Base de fusível 10x38 para uma tensão de 230 V e com um poder de corte de 10 kA, de acordo com o especificado na norma IEC 60269-2-1 [64], para proteção do próprio circuito de comando [28] [29];

- Contactor tripolar, eletromecânico, para serviço interrupto e tensão estipulada de 440 V, 50 Hz, classe de utilização AC-3 e corrente estipulada de 63 A, obedecendo ao especificado no DMA-C63-600/N [28] [29] [65]. O acionamento do contactor deve ser feito através de relógio astronómico ou telecomando via EDP Box IP (EB IP);
- Contador estático trifásico, cujas características devem estar de acordo com o DMA-C44-501/N [66] (a fornecer pela EDP Distribuição) [28] [29];
- Comutador de 3 posições de 10 A [28] [29].

O Anexo V ilustra os esquemas unifilares do QBT R630 CIP e do QBT R630 CDJ.

O Quadro 6.21 resume as principais características dos quadros R630 CIP e R630 CDJ.

Quadro 6.21 - Principais características dos QBT de interior

	QBT	Potência Estipulada (kVA)	Tensão Estipulada (V)	Corrente Estipulada (A)	Saídas RDBT	Saídas IP
DMA-C62-813/N	R630 CIP	630	400	1000	6+4 (trif.) ⁽¹⁾	2 (trif.)
DMA-C62-818/N	R630 CDJ	630	400	1000	4 (trif.) ⁽²⁾	2 (trif.)

(1) - Seis triblocos seccionáveis em carga podendo no máximo ser adicionados mais quatro no acoplamento.

(2) - Três triblocos seccionáveis em carga e um disjuntor.

6.2.1.13. Telecomando

Os PT em cabina são equipados com sistema de telecomando constituído por URT qualificada de acordo com o DMA-C98-404/N [67].

A URT tem como finalidade possibilitar o telecomando de aparelhagem de MT de redes subterrâneas, nomeadamente celas modulares ou blocos de rede em anel [67].

A URT é composta pelos seguintes elementos principais:

- Armário de Comando;
- *Remote Terminal Unit* (RTU);
- Alimentador;
- Baterias;

- Transformador de Isolamento, se aplicável.

Constituem, ainda, partes da URT todos os acessórios e cablagem necessária para interligar os componentes principais e responder a todos requisitos aplicáveis [67].

O armário de comando é alimentado a partir do QBT a 230 Vac, 50 Hz, e deve estar equipado na entrada, com disjuntor bipolar dimensionado tendo em conta as correntes de curto-circuito previstas de 25 kA [67].

A alimentação aos órgãos de corte deve ser feita a 48 Vcc, cujo circuito deve ser protegido por disjuntor ou fusível [67].

O sistema de alimentação, em caso de falha de tensão de entrada deverá desligar-se antes da descarga total da bateria, salvaguardando a energia necessária para que, após o retorno da tensão de entrada, seja garantida a disponibilidade imediata do equipamento após arranque.

A RTU é responsável pela execução das funções de comando e controlo do processo (aquisição de dados, automação local e comando da aparelhagem MT). Deverá ficar instalada no interior do armário de comando e possibilitar acesso remoto.

A RTU é conectada às celas MT por intermédio de cablagem de comando e sinalização, incluindo transformadores de corrente.

Deverá ser possível manobrar os painéis MT, via URT, através de botoneira, ou via acesso local para manutenção. Como medida de segurança, deverá ser contemplado um encravamento local/distância de operação mecânica que iniba qualquer comando remoto. Esse encravamento deverá ser garantido por intermédio de um comutador local/distância, preferencialmente acessível a partir do exterior do armário [67].

6.2.1.14. Ligações MT e BT

As ligações ao primário e secundário do transformador de potência, devem ser executadas com cabos dimensionados para uma potência de 630 kVA, mesmo que a potência do transformador seja inferior.

A ligação entre o QMT e o primário do transformador deve ser executada respeitando as indicações do Quadro 6.22, em conformidade com o DMA-C13-910/N [43] e o DMA-C13-911/N [46].

Quadro 6.22 – Ligações ao primário do transformador de potência [43] [46]

Tensão estipulada da rede (kV)	Potência do transformador (kVA)	Cabos de ligação por fase
10	≤ 630	1 x LXHIOZ1(cbe) 120 mm ² (1)
15		1 x LXHIOZ1(cbe) 95 mm ² (1)
30		1 x LXHIOZ1(cbe) 70 mm ² (1)
(1) – Cabo com nomenclatura atualizada de acordo com DMA-C33-251/N		

No lado BT, as ligações ao secundário do transformador e o QBT podem figurar em três opções diferentes, consoante o tipo de cabo considerado, de acordo com o DMA-C13-910/N [43] e o DMA-C13-911/N [46], conforme indicado no Quadro 6.23.

Quadro 6.23 - Ligações ao secundário do transformador de potência [43] [46]

Potência do transformador (kVA)	Cabos de ligação
≤ 630	Por fase: 2 x LSVV 1x380 mm ² Neutro: 1 x LSVV 1x380 mm ²
	Por fase: 2 x LVV 1x400 mm ² Neutro: 1 x LVV 1x400 mm ²
	Por fase: 2 x LXV 1x400 mm ² Neutro: 1 x LXV 1x400 mm ²

6.2.1.15. Terras

As ligações à terra nos postos de transformação devem cumprir com as prescrições do DRE-C11-040/N [30].

Seguidamente revelam-se os principais aspetos a ter em consideração, nos sistemas de terra a implementar em PT de cabina baixa.

Proteções contra sobretensões

Nos postos de transformação cabina baixa cuja alimentação é proveniente de linhas aéreas de média tensão, deverão ser instalados DST, quando o comprimento (L_c) dos troços subterrâneos que os interligam à linha aérea estiverem dentro das condições que constam no Quadro 6.24 [30].

Quadro 6.24 – Comprimento L_C em função da tensão da linha MT

Tensão da linha MT (kV)	L_C (m)
10	≥ 50
15	≥ 50
30	≥ 70

Circuito de terra de proteção (no interior da cabina)

Este circuito deve ser estabelecido a fio de cobre nu de 16 mm^2 , assente até ao ligador amovível em abraçadeiras de latão niquelado com as características adequadas ao seu percurso. O circuito referido interligará todas as partes metálicas (normalmente fora de tensão), dos seccionadores e combinados (celas em SF6 ou corte no ar) e respetivos comandos, o transformador de potência (cuba e tampa), porta da cabina e redes de vedação das celas (as partes móveis são ligadas com trança de cobre 16 mm^2), o QBT e as persianas de ventilação [30].

Terra de proteção

A ligação entre o ligador amovível (constituído por uma barra de cobre com $30 \times 5 \text{ mm}$ fixa em dois pernos) e o eléctrodo de terra será executada a cabo VV 1G35 mm^2 , com a bainha exterior preta e a isolamento verde/amarela. Deverão interligar-se os eléctrodos da terra de proteção [30].

Para assegurar que dentro do PT não existam grandes variações de tensão no caso de ocorrer um defeito à terra e possam aparecer como consequência desse facto tensões de passo perigosas, os PT devem ser dotados de uma rede de equipotencialidade, executada, por exemplo, a malha quadrada de $30 \times 10 \text{ cm}$ (ferro com 4 mm de diâmetro), embebida no pavimento da cabina e devidamente ligada à terra de proteção [30].

Terra de serviço

A terra de serviço será executada a uma distância igual ou superior a 20 metros da terra de proteção. A interligação entre o barramento de neutro do QBT e o eléctrodo de terra será executada a cabo VV 1G35 mm^2 , com bainha exterior preta e isolamento azul [30].

Terra única

Poder-se-á optar nos PT pelo estabelecimento de uma terra geral única (interligação da terra de serviço com a terra de proteção), desde que a resistência global de terra seja igual ou inferior a 1Ω [30].

6.2.1.16. Iluminação, tomadas e acessórios regulamentares

A iluminação do PT será assegurada por uma luminária com grau de proteção IP 54, montagem interior saliente com lâmpada fluorescente compacta de 20 W com casquilho E27 instalada no teto da sala de manobra em local que permita a respetiva manutenção com o PT em serviço [68].

Na parede da sala de manobra oposta ao QMT, junto à porta da sala de manobra, será instalada uma tomada monofásica de $I_n = 10 A$ com polo de terra [68].

Os circuitos de alimentação dos equipamentos acima referidos serão estabelecidos e protegidos de acordo com as regras aplicáveis [68].

No PTD serão ainda devidamente colocados:

- O quadro de “Instruções para os primeiros socorros em acidentes pessoais produzidos por correntes elétricas” [68];
- O quadro de registo de valores de “resistência de terras” [68];
- O tapete isolante [68];
- As placas de sinalização e de segurança, de acordo com as Normas NP-608 [69] e NP-609 [70].

6.2.2. Redes aéreas

6.2.2.1. Cabos

Os cabos admitidos pela EDP Distribuição para as redes aéreas de distribuição são cabos em torçada, auto-suportados, sem neutro tensor, com isolamento em PEX, com tensão estipulada de 0,6/1 kV, designados segundo a NP-665 [71] (Anexo VI) [72].

O Quadro 6.25 apresenta os cabos elegíveis para utilização nas redes aéreas de distribuição, de acordo com o DMA-C33-209/N [72].

Quadro 6.25 – Cabos em torçada para redes aéreas de distribuição [72]

Cabos em torçada para redes aéreas de distribuição BT	
XS 2x4	Cabos sem condutor de IP
LXS 2x16	
LXS 4x16	
LXS 4x25+16	Cabos com condutor de IP
LXS 4x50+16	
LXS 4x70+16	
LXS 4x95+16	

6.2.2.2. Apoios e acessórios

A EDP Distribuição dispõe de vários documentos relativos a acessórios para utilização em redes aéreas BT, entre os quais se indicam os de maior relevância:

- DMA-C33-800/N [73] – Acessórios para cabos isolados BT;
- DMA-C33-864/N [74] – Berços de guiamento, pinças de suspensão e pinças de amarração;
- DMA-C62-700/N [75] – Caixas de proteção para redes aéreas BT em torçada;
- DMA-C67-205/N [32] – Postes de betão para redes de baixa tensão.

6.2.3. Redes subterrâneas

6.2.3.1. Cabos

Os cabos admitidos pela EDP Distribuição para as redes subterrâneas de distribuição são cabos armados e não armados, com isolamento em PVC ou PEX, com tensão estipulada de 0,6/1 kV, designados segundo a NP 665 [71] (Anexo VI) [76].

O Quadro 6.26 apresenta os cabos elegíveis para utilização nas redes subterrâneas de distribuição, de acordo com o DMA-C33-200/N [76].

Quadro 6.26 - Cabos para redes subterrâneas de distribuição [76]

Cabos não armados		Cabos armados	
Isolação PVC	Isolação PEX	Isolação PVC	Isolação PEX
VV 2x1,5	XV 2x1,5	VAV 2x2,5	XAV 2x2,5
VV 3x1,5	XV 3x1,5	VAV 4x2,5	XAV 4x2,5
VV 3G1,5	XV 3G1,5	VAV 4G2,5	XAV 4G2,5
VV 2x2,5	XV 2x2,5	VAV 2x6	XAV 2x6
VV 3x2,5	XV 3x2,5	VAV 4x6	XAV 4x6
VV 3G2,5	XV 3G2,5	VAV 4G6	XAV 4G6
VV 4x2,5	XV 4x2,5	VAV 2x10	XAV 2x10
VV 4G2,5	XV 4G2,5	VAV 4x10	XAV 4x10
VV 10x2,5	XV 10x2,5	VAV 4G10	XAV 4G10
VV 4x4	XV 4x4	VAV 2x16	XAV 2x16
VV 2x6	XV 2x6	VAV 3x16+10	XAV 3x16+10
VV 4x6	XV 4x6	VAV 3x25+16	XAV 3x25+16
VV 4G6	XV 4G6	LAVAV 3x150+70	LXAV 3x150+70
VV 4x10	XV 4x10	LAVAV 3x185+95	LXAV 3x185+95
VV 4G10	XV 4G10	LSVAV 2x16	LSXAV 2x16
VV 1G25	XV 1G25	LSVAV 4x16	LSXAV 4x16
VV 1G35	XV 1G35	LSVAV 2x35	LSXAV 2x35
VV 1x35	XV 1x35	LSVAV 4x35	LSXAV 4x35
LVV 1x400	LXV 1x400	LSVAV 4x50	LSXAV 4x50
LSVV 1x380		LSVAV 4x95	LSXAV 4x95

6.2.3.2. Valas

Os cabos de baixa tensão (sejam da RDBT ou IP) nas redes subterrâneas, devem ser enterrados a uma profundidade mínima de 0,7 m, com fita sinalizadora e rede de sinalização colocadas de modo a respeitar as distâncias indicadas no Anexo VII.

Caso existam linhas MT na mesma vala, estas são instaladas abaixo do perfil de vala da linha de BT.

No caso das travessias, existem dois tipos a considerar, a travessia normal e a travessia especial. A travessia tipo normal é utilizada para travessias de vias públicas e não contém amaciamento. A travessia tipo especial, com amaciamento em betão, é aplicável para travessias de vias públicas sempre que o terreno circundante esteja sujeito a abatimentos ou escorregamentos, ou a esforços elevados, ou quando a instalação esteja situada em locais onde possam existir elevadas cargas circulantes (por ex. itinerários principais, autoestradas, etc.).

Nas travessias onde se preveja a instalação de cabos de MT, deverão ser instalados pelo menos dois tubos de PVC de 160 mm de diâmetro, com resistência de 6 kg/cm² ou 2,5 kg/cm², consoante o tipo de travessia.

6.2.3.3. Armários de distribuição

Os AD devem cumprir com o estipulado no DMA-C62-801/N [77].

Os AD devem ser da classe II de isolamento, concebidos de forma a assegurar os graus de proteção mínimos IP 44 e IK 10, e dotados de uma barreira isolante no seu interior que deve garantir IP 2X e IK 09, após a abertura da porta [77].

À exceção do suporte de cabos, pernos, parafusos, porcas e anilhas que são metálicos, os restantes elementos constituintes do armário são todos construídos em material isolante, como é o caso do invólucro, bastidor ou maciço [77].

A EDP Distribuição considera cinco tipos de AD, são eles X, Y, Z, W e T (Quadro 6.27). Atualmente, os armários do tipo Y, Z e T, destinam-se somente à substituição de armários idênticos já instalados na rede de distribuição. Assim, os únicos armários elegíveis para instalações novas são os armários tipo X e W.

Quadro 6.27 – Tipos de AD em função do número de circuitos e respetivas proteções

		Tipo de AD				
		X	Y	Z	W	T
N.º de circuitos	Tribloco tamanho 2	5	2	7	2	-
	Tribloco tamanho 00	-	4	-	4	4
	Direto ao barramento	-	-	-	-	2

Os elementos de substituição a instalar nos triblocos devem ser fusíveis de facas (NH), cumprindo com as características estabelecidas no DMA-C63-201/N [78].

6.2.4. Ligação aos consumidores

6.2.4.1. Ligações à rede MT

As instalações com contagem única, cuja potência seja superior a 200 kVA devem ser ligadas à rede MT e não à rede BT [79].

As regras a observar pelos clientes na ligação dos seus postos de transformação à rede MT encontram-se definidas no Manual de ligações à rede de serviço público, publicado pela EDP Distribuição.

Nas novas ligações em MT a contagem de energia é feita do lado da MT, exceto nos casos de PT aéreo. As ligações existentes, com contagem do lado da BT, devem manter-se até que surjam novas situações que justifiquem a mudança da contagem para MT [79].

Os armários de contagem a instalar devem estar de acordo com o DMA-C17-510/N [79] [80].

Nas ligações à rede aérea MT ou nas ligações que disponham de uma transição aérea-subterrânea, é obrigatória a montagem de DST [79].

Nas ligações à rede subterrânea MT, não sendo obrigatória, é recomendada a instalação de DST [79].

Podendo existir outro tipo de ligações, apresentam-se no Anexo VIII os exemplos ilustrativos mais recorrentes [79].

6.2.4.2. Ligações à rede BT

A ligação de uma instalação consumidora poderá ser condicionada à disponibilização, por parte do cliente, de um espaço adequado para a instalação e exploração de um PTD.

As ligações de instalações consumidoras à rede BT, dividem-se em Baixa Tensão Normal (BTN) e Baixa Tensão Especial (BTE) conforme indicado no Quadro 6.28.

Quadro 6.28 – Ligações aos consumidores em BT

Ligações em Baixa Tensão	
BTN	BTE
$P \leq 41,4 \text{ kVA}$	$P > 41,4 \text{ kVA}$

No Quadro 6.29 são descritas as potências normalizadas por escalões, a considerar para instalações em BTN.

Quadro 6.29 – Potências normalizadas em BTN

Monofásico		Trifásico	
P (kVA)	In (A)	P (kVA)	In (A)
1,15	5	6,90	3 x 10
2,30	10	10,35	3 x 15
3,45	15	13,80	3 x 20
4,60	20	17,25	3 x 25
5,75	25	20,70	3 x 30
6,90	30	27,60	3 x 40
10,35	45	34,50	3 x 50
13,80	60	41,40	3 x 60

Para as instalações em BTE não existem escalões definidos, podendo ser considerada qualquer potência acima de 41,40 kVA.

Portinholas

As portinholas devem ser construídas de materiais capazes de suportar os constrangimentos mecânicos, elétricos e térmicos, e também os efeitos de humidade suscetíveis de serem encontrados nas condições normais de utilização, e ser resistente ao envelhecimento e ao fogo [81].

Devem obedecer ao estipulado no DMA-C62-807/N [81], nomeadamente:

- Ser de classe II de isolamento;
- Ter um sistema de fecho normalizado de acordo com as indicações da EDP Distribuição e conforme com o definido no documento acima referido;
- Ser dos tipos normalizados indicados no Quadro 6.30;
- Garantir os graus de proteção mínimos IP 45 e IK 10 para as portinholas dos tipos P50, P100 e P400, e IP 32D e IK 09 para a portinhola P25.

Quadro 6.30 – Tipos de portinholas

Tipo	Corrente estipulada (A)	N.º de circuitos protegidos	Cabos de entrada (ramais)		Fusíveis		
			Derivação	Designação	N.º	Tamanho	In (A)
P25	25	1	Subterrânea	LSVAV 2x16	1	10x38	25
P50	50	1	Aérea	LXS 2x16	1	14x51	50
			Subterrânea	LSVAV 2x16			50
P100	100	1	Aérea	LXS 2x16	3	22x58	63
				LXS 4x16			63
				LXS 4x25			63
			Subterrânea	LSVAV 2x16			80
				LSVAV 4x16			80
				LSVAV 4x35			100
P400	400	1	Subterrânea	LSVAV 4x95	3	2	200
				LVAV 3x185+95			315
				2 x LVAV 3x185+95			400
P1000	1000	0	Subterrânea	n x LVAV 3x185+95	0	-	-

As portinholas devem ser instaladas de modo a que a parte inferior se localize entre 0,5 m e 0,8 m do solo.

Os elementos de substituição a instalar nas portinholas devem ser fusíveis cilíndricos (NF) para as portinholas P25, P50 e P100, e fusíveis de facas (NH) para portinholas P400, cumprindo com as características estabelecidas no DMA-C63-201/N [78].

Caixas de contagem

As caixas de contagem devem ser colocadas pelos proprietários no exterior ou em local de fácil acesso ao distribuidor de energia, a partir da via pública, de forma a facilitar a leitura, verificação ou substituição do equipamento de medida e contagem [79].

No caso de moradias unifamiliares e instalações similares serão encastradas no muro exterior, ou, na ausência destes, nas fachadas exteriores das construções.

Nos edifícios coletivos com várias instalações de utilização serão localizadas no seu interior em local de fácil acesso a partir do exterior. Regra geral devem ser centralizadas no vestíbulo de entrada, no entanto, em função da quantidade de instalações, podem ser centralizadas nos patamares dos pisos [79].

Na ligação de mobiliário urbano (por ex. PCVE, MUPI), deverá ser aplicado o estabelecido no DIT-C14-101 [79] [82].

As caixas de contagem devem cumprir com o estipulado no DMA-C62-805/N [83], nomeadamente:

- Ser instaladas de modo a que o visor não fique a uma cota inferior a 1,0 m, nem superior a 1,7m [83];
- Resistir à agressividade ambiental, serem auto-extinguíveis e suficientemente estáveis para exposições prolongadas às condições meteorológicas habituais [83];
- Ser de classe II de isolamento [83];
- Garantir os graus de proteção mínimos IP44 e IK09 [83];
- Ser dotadas de sistema de fechadura com cilindro perfil redondo C3 TRIA isolante, de acordo com o DMA-E84-002/N [83] [84].

Cabos para ramais

Os cabos a usar nas ligações entre a rede existente e a portinhola (ramais) são os indicados no Quadro 6.31 e devem obedecer ao indicado nas especificações DMA-C33-200/N [76] (para ramais subterrâneos) e DMA-C33-209/N [72] (para ramais aéreos).

Uma vez que a entrada dos cabos (ramais) é sempre feita pela parte inferior da portinhola, os condutores desses cabos devem ser ligados aos terminais inferiores do dispositivo de neutro e/ou das bases de fusíveis [85].

Quadro 6.31 – Cabos para ramais e respetivas proteções [85]

Tipo de rede	Cabo	Iz (A)	In (A)	Potências alimentáveis (kVA)
Aérea	LXS 2x16	85	63	Monof. $P \leq 14$
	LXS 4x16	75	63	Trif. $P \leq 43$
	LXS 4x25	100	80	Trif. $P \leq 55$
Subterrânea	LSVAV 2x16	95	80	Mnof. $P \leq 18$
	LSVAV 4x16	90	80	Trif. $P \leq 55$
	LSVAV 4x35	130	100	Trif. $P \leq 69$
	LSVAV 4x95	235	200	Trif. $P \leq 138$
	LSVAV 3x185+95	355	315	Trif. $P \leq 217$

Derivações a partir de redes aéreas

As derivações de redes aéreas devem ser feitas em condutores torçada BT, de acordo com as regras a seguir indicadas.

O Anexo IXA ilustra as soluções aplicáveis para ligação a instalações de utilização de uma única fração, nos casos em que os edifícios dispõem de muro e de pilar, de muro sem pilar ou quando a fachada confina com a via pública.

A utilização do tubo de 40 mm de diâmetro destina-se a deixar a entrada na portinhola preparada para permitir a execução de ramais com cabo LXS 4x16 mm², independentemente de ser ou não monofásica a ligação a estabelecer, a fim de possibilitar, no futuro, uma eventual passagem da ligação de monofásica a trifásica [85].

A ligação entre a portinhola e a caixa de contagem deve ser feita por meio de condutores H07V-R (ou H07V-U para secções inferiores a 10 mm²), com a secção e o número de condutores adequados à potência de dimensionamento da instalação, com um mínimo de 6 mm² nos ramais monofásicos para potências até 6,90 kVA (30 A) ou nos trifásicos até 20,70 kVA (30 A) [85].

Nas soluções apresentadas, a caixa de contagem pode ser instalada acima, ou ao lado da portinhola, desde que a altura/largura da parede o permita, e que se cumpram as cotas mínimas e máximas indicadas.

Na alimentação de edifícios coletivos (mais do que uma fração) a partir de uma rede aérea, devem seguir-se os princípios considerados nas redes subterrâneas, com transição para cabo subterrâneo num apoio próximo do edifício ou na fachada.

Em edifícios cuja potência requisitada não exceda os 55 kVA e em que a rede se desenvolva apoiada na fachada, pode a alimentação ser feita em LXS 4x25 mm², entrando a torçada no edifício em condições equivalentes às definidas nas soluções anteriores, no que respeita às distâncias ao solo.

Derivações a partir de redes subterrâneas

O Anexo IXB ilustra as soluções aplicáveis para ligação a instalações de utilização de uma única fração, nos casos em que os edifícios dispõem de muro, ou quando a fachada confina com a via pública.

A utilização do tubo PEAD (polietileno de alta densidade) de 63 mm destina-se a deixar a entrada na portinhola preparada para permitir a execução de ramais com cabo LSVAV 4x16 mm², independentemente de ser ou não monofásica a ligação a estabelecer, a fim de permitir, no futuro, uma eventual passagem da ligação de monofásica a trifásica, bem como a facilitar o enfiamento deste cabo. Para outras secções de condutores, devem ser usados diâmetros compatíveis com a fórmula:

$$\varnothing\text{Tubo}_{(\text{int.})} \geq 1,5 \times \varnothing\text{Cabo}_{(\text{ext.})}$$

Da aplicação da fórmula aos cabos subterrâneos normalizados na EDP Distribuição, resultam os diâmetros mínimos de tubos indicados no Quadro 6.32:

Quadro 6.32 - Tubos a utilizar na proteção dos cabos subterrâneos [85]

Designação do cabo	Tipo de tubo (subida a poste)		Tipo de tubo (em vala)	
LSVAV 2x16	PVC 40 mm	PN 10 kg/cm ²	63 mm	PEAD/PEBD
LSVAV 4x16	PVC 40 mm			
LSVAV 4x35	PVC 50 mm		125 mm	
LSVAV 4x95	PVC 63 mm			
LVAV 3x185+95	-			

A ligação entre a portinhola e a caixa de contagem deve ser feita por meio de condutores H07V-R (ou H07V-U para secções inferiores a 10 mm²), com a secção e o número de condutores adequados à potência de dimensionamento da instalação, com um mínimo de 6 mm² nos ramais monofásicos para potências até 6,90 kVA (30 A) ou nos trifásicos até 20,70 kVA (30 A) [85].

Nas soluções apresentadas, a caixa de contagem pode ser instalada acima, ou ao lado da portinhola, desde que a altura/largura da parede o permita, e que se cumpram as cotas mínimas e máximas indicadas.

Na alimentação de edifícios coletivos (mais do que uma fração) a portinhola deve ser instalada na fachada exterior, em local acessível a partir da via pública. Esta solução é preconizada com vista a permitir a existência de um local no exterior do edifício onde se possa estabelecer a fronteira entre a rede de distribuição e a instalação elétrica do cliente. No caso de instalações inseridas em edifícios cuja alimentação não seja efetuada a partir do quadro de colunas (quando não existir acesso à instalação de utilização pelas zonas comuns do edifício ou se, por motivo devidamente justificado, se optar por alimentação autónoma), mas sim diretamente da rede através de um ramal exclusivo, deve ser instalada uma portinhola no exterior, acessível a partir da via pública [85].

Para os condomínios fechados e para as edificações que constituem conjuntos de edifícios funcionalmente interligados, as respetivas regras são as que se encontram estabelecidas no “Guia técnico das instalações estabelecidas em condomínios fechados”, publicado pela DGEG e no DIT-C11-030 [86] da EDP Distribuição. No que respeita ao fornecimento de energia, deve existir um ou vários pontos de entrega da energia, dependendo da dimensão do empreendimento, e uma fronteira estabelecida entre a rede de distribuição e a

rede de distribuição privada, fronteira essa localizada na via pública ou em local permanentemente acessível ao pessoal da EDP Distribuição a partir da via pública [85].

Derivações mistas

Normalmente designadas por transição aérea-subterrânea, este tipo de ligações aplica-se nos casos em que a instalação consumidora é alimentada a partir de uma rede aérea, mas em que o ramal é subterrâneo.

Para definição do traçado a adotar, há que ter em consideração critérios como:

- Localização relativa da rede e da instalação a abastecer, em relação a uma via (do mesmo lado ou de lados opostos);
- Facilidade de estabelecimento de redes subterrâneas por parte da Autarquia;
- Custos de estabelecimento, nomeadamente de abertura de valas.

O Quadro 6.33 faz um resumo das opções a tomar consoante esses critérios.

Quadro 6.33 – Opções a tomar numa ligação do tipo mista [79]

Situação	Crítérios	Opções típicas normalizadas
Rede e instalação do mesmo lado		Transição aérea-subterrânea a partir de poste existente ou a colocar na proximidade da instalação a alimentar e ligação subterrânea a partir desse apoio
Rede e instalação em lados opostos	Viabilidade da Autarquia Custos não significativos	Transição aérea-subterrânea no apoio mais próximo da instalação a alimentar e ligação subterrânea a partir desse apoio
	Viabilidade da Autarquia Custos significativos	Transição aérea da via com colocação de apoio na proximidade da instalação a alimentar e ligação subterrânea a partir desse apoio.
	Não Viabilidade da Autarquia Custos significativos ou não	

A título de exemplo, o Anexo IXC ilustra uma transição aérea-subterrânea.

6.3. REDE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Na conceção dos projetos de IP, na execução dos mesmos ou na manutenção das instalações existentes, deve ter-se em consideração o Manual de Iluminação Pública publicado

pela EDP Distribuição. As luminárias e respetivos acessórios a instalar na RIP devem cumprir o estipulado no DRE-C71-001/N [38].

6.3.1. Requisitos luminotécnicos

Embora as instalações de IP sejam regulamentadas pela Portaria 454/2001 de 5 de Maio [87], é prática corrente definir os níveis luminotécnicos de acordo com o estabelecido na norma EN 13201 [34].

A cada via a iluminar deve ser atribuída uma das seguintes classes de iluminação:

- Classe de iluminação M: Aplicável a zonas de circulação de veículos motorizados (estradas de alta e média velocidade);
- Classe de iluminação C: Aplicável a zonas de conflito onde exista interseção de veículos ou semelhante (cruzamentos, rotundas ou estradas de ligação);
- Classe de iluminação P: Aplicável a zonas exclusivamente pedonais.

A norma EN 13201 [34] define ainda outras classes de utilização muito específicas. Para uma avaliação mais precisa e abrangente aconselha-se a consulta da referida norma, ou em alternativa, do Manual de Iluminação Pública [35] ou do DREEIP – Parte II [88].

Cada uma das classes está associada a vários índices que definem as suas subclasses. Deste modo, consegue-se caracterizar melhor a situação e definir, de forma otimizada, os valores dos seus parâmetros luminotécnicos. Os Quadros 6.34, 6.35 e 6.36 resumem os requisitos fotométricos a cumprir.

Quadro 6.34 – Requisitos fotométricos para as classes M

Classe de iluminação	$L_{média}$ (cd/m ²)	U_o	U_1	TI (%)	EIR
M1	2,00	0,40	0,70	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	15	0,30

Para as classes M, os níveis médios calculados não deverão ultrapassar 120% acima nem ser inferiores a 95% dos níveis de referência do Quadro 6.34.

Quadro 6.35 - Requisitos fotométricos para as classes C

Classe de iluminação	$E_{méd.}$ (lux)	U_o (E)	TI (%)	
			Velocidades altas e moderadas	Velocidades baixas e muito baixas
C1	30	0,4	10	15
C2	20	0,4	10	15
C3	15	0,4	15	20
C4	10	0,4	15	20
C5	7,5	0,4	15	25

Para as classes C, os níveis médios calculados não deverão ultrapassar 120% acima nem ser inferiores a 95% dos níveis de referência do Quadro 6.36.

Quadro 6.36 – Requisitos fotométricos para as classes P

Classes de iluminação	$E_{méd.}$ (lux)	$E_{mín.}$ (lux)	Requisitos adicionais para reconhecimento facial	
			$E_{vertical,min}$ (lux)	$E_{semi-cilindrica,min.}$ (lux)
P1	15,0	3,0	5,0	5,0
P2	10,0	2,0	3,0	2,0
P3	7,5	1,5	2,5	1,5
P4	5,0	1,0	1,5	1,0
P5	3,0	0,6	1,0	0,6
P6	2,0	0,4	0,6	0,2

Para assegurar a uniformidade, o valor real da iluminância média mantida ($E_{méd.}$) não deve exceder 1,5 vezes o valor $E_{mín.}$ indicado para a classe.

Para estabelecimento dos requisitos fotométricos os parâmetros são determinados pelo critério da luminância ou da iluminância [35].

As zonas de velocidade média e alta são definidas pelo critério da luminância, enquanto as zonas de conflito e as zonas pedonais podem ser definidas, tanto pelo critério da iluminância, como pelo da luminância [35].

O Quadro 6.37 indica os parâmetros a avaliar para determinação das classes de iluminação M, C e P.

Quadro 6.37 – Fatores de determinação das classes de iluminação M, C e P [35]

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

O somatório dos fatores atribuídos a cada parâmetro resulta num valor “Total”. Introduzindo esse valor na equação “Índice (M) = 6 – Total”, obtém-se o índice da classe M/C/P.

6.3.2. Luminárias

Atualmente a EDP Distribuição apenas instala luminárias para lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão (VSAP) e de tecnologia LED [38].

A luminária de VSAP é especificada no DMA-C71-110/N [89] e os seus acessórios nos DMA-C72-240/N [90], DMA-C71-210/N [91], DMA-C71-200/N [92] e DMA-C71-270/N [93].

A luminária LED não é modular, pois o seu driver e módulo de LED são parte integrante da própria luminária, pelo que é considerada um equipamento único, sendo os seus componentes especificados no DMA-C71-111/N [38] [94].

6.3.3. Suportes

As luminárias estão especificadas para serem instaladas em braços de aço tubulares de IP e em colunas de aço direitas ou com braço, conforme documentos normativos DMA-C71-540/N [95] e DMA-C71-512/N [96], sendo que existem variantes de instalação, abaixo descritas.

Braços de aço tubulares em parede:

Fixação através de abraçadeiras com espigão roscado ou por patilhas de fixação.

Braços de aço tubulares em postes de betão ou de madeira:

Fixação através de abraçadeiras com espigão roscado ou por abraçadeiras de fivela em aço inox.

O Quadro 6.38 indica as principais características dos braços tubulares de IP normalizados.

Quadro 6.38 – Braços tubulares de IP normalizados

Projeção horizontal do braço, W (mm)	Ângulo de dobragem do tubo, α (°)	Diâmetro exterior do braço, D (mm)
450	85	42,4
750	85	42,4
750	75	42,4
1250	75	42,4
450	85	42,4
750	85	42,4
750	75	42,4
1250	75	42,4
750	75	60,3
1250	75	60,3

Colunas de aço direitas ou com braço:

As colunas de aço de IP podem apresentar as seguintes silhuetas:

- Fuste tronco-piramidal octogonal com/sem braços tronco-piramidais octogonais;
- Fuste troncocónico com/sem braços curvos de secção circular.

Cada uma destas silhuetas pode apresentar as variantes indicadas nos Quadros 6.39, 6.40 e 6.41.

As colunas são equipadas com braços apropriados de acordo com o DMA-C71-512/N [96].

Quadro 6.39 – Colunas direitas, de fuste tronco-piramidal octogonal ou de fuste tronco-cónico [96]

Fixação	Altura nominal da coluna, h (m)
Flange ou Enterramento	4
	6
	8
	10
	12

Quadro 6.40 – Colunas com braço direito, de fuste e braço tronco-piramidais octogonais

Fixação	Altura nominal da coluna, h (m)	Projeção do braço, w (m)	Ângulo de fixação da luminária (°)
Flange ou Enterramento	4	0,25	5 ou 15
	6		
	6		
	8	0,75	
	10		
	12		
	8	1,25	
	10		
	12		

Quadro 6.41 – Colunas com braço curvo, de fuste tronco-cónico e braço de secção circular

Fixação	Altura nominal da coluna, h (m)	Projeção do braço, w (m)	Ângulo de fixação da luminária (°)
Flange ou Enterramento	4	0,5	5 ou 15
	6		
	8		
	10		
	12		
	8	1,0	
	10		
	12		
	8	1,5	
	10		
	12		

6.3.4. Quadro elétrico

Os quadros elétricos destinados a servir de alimentação às luminárias utilizadas na IP devem cumprir com o estipulado no DMA-C71-590/N [97].

Estes quadros funcionam como elementos de seccionamento e proteção da instalação por eles alimentada e, quando aplicável, como elementos de derivação (para alimentação de outras luminárias) da rede que fazem parte [97].

Os quadros elétricos com designação QEC são previstos para serem alojados no interior de colunas de IP, acessíveis através da portinhola [97].

Os quadros elétricos com designação QEF são previstos para serem fixados em fachadas de edifícios, em locais inacessíveis a público ($h \geq 2,5$ m), para ligação de luminárias instaladas em braços fixos em diretamente em fachada [97].

Os principais constituintes dos quadros elétricos são:

- Invólucro;
- Conjunto de suporte (1 ou 2 consoante o número de luminárias a alimentar);
- Bloco de terminais (bipolar ou tetrapolar);
- Calha para instalação do(s) conjunto(s) de suporte.

As principais características dos quadros elétricos são indicadas no Quadro 6.42.

Quadro 6.42 – Quadros elétricos normalizados [97]

Designação EDP	Bloco de terminais	N.º de conjuntos de suporte	Máximo de luminárias a alimentar	Utilização	Derivação suplementar	In (A)
QEF-1-1	Bipolar	1	1	Fachada	Sem derivação	32
QEC-1-2	Tetrapolar	1	2	Coluna IP	Sem derivação	50
QEC-2-4	Tetrapolar	2	4	Coluna IP	Sem derivação	50
QEC-1-2-D	Tetrapolar	1	2	Coluna IP	Com derivação	50
QEC-2-4-D	Tetrapolar	2	4	Coluna IP	Com derivação	50

No Anexo X é ilustrada a disposição e ligações do QEC-1-2-D, um dos quadros mais utilizados nas redes de IP.

6.3.5. Cabos

Os cabos a instalar na rede IP são designados segundo a NP 665 [71] (Anexo VI) e devem cumprir com o DMA-C33-209/N [72] e com o DMA-C33-200/N [76], quando a rede é aérea ou subterrânea, respetivamente.

Na rede aérea, a RIP desenvolve-se em cabos em torçada, geralmente com um condutor agrupado no mesmo feixe da RBT.

Na RIP subterrânea, esta desenvolve-se geralmente em cabos armados, distintos da RBT.

Os cabos mais utilizados são os indicados no Quadro 6.43.

Quadro 6.43 – Cabos usuais na RIP

Cabos em torçada para RIP aérea	Cabos armados para RIP subterrânea
LXS 4x25+16	
LXS 4x50+16	LSVAV 4x16 mm
LXS 4x70+16	LSVAV 4x35 mm
LXS 4x95+16	

6.3.6. Regulação de fluxo

A tecnologia LED trouxe novas vertentes destes sistemas, sendo que o sistema “ponto a ponto” em que cada luminária tem o seu próprio regulador de fluxo, parece ser aquele que terá maior afirmação no mercado.

A EDP Distribuição ainda não dispõe de documentação específica direcionada para sistemas “ponto a ponto”, no entanto, é possível consultar alguns documentos normativos relacionados com os sistemas de regulação de fluxo, nomeadamente os seguintes:

- Regulação por micro-cortes da onda de tensão – DEF-C71-421/N [98], DMA-C71-420/N [99] e DRE-C71-422/N [100];
- Regulação por variação de tensão – DMA-C71-400/N [101] e DRE-C71-400/N [102].

6.3.7. Sistemas de controlo e gestão

A EDP Distribuição conta com uma solução centralizada de gestão e comando da IP, designada SMART-IP, e integrada na Arquitetura Inovgrid [35].

O Inovgrid diz respeito ao projeto desenvolvido pela EDP Distribuição destinado a dotar a rede elétrica de informação e equipamentos capazes de automatizar a gestão das redes, melhorar a qualidade de serviço, diminuir os custos de operação e promover a eficiência energética e a sustentabilidade ambiental [35].

A solução SMART-IP caracteriza-se por permitir a monitorização, controlo e parametrização da IP, suportada em equipamentos EDP Box IP e em equipamentos empresariais de telecontagem [35].

O EB IP é um contador inteligente específico para IP, o qual (além da sua função básica de contagem certificada) disponibiliza relés físicos para o comando on/off da IP (permitindo atuar contactores associados a circuitos de energia) e inclui tabelas internas, algoritmos e funções específicas de gestão da IP [35].

A SMART-IP permite, por outro lado, a configuração dos horários da IP a aplicar aos circuitos de IP associados ao perfil do utilizador em causa e por outro lado permite a monitorização da IP, recebendo alarmes de anomalias e disponibilizando relatórios específicos [35].

De acordo com a arquitetura Inovgrid, a comunicação das EDP Box para os sistemas é sempre efetuada através de um concentrador, designado por *Distribution Transformer*

Controller (DTC). O DTC pode ser um equipamento físico instalado no PT ou, na sua ausência, *software* de virtualização centralizado [35].

A partir do momento em que recebem um horário (fixo, astronómico com offsets ou misto) as EB IP, asseguram o ligar e desligar da IP, de forma totalmente autónoma [35].

O sistema tem sempre início na parametrização na SMART-IP por parte do utilizador, no entanto, a partir daí a troca de informação entre a SMART-IP e o EB IP é reversível, tendo sempre como intermediário o DTC, conforme ilustra a Figura 6.1.



Figura 6.1 - Trânsito de informação no sistema

A EDP Distribuição pretende alargar o âmbito desta plataforma a todos os concelhos nos quais seja responsável pela implementação e manutenção do sistema de comando da IP, disponibilizando ao município, via portal dedicado, as funcionalidades e relatórios com este acordados [35].

6.3.8. Arquitetura da rede

Uma instalação IP deve conjugar um conjunto de requisitos fotométricos (valores mínimos e distribuição luminosa), disposição e altura útil dos apoios, o comprimento do respetivo braço e a sua inclinação, o tipo de aparelho escolhido e a potência e tipo de lâmpada, são fatores importantes no espaçamento entre luminárias.

As arquiteturas de disposição de colunas na IP mais habituais são as indicadas no Quadro 6.44.

Quadro 6.44 – Disposições mais usuais de colunas de IP nas vias de circulação

Esquema	Disposição	Descrição
	Unilateral	Aconselhável na situação em que a largura da via (l) \leq altura da luminária (h)
	Quincôncio / Alternada	Aconselhável na situação $l \geq (1 \text{ a } 1,5) h$
	Bilateral	Aconselhável na situação $l \geq 1,5 h$
	Axial	Aconselhável na situação $l \geq 2,5 h$

6.3.9. Ligações à terra

As ligações à terra na RIP devem ser executadas segundo o DRE-C11-040/N [30].

Nas luminárias em colunas metálicas (redes subterrâneas), o terminal de neutro do quadro elétrico da coluna é ligado ao terminal de terra da coluna a cabo H07V-R1G16 mm² com isolamento verde/amarela. Por sua vez, o terminal de terra da coluna é ligado diretamente ao eletrodo de terra a cabo VV-R1G35 mm². As armaduras dos cabos de alimentação do quadro elétrico da coluna devem ser equipotencializadas no terminal de terra da coluna através de tranças de cobre estanhado de 16 mm² [38].

Nas luminárias alimentadas por rede aérea, quando de classe I de isolamento, a ligação à terra é feita diretamente pelo neutro da rede aérea. A ligação do neutro à terra é efetuada através de um shunt entre o terminal de neutro e o terminal de terra da própria luminária. As luminárias, quando de classe II de isolamento, não necessitam de ligação à terra [38].

No caso específico de luminária diretamente fixa em parede de edifício alimentada por rede subterrânea, deve existir um quadro elétrico da luminária, onde o terminal de neutro do quadro é ligado diretamente ao eletrodo de terra por cabo VV-R1G25 mm². Se a luminária for de classe I de isolamento, o terminal de terra da mesma deve ser ligado diretamente ao terminal de neutro do quadro elétrico, através do condutor de terra constante do cabo utilizado para alimentação da mesma. Se a luminária for de classe II não necessita de ligação à terra [38].

O eletrodo de terra deve estar de acordo com as especificações do DMA-C65-210/N [103]. Normalmente é utilizado o eletrodo de montagem vertical, tipo vareta simples [38].

6.4. CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO

6.4.1. Potências

A determinação da potência normalizada a alimentar para cada ponto de consumo deve ter em consideração o estipulado na secção 803 das RTIEBT [39] e no ponto 3 do GTIEAVE [40].

Segundo o DIT-C11-010/N [104] e DIT-C11-011/N [105], no cálculo do ramal de alimentação e das redes internas de uma urbanização/loteamento, poderá aplicar-se à potência total do conjunto das instalações de utilização (antes da aplicação dos coeficientes de simultaneidade das RTIEBT [39]), um coeficiente de simultaneidade mínimo C dado pelas fórmulas:

- Locais residenciais ou de uso profissional (incluindo serviços comuns):

$$C = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}}$$

- Restantes casos:

$$C = 0,2 + \frac{0,5}{\sqrt{n}}$$

- Áreas de serviços e comerciais, sempre que não seja possível determinar n e a potência a considerar seja em VA/m²:

$$C = 1$$

Sendo n o número de instalações de utilização da rede ou do segmento de rede calculada.

6.4.2. Queda de tensão

De acordo com o artigo 9.º do RSRDEEBT [7], a queda de tensão total, desde o posto de transformação MT/BT até ao final da rede BT, isto é, à portinhola ou, quando esta não existir, ao quadro de colunas de um edifício ou aos terminais de entrada do contador, não deve ser superior a 8%. É no entanto recomendado que esse valor baixe para 5% nas redes localizadas em centros urbanos. O mesmo princípio deve ser aplicado à RIP.

Para efeitos de cálculo da queda de tensão (ΔU) pode recorrer-se à seguinte expressão aproximada:

$$\Delta U(\%) = \sqrt{3} \times I_s \times \left(\frac{\rho \times L \times 0,9}{S} \right) \times \left(\frac{100}{U_c} \right)$$

em que:

I_s é a corrente de serviço, em A

ρ é a resistividade do condutor à temperatura em serviço normal, em $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$, isto é, 1,25 vezes a resistividade a 20°C

S é a secção do condutor, em mm^2

L é o comprimento do condutor, em m

U_c é a tensão composta, em V

6.4.3. Corrente máxima de serviço para o cabo ou condutor

A corrente de serviço de um cabo subterrâneo ou de um feixe de condutores em torçada não pode, segundo o estipulado na Secção II do Capítulo XIII do RSRDEEBT [7], ser superior à corrente estipulada do fusível que o protege contra sobreintensidades [85]:

a) $I_f \leq 1,45 \cdot I_z$

b) $I_s \leq I_n \leq I_z$

A Figura 6.2 traduz esquematicamente as condições acima indicadas, bem como o método de obtenção dos valores.

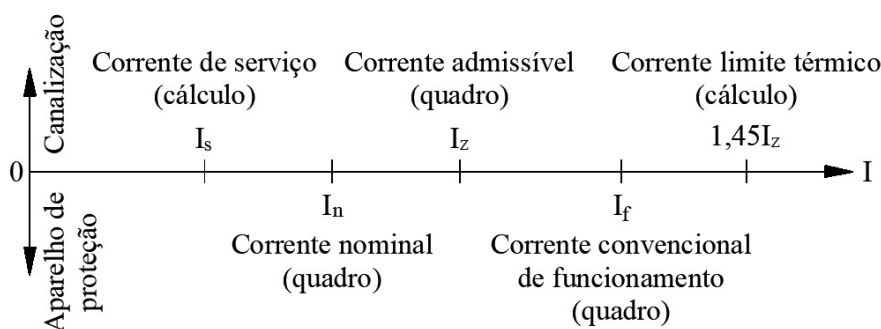


Figura 6.2 – Coordenação entre canalizações e respectivos aparelhos de proteção

Os valores I_s e $1,45I_z$ carecem de cálculo, enquanto I_n , I_z , e I_f são obtidos por consulta de documentação, conforme indicado seguidamente.

I_s , ou I_B segundo a regulamentação internacional, é determinado pela seguinte equação:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_c}$$

em que:

S é a potência total do circuito em VA

U_c é tensão composta do circuito, em V, na RBT corresponde a 400 V

Para determinação de I_n deve ser selecionado um valor *standard* de mercado, conforme Anexo XI.

Os valores de I_z são influenciados pelo método de instalação da canalização, devem ser selecionados de acordo com o Anexo XII.

Para determinação dos valores de I_f , ou I_2 segundo a regulamentação internacional, deve proceder-se à consulta do Anexo XI.

6.4.4. Seletividade das proteções

Para que haja seletividade entre proteções colocadas em série, é necessário garantir que, em caso de defeito, apenas atue o aparelho de proteção situado imediatamente a montante do defeito, permitindo assim, que continuem a funcionar as canalizações situadas a montante dessa proteção e que não tenham sido afetadas por esse defeito [85].

Quando há fusíveis em série, como é o caso de canalizações derivadas de outras, para que haja seletividade na atuação desses fusíveis é necessário usar, nas derivações da rede (ou, em alternativa, nas canalizações principais) fusíveis cuja relação seja 1:1,6 ou superior, o que é

o mesmo que usar fusíveis com “saltos” nos valores normalizados da série e nunca fusíveis com valores seguidos dessa série [85].

Por exemplo, considerando os calibres normalizados dos fusíveis mais usuais para a gama das secções de cabos em uso, temos:

20 – **25** – 32 – **40** – 50 – **63** – 80 – **100** – 125 – **160** – 200 – **250** – 315 A

Existe seletividade, no mínimo, entre os fusíveis da série sublinhada ou entre os fusíveis de série a negrito, não havendo seletividade entre os valores das duas séries, quando os valores em causa forem seguidos [85].

6.4.5. Comprimentos máximos protegidos contra curto-circuitos

De acordo com os artigos 130.º e 131.º do RSRDEEBT [7], as canalizações elétricas devem ser protegidas contra curto-circuitos de tal forma que a corrente seja interrompida antes que estas possam atingir a sua temperatura limite admissível [85].

Isto significa que, para que um dado fusível possa atuar em tempo útil para garantir essa proteção, a impedância do circuito em defeito, desde o fusível até ao extremo da canalização, não deve ser superior a um dado valor. Esse valor é obtido a partir do pressuposto de que, em situação de curto-circuito, a resistência da canalização é correspondente à temperatura máxima admissível em regime adiabático e de que a queda de tensão no transformador é de 5% [85].

Quando uma canalização tiver um comprimento real inferior ao comprimento máximo, as canalizações derivadas poderão ter um comprimento que é função da impedância e do fusível dessa derivação [85].

A coordenação entre as proteções contra sobrecargas e contra curto-circuitos deve ser feita nos moldes regulamentares. Isto significa, por exemplo, que pode usar-se, na origem de uma canalização principal, um fusível para a proteção contra curto-circuitos da canalização principal e das diversas canalizações dela derivadas, com um calibre superior ao que seria indispensável para a proteção contra sobrecargas de cada uma dessas canalizações derivadas desde que, em cada uma destas, exista um fusível com a função de proteção contra sobrecargas [85].

É o caso das derivações em “T” (sem fusíveis), em que o fusível da canalização principal assegura a proteção contra curto-circuitos das canalizações derivadas segundo a “regra do triângulo” e em que a proteção contra sobrecargas está localizada, por exemplo, na portinhola ou num armário de passeio [85].

6.4.6. Curto-circuito real

Para determinação do valor de curto-circuito real num determinado ponto da rede, pode recorrer-se à seguinte expressão aproximada:

$$I_{cc}(A) = \frac{U_s}{\sqrt{(X_r + X_t)^2 + R_L^2}}$$

em que:

U_s é a tensão entre os condutores de fase e neutro, em V

X_r é a reatância da rede MT a montante, em Ω

X_t é a reatância do transformador MT/BT, em Ω

R_L é a resistência do troço BT, em Ω

7. APLICAÇÃO EM PROJETO

7.1. CONSTITUIÇÃO DO PROCESSO

Os projetos de instalações elétricas de serviço público devem ser elaborados de acordo com as normas e regulamentos oficiais em vigor, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 446/76 [107], a Portaria n.º 401/76 [108] com as alterações introduzidas pela Portaria n.º 344/89 [109], o Decreto-Lei n.º 517/80 [110], a Portaria n.º 193/2005 [111], bem como as regras que vigoram no ORD.

No presente capítulo, manter-se-á a EDP Distribuição como referência, dando continuidade aos princípios do capítulo anterior.

É prática corrente, as Câmaras Municipais acordarem com a EDP Distribuição procedimentos, de modo a facilitar a articulação entre Serviços Municipais, a EDP Distribuição e o promotor.

Assim, para formalizar a entrega de um projeto de infraestruturas elétricas de serviço público, deverão ser disponibilizados aos serviços da EDP Distribuição os seguintes elementos:

- 4 exemplares em papel do projeto completo;
- Documento PDF único com o projeto completo (estruturado e organizado conforme exemplar de papel);
- Peças desenhadas do projeto no formato digital com extensão .dwg ou .dxf, georreferenciadas no sistema Hayford – Gauss, Datum 73.

As cópias em papel deverão ser entregues em capas de cartão ou plástico com filete metálico. A impressão não deverá ser efetuada em frente e verso, com exceção do corpo da memória descritiva e do estudo luminotécnico. A forma de impressão não deverá ser impeditiva da extração/inclusão de documentos no processo [45].

Os processos devem ser constituídos por:

- 1) **Capa:** inclui título geral do projeto, requerente, localização e data.
- 2) **Índice geral do processo:** reflete a sequência das peças escritas e desenhadas que constituem o projeto.
- 3) **Termo de responsabilidade do pelo projeto:** define os limites da responsabilidade técnica do projetista, deve ser elaborado de acordo com o n.º 1 do artigo 10º do Decreto-Lei 555/99, de 16 de Dezembro [112], na redação em vigor e subseqüentes alterações.

4) Documentação do projetista: inclui cartão do cidadão, declaração de ordem profissional e declaração de seguro de responsabilidade civil.

5) Declaração de existência de infraestruturas: destina-se a informar que existem infraestruturas que poderão colidir com a execução do projeto (poderá ser substituída por indicação na memória descritiva).

6) Ficha de identificação do projeto: identifica todos os intervenientes no processo, requerente, local da instalação, técnico responsável e posterior tramitação do processo.

7) Ficha eletrotécnica: resume o número de instalações e potências em jogo.

8) Memória descritiva: descreve de forma sucinta a natureza, importância, função e características da instalação.

9) Anexos

9.1) Ficha síntese do loteamento: resume o número de instalações por lote e respetivas utilizações e potências.

9.2) Cálculo da RBT: apresenta os resultados do dimensionamento da RBT, efetuados em folha de cálculo automatizada.

9.3) Cálculo da RIP: apresenta os resultados do dimensionamento da RIP, efetuados em folha de cálculo automatizada.

9.4) Cálculo luminotécnico: executado por *software* específico para o efeito, deve apresentar a marca/designação do *software*, a marca/modelo e características da luminária, o diagrama de distribuição da iluminação e os valores lumínicos para vias e passeios.

9.5) Medições e orçamento: ordenado por setores, deve apresentar as quantidades e valores previstos para a execução do projeto.

10) Peças Desenhadas: inclui os seguintes desenhos, com legenda tipo da EDP Distribuição, e simbologia de acordo com o definido no Anexo G do DIT-C11-010/N [104]:

- Índice de peças desenhadas
- D.1 – Plantas de localização (1:25000 e 1:2000 ou 1:5000)
- D.2 – Planta de implantação (escala adequada)
- D.3 – Implantação de infraestruturas existentes
- D.4 – PTD – Construção civil
- D.5 – PTD – Equipamento
- D.6 – Quadro de baixa tensão (QBT)
- D.7 – Rede de baixa tensão

- D.8 – Esquema unifilar simplificado da rede de baixa tensão
- D.9 – Rede de iluminação pública
- D.10 - Esquema unifilar simplificado da rede de iluminação pública
- D.11 – Armários de distribuição
- D.12 – Pormenor de instalação das portinholas de terminação das chegadas
- D.13 – Colunas e luminárias de iluminação pública
- D.14 – Caixa de proteção/seccionamento de IP
- D.15 – Valas e travessias tipo

Se na análise ao projeto efetuada pelos serviços da EDP Distribuição se verificar a necessidade de retificações ou reformulações, o projetista deverá ser contactado no sentido de corrigir tais anomalias. Só quando se verificar que o projetista atendeu a todas as correções é que o projeto poderá ser dado como aprovado.

7.2. ESTUDO PRÉVIO

Antes do início da elaboração do projeto propriamente dita, o projetista deverá solicitar à EDP Distribuição indicações acerca do ponto de ligação à rede pública (MT ou BT) para alimentação ao empreendimento a projetar. Se necessário, o projetista poderá solicitar o cadastro da rede existente, ou agendar uma visita ao local com um técnico, a fim de poder obter determinadas informações que não se encontrem cadastradas.

De modo a uniformizar os processos, a EDP Distribuição disponibiliza também exemplos de memória descritiva, fichas (técnicas de cálculo) e desenhos-tipo (PT, QBT, valas, armários, etc.) para inclusão nos projetos. Nestes exemplos, incluindo memória descritiva, apenas devem ser alterados ou suprimidos os campos necessários, em função do projeto em causa.

7.3. ELABORAÇÃO DO PROJETO

7.3.1. Caso de estudo

Para demonstração das principais etapas de elaboração de um projeto, toma-se como exemplo a construção de um loteamento residencial de iniciativa privada, constituído de acordo com o Quadro 7.1.

Quadro 7.1 – Quadro síntese do loteamento

Lote	Uso	N.º pisos	Área construção (m ²)
1	Habitação	3	305,70
2	Habitação	3	302,25
3	Habitação	3	300,90
4	Habitação	3	300,30
5	Habitação	3	300,45
6	Habitação	3	300,15
7	Habitação	3	334,95
8	Habitação	3	330,30
9	Habitação	3	324,30

7.3.2. Definição de potências em jogo

Tendo em linha de conta o ponto 6.2.4.2 do presente documento, bem como os requisitos mínimos estabelecidos na secção 803 das RTIEBT e não existindo nesta fase uma especificação dos equipamentos a alimentar, considera-se que uma potência unitária de 41,4 kVA para cada habitação cobrirá as necessidades da instalação.

Visto não existir instalação coletiva em nenhum dos lotes, não haverá lugar a serviços comuns.

Deste modo, a soma total das potências do loteamento é de 372,6 kVA, que é afetada pelo coeficiente *C* (calculado de acordo com o ponto 6.4.1), resultando numa potência de 173,9 kVA:

$$P = 372,6 \times 0,467 = 173,9 \text{ kVA}$$

Considera-se que segundo informações cedidas pela EDP Distribuição, a rede BT existente não tem capacidade para alimentar o empreendimento. Pelo que, deverá ser previsto um novo PTD com ligação em anel, que será alimentado em MT a 15 kV, a partir de um outro PTD existente (indicado pela EDP Distribuição) na vizinhança do local a intervir.

Perante a potência calculada de 173,9 kVA⁽⁵⁾, de acordo com o 6.2.1.11, o valor de potência estipulada do transformador imediatamente acima é de 250 kVA, que deverá ser considerada como potência mínima aceitável no caso em estudo. Não havendo previsão evidente de acréscimo de cargas no empreendimento ou na sua vizinhança, a potência a adotar para o PT será assim de 250 kVA.

⁽⁵⁾ Não contempla a potência da IP, pois é desprezável quando comparada com a potência da RBT

7.3.3. Infraestruturas existentes

Considera-se que em visita ao local, constatou-se que na área abrangida pelo empreendimento não existem infraestruturas elétricas que colidam com a obra do loteamento. Pelo que, não haverá lugar a peças desenhadas relativas a infraestruturas existentes.

7.3.4. Implantação da RBT

Visto tratar-se de um loteamento a construir, a RBT a projetar desenvolver-se-á em via subterrânea na sua totalidade.

Cada um dos 9 edifícios terá o seu próprio ramal, devendo a portinhola de cada um localizar-se no limite do respetivo lote.

Idealmente, o PT deve localizar-se junto do centro de cargas a alimentar, no entanto, no presente exemplo, considera-se que por diversos motivos não existe essa possibilidade, sendo o PT obrigatoriamente remetido para uma extremidade do loteamento.

Com a implantação do PT e das portinholas definida, importa localizar os AD. No caso em estudo, tendo em conta a configuração do loteamento e o número de saídas possíveis em cada AD, optou-se por 3 AD do tipo W, ficando todos eles com reserva de saídas.

Seguidamente deve proceder-se à interligação dos elementos já localizados, traçando os percursos dos cabos e assinalando as eventuais travessias.

Como resultado, obtém-se a planta que consta no Anexo XIII, apresentada à escala de 1:500.

7.3.4.1. Posto de transformação

O PT deverá localizar-se em domínio público, com acesso livre e direto à via pública, por forma a permitir o acesso ao mesmo de viaturas pesadas, a qualquer hora do dia ou noite.

Neste caso, não existindo proximidade imediata entre o PT e outro edifício, opta-se por um transformador de potência do tipo hermético em banho de óleo, a instalar em cabina pré-fabricada de manobra interior.

Segundo o Quadro 6.14, o transformador deverá ser para montagem apoiada, e ter U_{cc} de 4,0 %, de acordo com o Quadro 6.16.

No Quadro 6.6, para 15 kV, o fusível MT correspondente ao transformador de 250 kVA é de 20 A. Porém, na Memória Descritiva e Justificativa (modelo tipo) [113] da EDP Distribuição, é indicado que para transformadores de potência inferior a 400 kVA deve

considerar-se um fusível de 25 A. Logo, o fusível do lado BT que garante seletividade deve ser no máximo de 315 A, segundo o Quadro 6.7.

Nas ligações do transformador, é prática corrente seguir-se as indicações da Memória Descritiva e Justificativa (modelo tipo) [113]:

- Ligações primário: 1 x LXHIOZ1(cbe) 120 mm² por fase
- Ligações secundário: 2 x LSVV 1x380 mm² por fase e 1 x LSVV 1x380 mm² neutro

Isto apesar de o Quadro 6.22 apresentar outra configuração de ligação no primário, que deverá ser entendida como mínima.

Existindo apenas um transformador de potência, o QMT poderá ser um BRA de 3 funções (2 de entrada/saída + 1 de proteção de transformador).

O QBT a considerar será do tipo R630 CIP, pois não existe necessidade de alimentar clientes cujas correntes sejam superiores a 400 A.

Perante as características definidas para o PTD, analisando as listas de produtos qualificados pela EDP Distribuição, optou-se por eleger a cabina pré-fabricada modelo GUM 5900 1T-G3 da Tecnipor, equipada com o BRA RIQI24630213NE (M) RM6 2I+Q 24 kV 630 A 20 kA (3s) da Schneider Electric.

A Figura 7.1 apresenta o esquema unifilar MT do PTD escolhido.

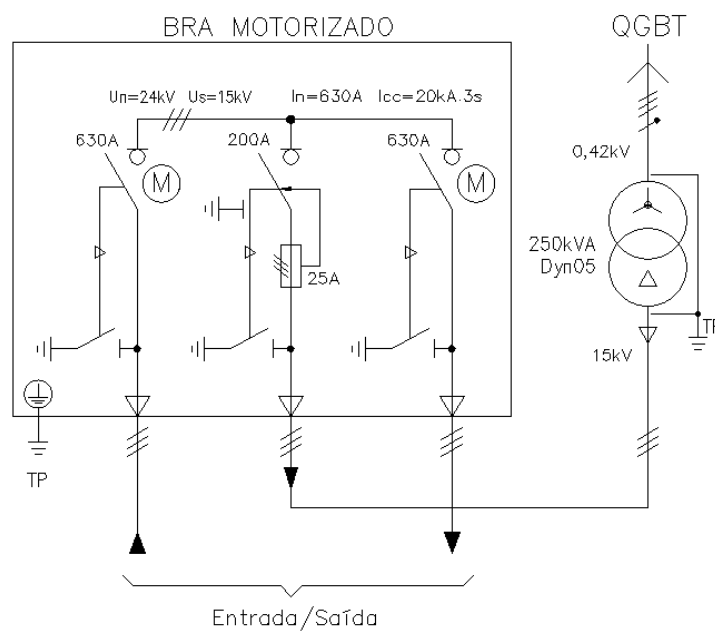


Figura 7.1 – Esquema unifilar MT

7.3.5. Implantação da RIP

Na conceção do projeto da RIP, deve ter-se especial atenção:

- Às especificações da Câmara Municipal, nomeadamente no que respeita ao tipo de luminárias, quantidade de focos e coluna de IP;
- À distância/alinhamento das luminárias;
- À harmonização das valas das várias redes previstas no projeto;
- Às características e tipo de utilização da via;
- Aos passeios, rotundas, estacionamento, varandas e zonas verdes.

No caso de estudo, o perfil de via é constituído nos locais mais complexos por passeio (1,6 m) + estacionamento (2 m) + via de 2 sentidos (6,5 m) + passeio (1,6 m).

Para este tipo de perfil será considerada (entre outras possíveis hipóteses) uma distribuição tipo unilateral, com a luminária em coluna de 8 m de altura útil, com braço de 1,25 m de comprimento e inclinação de 5°.

Na classificação da via a iluminar, apesar de existir uma rotunda, esta não representa uma zona de conflito, pois não evidencia interceção de vias. Deste modo, segundo o ponto 6.3.1 a via será classificada como classe M.

Para definição da subclasse, deve recorrer-se ao Quadro 6.37. As avaliações de cada parâmetro estão designadas no Quadro 7.2.

Quadro 7.2 – Avaliação dos parâmetros de classificação da via

Parâmetro	Opções	Fator de peso
Velocidade	Moderada	0
Volume de tráfego	Muito baixo	-1
Composição do trânsito	Misturado	1
Separação de faixas	Não	1
Densidade dos cruzamentos	Não aplicável	0
Veículos estacionados	Presente	0,5
Luminância ambiente	Baixa	-1
Controlo do trânsito	Fraco	0,5

Aplicando o somatório dos fatores atribuídos na equação “Índice (M) = 6 – Total”, obtém-se o valor 5. Isto é, a via em estudo classifica-se como classe M5, sendo possível consultar no Quadro 6.34 os requisitos fotométricos a ter em consideração.

O cálculo luminotécnico deve ser efetuado com recurso a *software* específico para o efeito. Existem diversas entidades que disponibilizam gratuitamente estes *softwares*, sendo que no caso em estudo utilizou-se o Ulysse 3.

Com a inserção no *software* das características do perfil de via e respetiva classificação definida, deve eleger-se uma luminária que vá de encontro com os requisitos fotométricos a cumprir. A escolha da luminária torna-se muitas vezes um processo de tentativa e erro até ser encontrado o modelo adequado, pois existem variantes que podem influenciar os resultados lumínicos, como o espaçamento entre candeeiros, a potência da fonte luminosa ou o refletor do equipamento.

Tendo em linha de conta as indicações do município, a luminária escolhida foi o modelo Teceo S da Schröder, 24 LEDs 700 mA NW, de 54 W, com refletor 5117, incluindo dimmer de 5 níveis de redução.

O cálculo é integralmente desenvolvido pelo *software*, apresentando os valores resultantes de cada simulação, tendo em consideração a classe da via.

Após alguns ajustes no espaçamento entre luminárias, os resultados do cálculo são apresentados em vários quadros sem qualquer erro aparente, conforme exemplifica a Figura 7.2.

Grid	Ave	Min/Ave	Min/Max	Min	Max	Uto	UI	C...
Configuration: Dynamic cross section								
1. Single lane with level (IL) - P6 (IL : Mi...	3,04 lx (A)	81 %	68 %	2,47 lx	3,63 lx	-	-	✓
2. Single lane with level (LU)	0,25 cd/m ² (A)	82 %	69 %	0,21 cd/m ²	0,30 cd/m ²	85 %	91 %	N/A
3. Multi-lanes (LU) - M5 (LU : Ave = 0,5...	0,75 cd/m ² (A)	41 %	23 %	0,31 cd/m ²	1,35 cd/m ²	42 %	94 %	✓
3. Multi-lanes (LU) - M5 (LU : Ave = 0,5...	0,82 cd/m ² (A)	39 %	22 %	0,32 cd/m ²	1,49 cd/m ²	40 %	82 %	✓
4. Single lane with level (IL) (1) - P6 (IL : ...	11,2 lx (A)	47 %	29 %	5,3 lx	18,3 lx	-	-	✓

Figura 7.2 – Resultados do cálculo luminotécnico dentro dos limites aceitáveis

O espaçamento entre luminárias ficou definido em 28 m. Note-se que por exemplo, com um espaçamento de 38 metros entre luminárias, os requisitos fotométricos não são cumpridos na sua totalidade, surgindo nesse caso essa indicação no *software*, de forma bem perceptível e intuitiva, conforme ilustra a Figura 7.3.

Grid	Ave	Min/Ave	Min/Max	Min	Max	Uto	UI	C...
Dynamic cross section								
1. Single lane with level (L) - P6 (IL : Min = 0,40 lux Ave = ...	1,77 lx (A)	72 %	50 %	1,27 lx	2,57 lx	-	-	✗
2. Single lane with level (LU)	0,15 cd/m ² (A)	82 %	66 %	0,12 cd/m ²	0,18 cd/m ²	81 %	83 %	⚠
3. Multi-lanes (LU) - M5 (LU : Ave = 0,50 cd/m ² Uo = 35 %...	0,44 cd/m ² (A)	34 %	14 %	0,15 cd/m ²	1,12 cd/m ²	32 %	39 %	✗
3. Multi-lanes (LU) - M5 (LU : Ave = 0,50 cd/m ² Uo = 35 %...	0,48 cd/m ² (A)	34 %	15 %	0,16 cd/m ²	1,10 cd/m ²	31 %	56 %	✗
4. Single lane with level (L) (1) - P6 (IL : Min = 0,40 lux Av...	6,53 lx (A)	16 %	6 %	1,02 lx	17,62 lx	-	-	✓

Figura 7.3 - Resultados do cálculo luminotécnico com valores fora dos limites aceitáveis

O *software* permite ainda obter diversos diagramas elucidativos da iluminação projetada, conforme exemplifica a Figura 7.4.

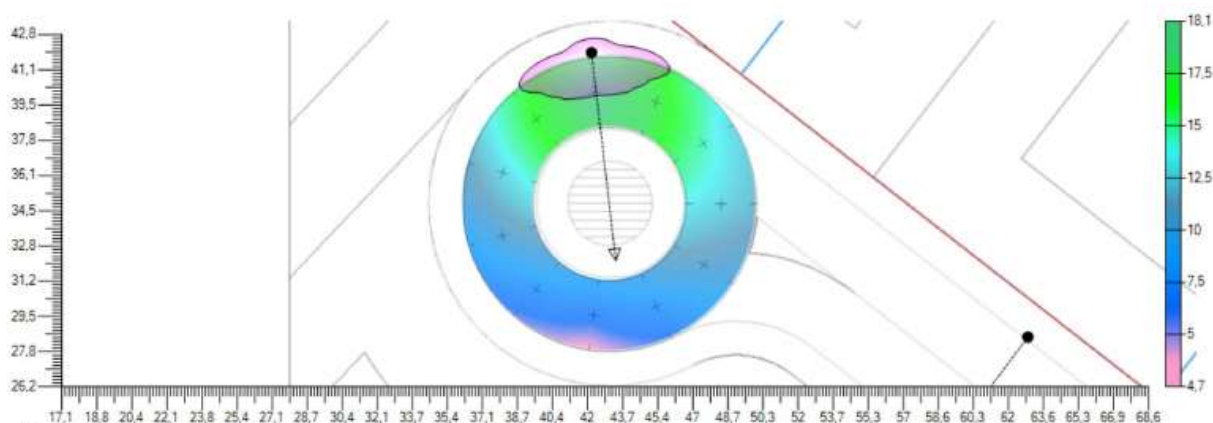


Figura 7.4 – Diagrama de sombreado

Com a localização dos candeeiros definida de acordo com o estudo luminotécnico, deve proceder-se ao traçado dos cabos. Neste caso em particular, atendendo ao número de luminárias e à configuração do loteamento, não se justifica nem a utilização de um armário de IP nem a utilização de duas saídas de IP do QBT.

No Anexo XIV é apresentada a RIP numa escala de 1:500, juntamente com a descrição do candeeiro considerado.

7.3.6. Esquemas unifilares simplificados

Antes de se proceder aos cálculos de dimensionamento das redes, é prática habitual desenhar-se um primeiro esboço das mesmas. Estes esboços acabam por condensar as informações das redes, tornando-se uma base de apoio nos cálculos a efetuar.

Após realização dos cálculos de dimensionamento, deve proceder-se aos devidos ajustes nos referidos esboços, resultando nos esquemas unifilares simplificados, que deverão fazer parte integrante do projeto.

As Figuras 7.5 e 7.6 exemplificam os esquemas unifilares simplificados finais da RBT e da RIP, do caso em estudo. As devidas justificações serão apresentadas no ponto 7.3.7.1.

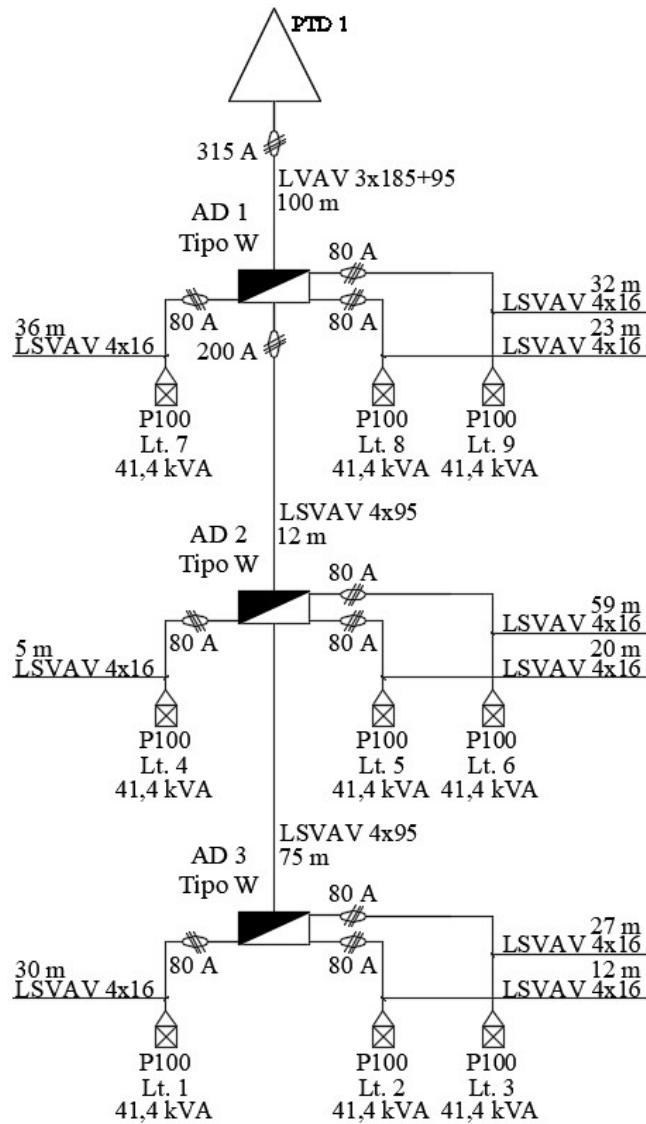


Figura 7.5 – Esquema unifilar simplificado da RBT

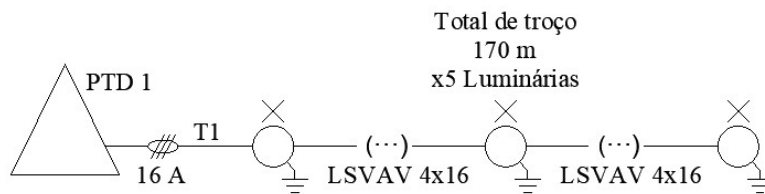


Figura 7.6 - Esquema unifilar simplificado da RIP

7.3.7. Cálculos

Os cálculos da RBT e RIP devem ser efetuados nos modelos de folha de cálculo automático disponibilizados pela EDP Distribuição. Estes encontram-se devidamente programados por forma a evitar métodos morosos e a minimizar a probabilidade de ocorrência de erros.

O primeiro passo no preenchimento das folhas de cálculo corresponde à inserção de dados relativos a potências, quantidade de fogos, quantidade de luminárias, tipo e secção dos cabos, e respetivos comprimentos.

Seguidamente, estando todas as fórmulas necessárias já introduzidas na folha, basta efetuar alguns ajustes na seleção das proteções e verificar se as condições do ponto 6.4 são todas cumpridas. Caso assim não se verifique, deve recorrer-se à alteração das secções dos cabos e/ou das proteções. Se ainda assim não forem cumpridas todas as condições deverá reformular-se a configuração da rede.

7.3.7.1. Dimensionamento da RBT

De acordo com a Memória Descritiva e Justificativa (modelo tipo) [113], as saídas do QBT, devem em regra, ser executadas a cabo LVAV 3x185+95, enquanto as restantes canalizações principais devem desenvolver-se a cabo LVAV 3x185+95 ou LSVAV 4x95. No caso em estudo, optou-se por considerar cabo LSVAV 4x95 para os troços AD 1 - AD 2, e AD 2 - AD 3, evitando um sobredimensionamento desnecessário da rede.

Por forma a possibilitar um aproveitamento máximo do cabo LVAV 3x185+95 considerado no ramo entre QBT e AD 1, o calibre da proteção a ser utilizada deverá ser o máximo admissível. A própria folha de cálculo determina esse calibre que no caso é 315 A, conforme indicado no Quadro 7.3, o que vai de encontro com o ponto 7.3.4.1.

Quadro 7.3 - Definição de proteções máximas segundo folha de cálculo da RBT

Ramo	Troço	Fogos (Un)	Indust. (Un)	Qt inst. (Un)	Pot. (kVA)	Tipo (cabo)	S (mm ²)	Comp (m)	Is (A)	In (A)	Alerta !	Iz (A)	If (A)	1,45Iz (A)	q.d.t. (parcial) (%)	q.d.t. (total) (%)	Icc Real (A)
1	PTD 1 - AD 1	9		9	173,9	LVAV	185	100	251,0	315		355	504	515	1,76	1,76	3087
2	AD 1 - P100 LT7	1		1	41,4	LSVAV	16	36	59,8	80		90	128	131	1,74	3,49	885
3	AD1 - AD 2	6		6	130,8	LSVAV	95	12	188,8	200		235	320	341	0,31	2,06	2723
4	AD 2 - P100 LT 6	1		1	41,4	LSVAV	16	59	59,8	80		90	128	131	2,85	4,91	589
5	AD 2 - AD 3	3		3	82,2	LSVAV	95	75	118,7	200		235	320	341	1,21	3,28	1546
6	AD 3 - P100 LT 1	1		1	41,4	LSVAV	16	30	59,8	80		90	128	131	1,45	4,73	754

No ramo 3, uma vez que existe redução da secção, deverá ser adicionada uma proteção no circuito, pois desde logo se pode verificar pelo Quadro anterior que o calibre máximo

admissível é de 200 A. Não sendo possível baixar o calibre dessa proteção devido à condição $I_s \leq I_n$, considerar-se-á o fusível de 200 A.

No troço principal que resta analisar (ramo 5), verifica-se que a proteção máxima a considerar é mais uma vez de 200 A, ou seja, a canalização ainda é protegida pelo fusível colocado a montante (no AD 2), pelo que é dispensável a utilização de nova proteção no AD 3, conforme se observa no Quadro 7.4.

Quadro 7.4 – Verificação de dispensa de fusíveis na folha de cálculo da RBT

In (A)	Alerta !	Iz (A)	If (A)	1,45Iz (A)	q.d.t. (parcial) (%)	q.d.t. (total) (%)	Icc Real (A)	Fusíveis a utilizar			
								I'n (A)	Icc min (A)	Lmáx. (m)	Dispensa
315		355	504	515	1,76	1,76	3087	315	2200	150	
80		90	128	131	1,74	3,49	885	80	425	100	Não
200		235	320	341	0,31	2,06	2723	200	1250	200	Não
80		90	128	131	2,85	4,91	589	80	425	100	Não
200		235	320	341	1,21	3,28	1546	200	1250	200	Sim
80		90	128	131	1,45	4,73	754	80	425	100	Não

Os ramais previstos para alimentação aos lotes devem, segundo o Quadro 6.31, ser executados a cabo LSVAV 4x16, para potências inferiores a 55 kVA.

A partir do mesmo Quadro, constata-se que os fusíveis a utilizar nos AD para proteção dos referidos ramais, devem ter calibre de 80 A. Por consequência, e tendo em conta o valor de I_s de 59,8 A, o fusível a instalar nas portinholas deverá ser obrigatoriamente de 63 A.

Os resultados do cálculo da RBT são apresentados na sua totalidade no Quadro A.7, no Anexo XV. É possível verificar que são cumpridos todos os requisitos indicados no ponto 6.4, nomeadamente as quedas de tensão, as proteções contra sobrecargas e curto-circuitos ou a seletividade das proteções.

Note-se que a folha de cálculo está preparada para alertar para determinados erros, que por algum motivo possam surgir, conforme exemplificado no Quadro 7.5. No entanto, nem todos os erros são sinalizados, como por exemplo quando os limites da queda de tensão são ultrapassados, ou quando os “saltos” entre calibres das proteções não são assegurados, pelo que, deverá proceder-se a uma verificação geral dos resultados, por forma a eliminar quaisquer falhas.

Quadro 7.5 - Alertas na folha de cálculo da RBT

In (A)	Alerta !	Iz (A)	If (A)	1,45Iz (A)	q.d.t. (parcial) (%)	q.d.t. (total) (%)	Icc Real (A)	Fusíveis a utilizar			Alerta !
								I'n (A)	Icc min (A)	Lmáx. (m)	
315		355	504	515	1,76	1,76	3087	315	2200	150	
50	Is>In	90	--	131	7,49	9,25	260	50	250	170	I'n<I'n min.
200		235	320	341	0,31	2,06	2723	200	1250	200	Não
80		90	128	131	2,85	4,91	589	80	425	100	Não
200		235	320	341	1,21	3,28	1546	200	1250	200	Sim
63		90	101	131	5,07	8,35	329	80	425	100	Não
		--	--	--							

7.3.7.2. Dimensionamento da RIP

O dimensionamento da RIP segue os mesmos princípios da RBT.

Normalmente as luminárias são caracterizadas pela sua potência em Watt (W), no entanto, a tabela de cálculo está preparada para receber valores de potências em Volt-Ampère (VA). Para determinar esses valores, pode recorrer-se à fórmula:

$$S = \frac{P}{FP}$$

em que:

S é a potência aparente, em VA

P é a potência ativa, em W

FP é o fator de potência, ou $\cos\phi$

Na falta de dados concretos, deverá ser considerado o valor de $\cos\phi$ de 0,9.

Segundo a Memória Descritiva e Justificativa (modelo tipo) [113], os circuitos da RIP devem ser executados a cabo LSVAV com secção mínima de 16 mm².

Para a escolha do calibre da proteção a montante do circuito (Quadro 7.6), apesar de a folha de cálculo indicar 50 A como calibre máximo, considerar-se-á o mínimo calibre admissível que é também o calibre habitualmente instalado na RIP, cujo valor é de 16 A.

Quadro 7.6 - Seleção de calibre a utilizar na folha de cálculo da RIP

In (A)	Alerta !	Iz (A)	If (A)	1,45Iz (A)	q.d.t. (parcial) (%)	q.d.t. (total) (%)	Icc Real (A)	Fusíveis a utilizar			
								I'n (A)	Icc min (A)	Lmáx. (m)	Dispensa
50		90	80	131	0,05	0,05	258	16	65	640	

O Quadro A.8 do Anexo XV apresenta os resultados dos cálculos da RIP, onde é possível verificar que os requisitos do ponto 6.4 são todos cumpridos.

7.3.8. Desenhos de pormenores-tipo

Conforme indicado anteriormente, a EDP Distribuição disponibiliza alguns desenhos-tipo como exemplo, para que os projetistas possam incluir nos seus projetos. Tal como nas folhas de cálculo, estes desenhos carecem de alguns ajustes relacionados com o projeto em causa.

No projeto em estudo deverão ser incluídos os pormenores do AD tipo W, das chegadas (conforme Figura A.22), do quadro elétrico QEC-1-2 ou QEC-1-2-D e das valas e travessias tipo (conforme Figura A.9 e Figura A.11).

Entre os pormenores-tipo habituais, aquele que fica integralmente a cargo do projetista é o pormenor do(s) candeeiro(s) de IP. No presente caso de estudo elaborou-se o desenho que consta no Anexo XVI, referente ao candeeiro considerado na RIP.

7.3.9. Medições e orçamento

Geralmente, um dos últimos elementos do projeto a ser elaborado é o mapa de medições e respetiva estimativa orçamental, pois deve ser efetuado quando todos os elementos da instalação já se encontram definidos.

O mapa de medições e orçamento deve incluir a descrição e a quantificação, embora não exaustiva, dos materiais/trabalhos, separadas pelas classes de obras previstas no projeto.

O Anexo XVII apresenta o mapa de medições e orçamento aplicados ao caso em estudo.

7.3.10. Disposições finais e tramitação

Com todos os elementos reunidos e organizados segundo o ponto 7.1, o projeto estará em condições de ser submetido à apreciação da EDP Distribuição.

Considerando que após a referida apreciação não houve necessidade de efetuar correções, a EDP Distribuição enviará para a Câmara Municipal, dois exemplares do projeto, devidamente visados, acompanhados das condições em que é feita a aprovação [104].

O prazo de validade de apreciação de um projeto é de 2 anos, devendo tal condicionamento ser referido na aprovação do projeto enviada à Câmara Municipal

8. CONCLUSÕES

O presente documento foi produzido como resultado de uma árdua pesquisa bibliográfica e da prática na elaboração de projetos de instalações elétricas de serviço público, no âmbito do estágio desenvolvido na Electroeng – Engenharia Electrotécnica, Unipessoal Lda.

No texto elaborado, procurou-se apresentar uma linguagem simples, intuitiva e direta, de modo a tornar-se clara a interpretação do mesmo. No entanto, sendo uma área de tão vasta matéria, não foi possível aprofundar todas as temáticas, ficando determinados pormenores por abordar, daí o presente trabalho não dispensar a consulta da regulamentação em vigor, bem como o acompanhamento da sua atualização.

A pesquisa e estudo dos temas relacionados com os projetos de instalações elétricas de serviço público, permitiu uma melhor compreensão tanto do estado atual, como da evolução desta área da engenharia ao longo dos anos.

A existência de onze ORD em Portugal continental é para muitos um facto desconhecido, pois a EDP Distribuição detém quase a totalidade das concessões para exploração da RND. No entanto, e apesar de se tomar a EDP Distribuição como referência, há que ter claro que existem outros ORD com menor abrangência.

Há também que ter noção que os ORD apenas interagem com os clientes no âmbito das ligações à rede, leituras dos contadores e qualidade de serviço técnica, sendo a comercialização de energia uma atividade distinta.

Nas redes de distribuição existe uma vasta gama de soluções praticáveis. Quer por razões económicas, quer por razões de segurança, muitos equipamentos e aparelhagem têm sofrido modificações. Atualmente, existe ainda em funcionamento no país muitas soluções desatualizadas; por exemplo, nos PT aéreos são escassos os PT tipo A, dando prioridade aos PT tipo AI, muito mais práticos para exploração. Soluções obsoletas como PT em cabina alta ou em gaiola têm sido substituídas por outras, pois o custo benefício assim o justifica. São cada vez menos também os invólucros metálicos ou os condutores ativos facilmente acessíveis, dando lugar a elementos isolantes que conferem um maior grau de proteção contra contactos diretos e indiretos.

De modo a facilitar o projeto, a execução e a exploração das redes, os ORD têm todo o interesse em normalizar o máximo de soluções, como é possível verificar nas chegadas aos clientes, ou nos PT em cabina baixa, em que existe preferência pelas cabinas pré-fabricadas, pois sendo um produto *standard* o seu valor acaba por ser mais reduzido e a sua instalação acarreta menos trabalhos.

Todo este progresso tem vindo a tornar os projetos-tipo publicados pela DGEG cada vez mais desatualizados, servindo esses documentos apenas como diretrizes orientadoras.

Na IP a tecnologia LED tem vindo a impor-se progressivamente, adivinhando-se um futuro com ausência de outras tecnologias outrora mais utilizadas. Aliado aos baixos consumos de luminárias LED, também os sistemas de controlo e gestão tem vindo a ganhar o seu lugar no mercado, pois acabam por representar investimentos rapidamente retornáveis.

Para formalizar as entregas de projetos de serviço público, aconselha-se o contacto antecipado com a respetiva área operacional da EDP Distribuição, no sentido de perceber quais os requisitos exigidos, pois apesar de existir esse objetivo, ainda não se trata de um processo com procedimentos uniformes em todas as áreas operacionais do país.

Antes da elaboração do projeto propriamente dita, deve-se sempre proceder a um estudo prévio, pois poderão existir muitas condicionantes com profunda relevância no decorrer dos trabalhos.

Na produção das várias peças do projeto deve ter-se em consideração os modelos fornecidos pela EDP Distribuição, de modo a facilitar tanto os trabalhos de elaboração como de análise do mesmo.

O presente documento poderá tornar-se uma importante ferramenta para consulta dos engenheiros envolvidos na área dos projetos de instalações elétricas, principalmente para aqueles que estão no início da atividade. Pois, conseguiu-se num só documento abordar os temas essenciais para ambientar o leitor no tema e fornecer argumentos para a elaboração de projetos, de forma prática e intuitiva.

O trabalho desenvolvido em prol da Electroeng – Engenharia Electrotécnica, Unipessoal Lda. tem permitido uma grande evolução a nível pessoal e profissional. Nesta empresa, é dada a oportunidade de trabalhar num grande número de projetos distintos, o que sem dúvida, contribui para aprofundar conhecimento e alcançar um nível de prática que poucas empresas poderão fornecer nesta área.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ERSE. (s.d.). *eletricidade/funcionamento/transporte/*. Obtido de ERSE: <https://www.erse.pt/eletricidade/funcionamento/transporte/>
- [2] REN. (s.d.). *pt-PT/o_que_fazemos/eletricidade/o_setor_eletrico*. Obtido de REN: https://www.ren.pt/pt-PT/o_que_fazemos/eletricidade/o_setor_eletrico
- [3] ERSE. (s.d.). *eletricidade/funcionamento/distribuicao/*. Obtido de ERSE: <https://www.erse.pt/eletricidade/funcionamento/distribuicao/>
- [4] Gomes, A. A., & Carvalho, J. A. (2018). *Instalações Elétricas de Média Tensão, Postos de Transformação e Seccionamento*. Publindústria, Edições Técnicas.
- [5] Bolotinha, M. (2018). *Distribuição de Energia Elétrica em Média e Baixa Tensão, Manual*. Quântica Editora - Conteúdos Especializados, Lda.
- [6] ERSE. (2019). Delimitação das áreas Territoriais dos Concursos para a Atribuição de Concessões de Distribuição de Eletricidade em Baixa Tensão ao Abrigo da Lei n.º 31/2017.
- [7] Decreto Regulamentar n.º 90/84 de 26 de dezembro. (1984). Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão.
- [8] Decreto n.º 42895 de 31 de Março de 1960, alterado pelos Decretos Regulamentares n.º 14/77 de 18 de Fevereiro e n.º 56/85 de 6 de Setembro. (1960). Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Seccionamento.
- [9] Expresso do oriente. (2018). */novo-posto-de-transformacao-em-sintra/*. Obtido de [expressodooriente: https://expressodooriente.com/novo-posto-de-transformacao-em-sintra/](https://expressodooriente.com/novo-posto-de-transformacao-em-sintra/)
- [10] Google Earth Pro. (2019).
- [11] Silva, H. R. (2009). Projeto de postos de transformação. *O electricista*.
- [12] Direção de Serviços de Energia Elétrica. (2003). *Projecto-Tipo de Postos de Transformação em Cabina Baixa dos Tipos CBU e CBL*. Direção Geral de Energia.
- [13] Iso-sigma. (2020). *produtos-mercado-externo/postos-transformacao-metalicos-isomet*. Obtido de iso-sigma: <https://www.iso-sigma.pt/produtos-mercado-externo/postos-transformacao-metalicos-isomet>
- [14] Expresso do oriente. (2019). *novo-posto-de-transformacao-no-largo-da-madre-de-deus*. Obtido de [expressodooriente: https://expressodooriente.com/novo-posto-de-transformacao-no-largo-da-madre-de-deus/](https://expressodooriente.com/novo-posto-de-transformacao-no-largo-da-madre-de-deus/)
- [15] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2004). DRP-C13-001/N. Postos de transformação MT/BT subterrâneos. Condições para instalação.
- [16] Iso-sigma. (2020). *media-tensao/aparelhagem-corte-no-ar-utilizacao-exterior*. Obtido de iso-sigma: <https://www.iso-sigma.pt/media-tensao/aparelhagem-corte-no-ar-utilizacao-exterior>

- [17] Direct Industry. (2020). *prod/nikdim/product-50168-362981.html*. Obtido de directindustry: <https://www.directindustry.com/pt/prod/nikdim/product-50168-362981.html>
- [18] Efacec. (2020). *produtos/divac-disjuntores-media-tensao/*. Obtido de efacec: <https://www.efacec.pt/produtos/divac-disjuntores-media-tensao/>
- [19] Schneider Electric. (2020). *pt/work/products/product-launch/premset/*. Obtido de se: <https://www.se.com/pt/pt/work/products/product-launch/premset/>
- [20] Electrical Building Services Portal. (2019). *2019/04/webinaran-introduction-to-application.html*. Obtido de electricalbsp: <https://www.electricalbsp.com/2019/04/webinaran-introduction-to-application.html>
- [21] Arteche. (2020). Transformadores de medida. Média tensão. Uso interno.
- [22] Schneider Electric. (2020). *pt/product-range-presentation/60986-minera---montagem-no-p%C3%B3lo/?parent-subcategory-id=3630&filter=business-6-distribui%C3%A7%C3%A3o-m%C3%A9dia-tens%C3%A3o-%26-automa%C3%A7%C3%A3o-de-energia*. Obtido de se: <https://www.se.com/pt/pt/product-range-presentation/60986-minera---montagem-no-p%C3%B3lo/?parent-subcategory-id=3630&filter=business-6-distribui%C3%A7%C3%A3o-m%C3%A9dia-tens%C3%A3o-%26-automa%C3%A7%C3%A3o-de-energia>
- [23] Schneider Electric. (2020). *pt/product-range-presentation/977-trihal/?parent-subcategory-id=3610&filter=business-6-distribui%C3%A7%C3%A3o-m%C3%A9dia-tens%C3%A3o-%26-automa%C3%A7%C3%A3o-de-energia*. Obtido de se: <https://www.se.com/pt/pt/product-range-presentation/977-trihal/?parent-subcategory-id=3610&filter=business-6-distribui%C3%A7%C3%A3o-m%C3%A9dia-tens%C3%A3o-%26-automa%C3%A7%C3%A3o-de-energia>
- [24] Wikipedia. (2020). *wiki/Rel%C3%A9_de_Buchholz*. Obtido de wikipedia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9_de_Buchholz
- [25] Direção de Serviços de Energia Elétrica. (2003). *Projecto-Tipo dos Postos de Transformação Aéreos (A-AS)*. Direção Geral de Energia.
- [26] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2009). DIT-C13-801/E. Posto de Transformação Aéreo R100. Projecto-tipo.
- [27] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2009). DIT-C13-802/E. Posto de Transformação Aéreo R250. Projecto-tipo.
- [28] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2018). DMA-C62-813/N. Materiais para derivações e entradas BT. Quadro geral de baixa tensão R630 CIP. Características e ensaios.
- [29] EDP Distribuição - Energia S.A. (2018). DMA-C62-818/N. Materiais para derivações e entradas BT. Quadro geral de baixa tensão CDJ. Características e ensaios.
- [30] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2005). DRE-C11-040/N. Redes - linhas. Guia Técnico de Terras - 2ª Parte - Eléctodos de terra.

- [31] Direção de Serviços de Energia Elétrica . (1992). *Guia Técnico de Redes Aéreas de Baixa Tensão em Condutores Isolados Agrupados em Feixe (Torçada)*. Direção Geral de Energia.
- [32] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2003). DMA-C67-205/N (ADT N° 1). Apoios para linhas aéreas. Postes de betão para redes BT. Características e ensaios.
- [33] Direção de Serviços de Energia Elétrica. (2005). *Guia Técnico dos Armários de Distribuição e os seus Maciços de Fundação*. Direção Geral de Geologia e Energia.
- [34] CENELEC. (2015). EN 13201 - Road lighting.
- [35] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2016). Manual de Iluminação Pública | Revisão.
- [36] RNAE - Associação das Agências de Energia e Ambiente (Rede Nacional). (2018). Eficiência Energética na Iluminação Pública. Parte I - Conceitos de Luminotecnia.
- [37] Lora Alliance. (s.d.). *sites/default/files/2019 03/Smart_Street_Lighting_system_by_NAS.pdf* /. Obtido de lora-alliance: https://lora-alliance.org/sites/default/files/2019_03/Smart_Street_Lighting_system_by_NAS.pdf/
- [38] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DRE-C71-001/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Guia técnico de iluminação pública. Regras de execução e de montagem.
- [39] Portaria n.º 949-A/2006. (2006). Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão.
- [40] Direção Geral de Energia e Geologia. (2015). Guia Técnico das Instalações Eléctricas para a Alimentação de Veículos Eléctricos.
- [41] CENELEC. (2013). HD 60269-2 - Low-voltage fuses.
- [42] Morais, J. L., & Pereira, J. M. (2007). *Guia Técnico das Instalações Eléctricas* .
- [43] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2004). DMA-C13-910/N. Postos de transformação MT/BT de distribuição Pública. Cabinas pré-fabricadas de betão armado para PT de superfície e manobra interior. Características e ensaios.
- [44] da Costa, N. D. (2014). Ventilação de Locais Afetos a Serviços Técnicos Eléctricos.
- [45] EDP Distribuição - Energia, S.A. (s.d.). Guia técnico de projetos de serviço público. Regras para a conceção de projetos de serviço público, nomeadamente redes de distribuição em baixa tensão, redes de iluminação pública e postos de transformação do distribuidor (PTD).
- [46] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2005). DMA-C13-911/N. Postos de Transformação MT/BT de Distribuição Pública. Cabinas pré-fabricadas de betão armado para PT de superfície e manobra exterior. Características e ensaios.
- [47] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2019). DMA-C64-166/N. Materiais para redes - aparelhagem AT e MT. Interruptores-seccionadores tripolares de MT. Características e ensaios.

- [48] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2018). DMA-C64-210/N. Materiais para redes - aparelhagem AT e MT. Fusíveis MT. Características e ensaios.
- [49] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2019). DMA-C64-167/N. Materiais para redes - aparelhagem AT e MT. Combinados interruptores-seccionadores-fusíveis tripolares de MT. Características e ensaios.
- [50] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2007). DMA-C64-100/N. Materiais para redes - aparelhagem AT e MT. Disjuntores MT. Ensaio de tipo.
- [51] EDP Distribuição - Energia S.A. (2007). DMA-C64-101/N. Materiais para redes - aparelhagem AT e MT. Disjuntores MT. Ensaio de série.
- [52] EDP Distribuição - Energia S.A. (2007). DMA-C64-102/N. Materiais para redes - aparelhagem AT e MT. Disjuntores AT/MT. Características complementares.
- [53] EDP Distribuição - Energia S.A. (2007). DMA-C64-105/N. Materiais para redes - aparelhagem AT e MT. Disjuntores MT - 12 kV. Características.
- [54] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2007). DMA-C64-110/N. Materiais para redes - aparelhagem AT e MT. Disjuntores MT - 17,5 kV. Características.
- [55] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2007). DMA-C64-115/N. Materiais para redes - aparelhagem AT e MT. Disjuntores MT - 36 kV. Características.
- [56] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2012). DMA-C65-110/N. Materiais para proteção de redes. Descarregadores de sobretensões de óxido de zinco sem explosores para redes de corrente alternada. Características e ensaios.
- [57] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2012). DMA-C64-410/N. Materiais para redes - aparelhagem AT e MT. Quadros metálicos modulares para postos de transformação MT/BT e para postos de corte e seccionamento MT. Características e ensaios.
- [58] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2018). DMA-C64-420/N. Materiais para redes - aparelhagem AT e MT. Blocos para Redes em Anel (BRA). Características e ensaios.
- [59] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2020). DMA-C52-125/N. Transformadores de Potência. Transformadores trifásicos de média/baixa tensão, imersos em líquido. Características e ensaios.
- [60] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2020). DMA-C52-130/N. Transformadores de potência. Transformadores trifásicos de média/baixa tensão, do tipo seco. Características e ensaios. .
- [61] CENELEC. (2017). EN 60947-2 - Low-voltage switchgear and controlgear - Part 2: Circuit-breakers.
- [62] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2013). DMA-C44-502/N. Contadores de energia elétrica. Contadores estáticos, combinados, de ligação direta ou por transformador de corrente, para pontos de medição BTE e MT (ligação do lado da BT). Características e ensaios.
- [63] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2013). DMA-C42-552/N. Transformadores de medida. Transformadores de corrente de baixa tensão. Características e ensaios.

- [64] IEC. (2004). IEC 60269-2 - Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) .
- [65] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2011). DMA-C63-600/N. Materiais para redes - aparelhagem BT. Contactores tripolares eletromecânicos. Características e ensaios.
- [66] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2013). DMA-C44-501/N. Contadores de energia elétrica. Contadores de baixa tensão, estáticos, de energia ativa e de ligação direta. Características e ensaios.
- [67] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2018). DMA-C98-404/N. Automação, proteção, comando, controlo e comunicações. Unidade remota de telecontrolo. Características e ensaios.
- [68] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2011). DMA-C13-912/N. Instalações AT e MT. Postos de transformação pré-fabricados (prontos a instalar). Características e ensaios.
- [69] IPQ. (1970). NP 608 - Sinalização de segurança; Símbolo de tensão elétrica perigosa.
- [70] IPQ. (1970). NP 609 - Sinalização de segurança; Sinais de tensão elétrica perigosa.
- [71] IPQ. (2019). NP 665 - Sistema de designação de cabos elétricos isolados.
- [72] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2008). DMA-C33-209/N. Condutores isolados e seus acessórios para redes. Cabos em torçada para linhas aéreas de baixa tensão. Características e ensaios.
- [73] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2015). DMA-C33-800/N. Condutores isolados e seus acessórios para redes de distribuição. Acessórios para cabos isolados BT. Características e ensaios.
- [74] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2011). DMA-C33-864/N. Condutores isolados e seus acessórios para redes. Berços de guiamento, pinças de suspensão e pinças de amarração. Características e ensaios.
- [75] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2006). DMA-C62-700/N. Material para derivação de rede. Caixas de proteção para redes aéreas BT em torçada. Características e ensaios.
- [76] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2008). DMA-C33-200/N. Condutores isolados e seus acessórios para redes. Cabos isolados de baixa tensão. Características e ensaios.
- [77] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2007). DMA-C62-801/N. Materiais para derivação e entradas BT. Armários de distribuição. Características e ensaios.
- [78] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2015). DMA-C63-201/N. Materiais para redes - Aparelhagem BT. Fusíveis de BT. Características e ensaios.
- [79] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2018). Manual de ligações à rede elétrica de serviço público. Guia técnico e logístico de boas práticas.
- [80] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2004). DMA-C17-510/N. Equipas de medição para telecontagem. Armários de contagem para instalação em postos de transformação de clientes e produtores em regime especial. Características e ensaios.

- [81] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2006). DMA-C62-807/N. Materiais para derivações e entradas BT. Portinholas de baixa tensão. Características e ensaios.
- [82] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DIT-C14-101/N. Derivações e baixadas. Ligações à rede de instalações de utilização tipo mobiliário urbano - Soluções técnicas. Instalações tipo.
- [83] EDP Distribuição - Energia S.A. (2018). DMA-C62-805/N. Materiais para derivações e entradas BT. Caixas de contagem para instalação em clientes residenciais. Características e ensaios.
- [84] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2006). DMA-E84-002/N. Quinquilharias, ferragens, produtos de serralharia e acessórios diversos. Cilindros de perfil redondo de corpo roscado com lingueta. Características e ensaios.
- [85] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2018). DIT-C14-100/N. Ligação de clientes de baixa tensão. Soluções técnicas normalizadas.
- [86] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2005). DIT-C11-030/N. Condomínios fechados. Regras para a concepção, aprovação e ligação à rede de projetos de infra-estruturas elétricas privadas.
- [87] Portaria n.º 454/2001 de 5 de Maio. (2001).
- [88] RNAE - Associação das Agências de Energia e Ambiente (Rede Nacional). (2018). Eficiência Energética na Iluminação Pública. Parte II - Projeto de iluminação pública - Especificações.
- [89] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DMA-C71-110/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Luminárias de iluminação pública para lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão. Características e ensaios.
- [90] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DMA-C72-240/N. Fontes de iluminação elétrica. Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão. Características e ensaios.
- [91] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DMA-C71-210/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Balastros indutivos para lâmpadas de descarga de vapor de sódio de alta pressão. Características e ensaios.
- [92] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DMA-C71-200/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Balastros eletrônicos com aplicação na iluminação pública para lâmpadas de descarga de sódio de alta pressão e iodetos metálicos. Características e ensaios.
- [93] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DMA-C71-270/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Ignitores para lâmpadas de descarga. Características e ensaios.
- [94] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DMA-C71-111/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Luminárias de iluminação pública: tecnologia LED. Características e ensaios.
- [95] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DMA-C71-540/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Braços de aço tubulares de IP. Características e ensaios.

- [96] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2020). DMA-C71-512/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Colunas de aço para iluminação pública. Características e ensaios.
- [97] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2016). DMA-C71-590/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Quadro elétrico de alimentação para iluminação pública. Características e ensaios.
- [98] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DEF-C71-421/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Sistema de regulação de fluxo luminoso para circuitos de iluminação pública com luminárias equipadas com tecnologia LED utilizando micro-cortes da onda de tensão. Especificação funcional.
- [99] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DMA-C71-420. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Sistema de regulação de fluxo luminoso para circuitos de iluminação pública com luminárias equipadas com tecnologia LED utilizando micro-cortes da onda de tensão. Características e ensaios.
- [100] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DRE-C71-422/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Sistema de regulação de fluxo luminoso utilizando micro-corte da onda de tensão para circuitos de iluminação pública com luminárias equipadas com tecnologia LED.
- [101] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DMA-C71-400/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Reguladores de fluxo luminoso para aplicação em circuitos de iluminação pública. Características e ensaios.
- [102] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2017). DRE-C71-400/N. Aparelhos de iluminação elétrica e acessórios. Reguladores de fluxo luminoso. Regras de execução, utilização e montagem.
- [103] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2013). DMA-C65-210/N. Materiais para proteção de redes. Eléctrodos de terra. Características e ensaios.
- [104] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2016). DIT-C11-010/N. Redes - linhas. Regras para conceção, aprovação e ligação à rede dos projetos de infraestruturas elétricas de loteamentos ou urbanizações de iniciativa privada. Guia técnico de urbanizações.
- [105] EDP Distribuição - Energia, S.A. (2010). DIT-C11-011/N. Redes - linhas. Regras para conceção, aprovação e ligação à rede dos projetos de infraestruturas elétricas de loteamentos ou urbanizações promovidas pela administração pública. Guia técnico de urbanizações.
- [106] Direção-Geral de Energia e Geologia. (2017). Guia técnico das classes de reação ao fogo dos cabos elétricos para instalações elétricas de baixa tensão.
- [107] Decreto-Lei n.º 446/76, de 5 de Junho. (1976).
- [108] Portaria 401/76, de 6 de Julho. (1976).
- [109] Portaria n.º 344/89, de 13 de Maio. (1989).
- [110] Decreto-Lei n.º 517/80, de 31 de Outubro. (1980).
- [111] Portaria n.º 193/2005. (2005).

[112] Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de Dezembro. (1999).

[113] EDP Distribuição - Energia, S.A. (s.d.). Memória Descritiva e Justificativa (modelo tipo).

ANEXOS

ANEXO I – TIPOS DE PT AÉREO

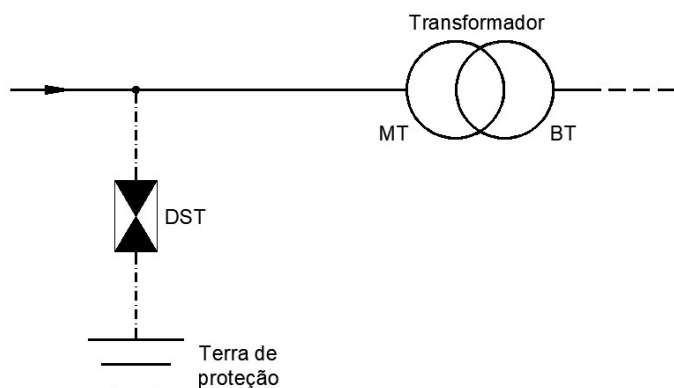


Figura A.1 – Ligação do PT aéreo tipo A à rede MT

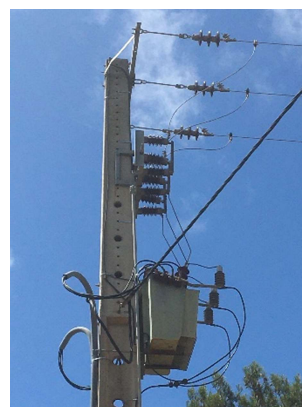
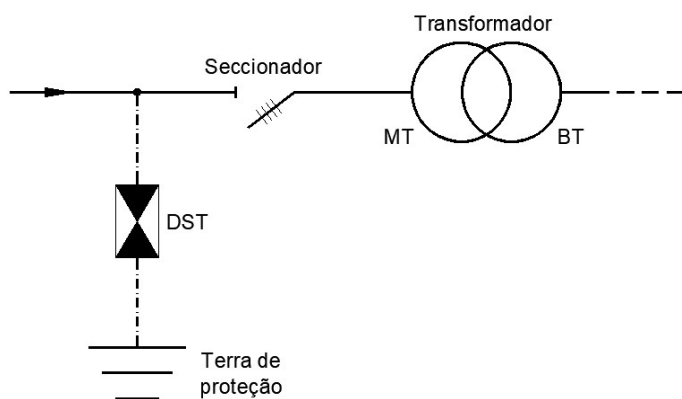


Figura A.2 – Ligação do PT aéreo tipo AS à rede MT

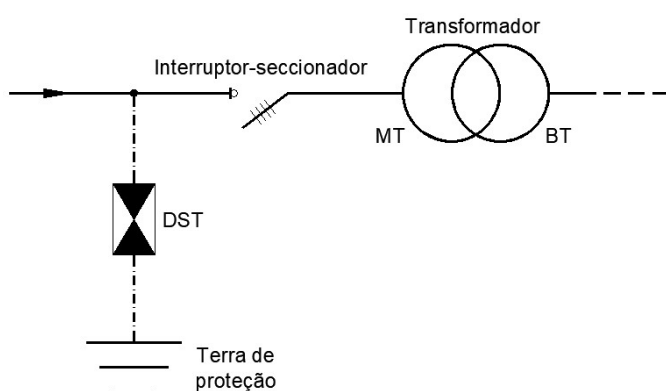


Figura A.3 – Ligação do PT aéreo tipo AI-1 e AI-2 à rede MT

Os PT AI-1 e AI-2 diferem entre si pelo número de postes utilizados como apoio à suspensão do transformador, respetivamente um e dois.

ANEXO II – PT CABINA ALTA TIPO CA2

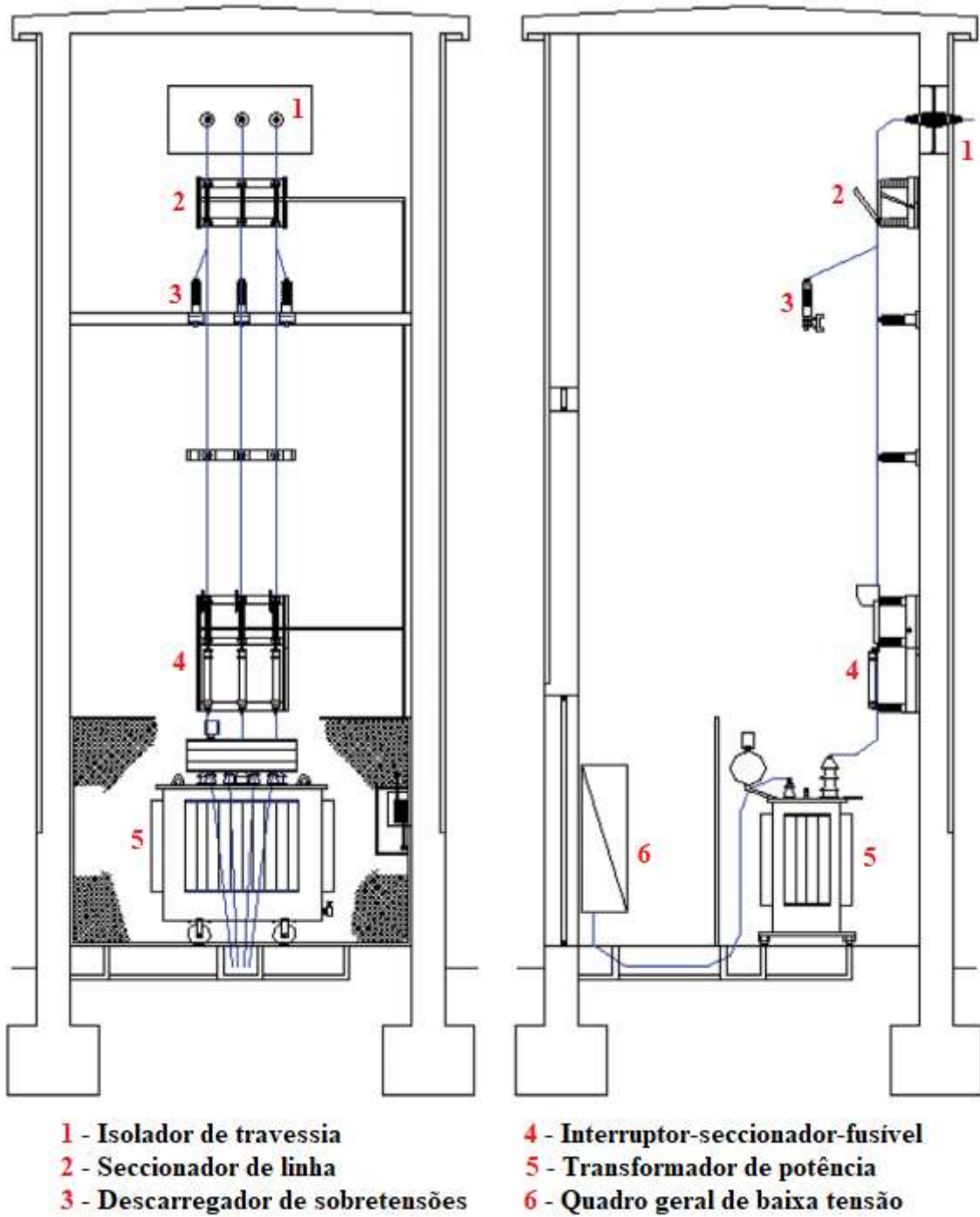


Figura A.4 – Exemplo de cortes de cabine alta tipo CA2 [4]

ANEXO III – CMOD NORMALIZADOS

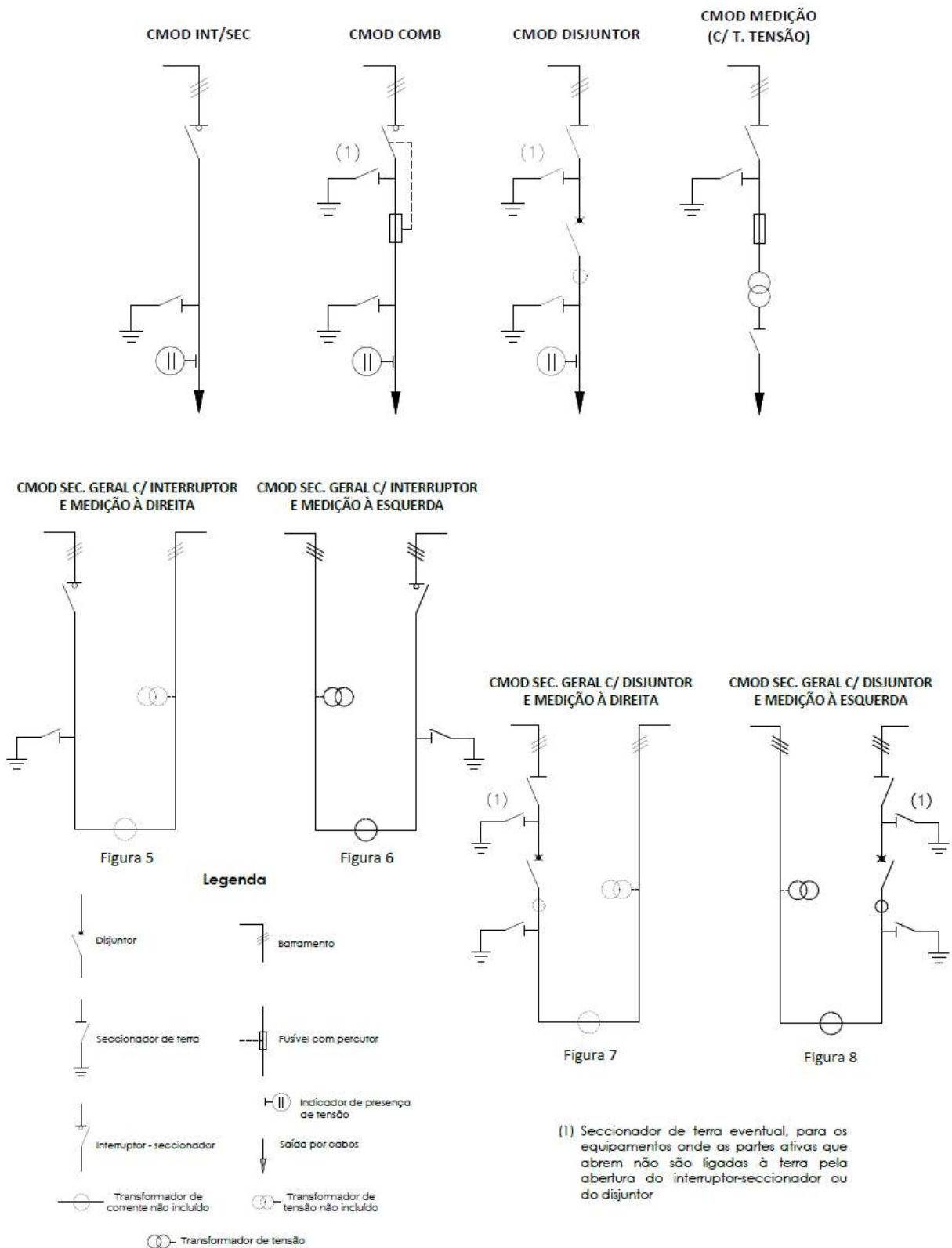


Figura A.5 – CMOD normalizados [57]

ANEXO IV – BRA NORMALIZADOS

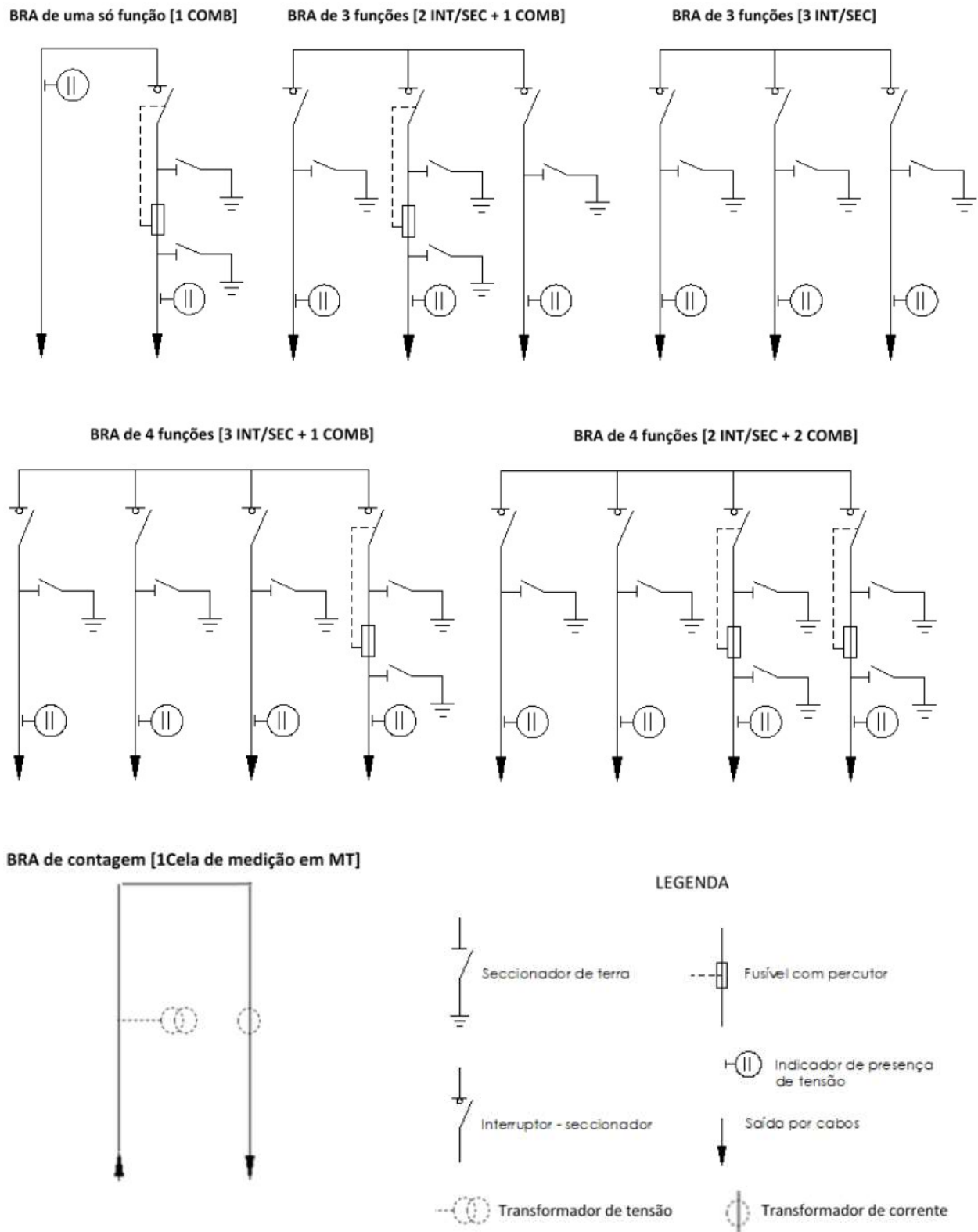


Figura A.6 – BRA normalizados [58]

ANEXO V – ESQUEMAS UNIFILARES QBT

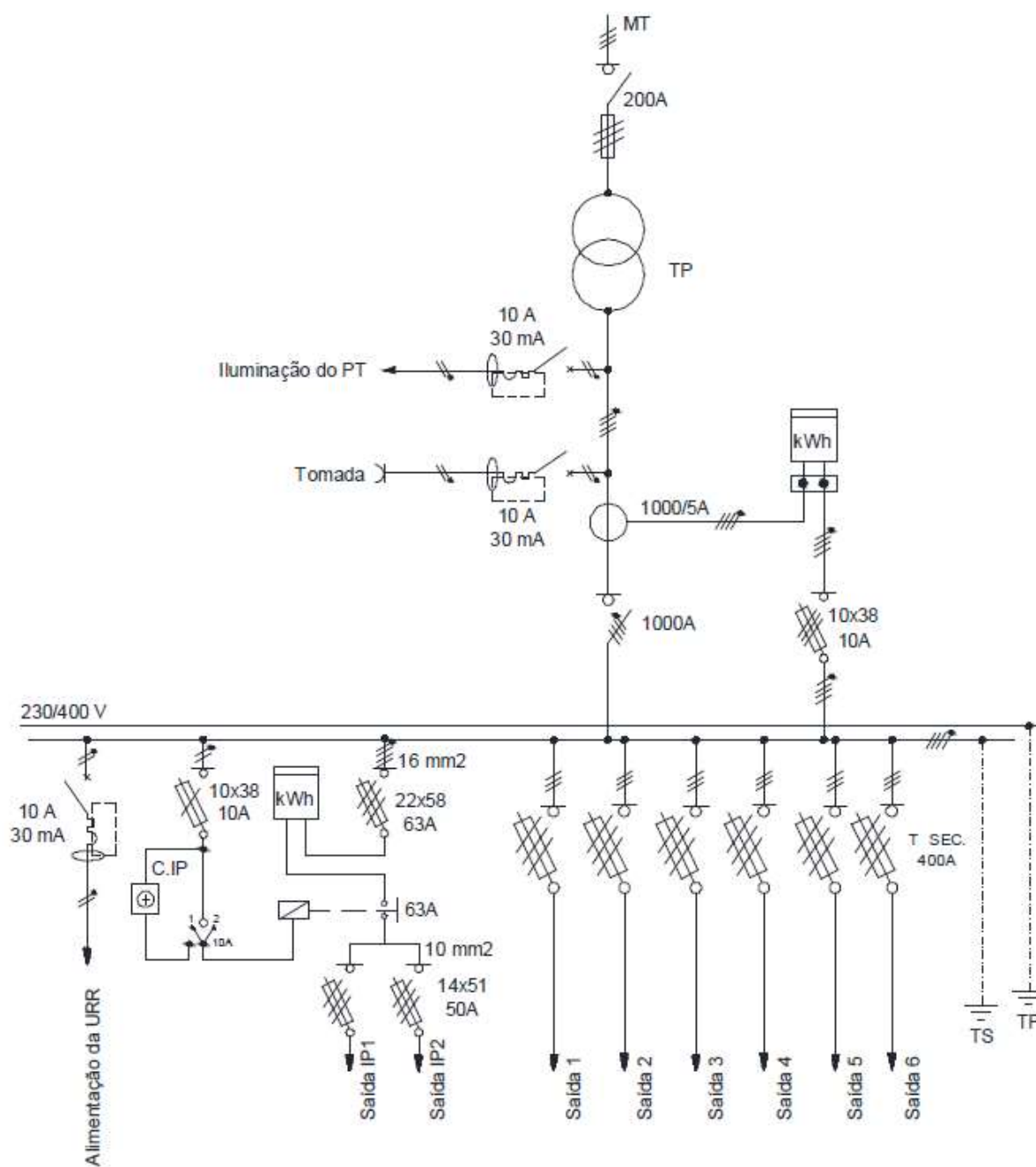


Figura A.7 – Esquema unifilar do Quadro R630 CIP sem acoplamento [28]

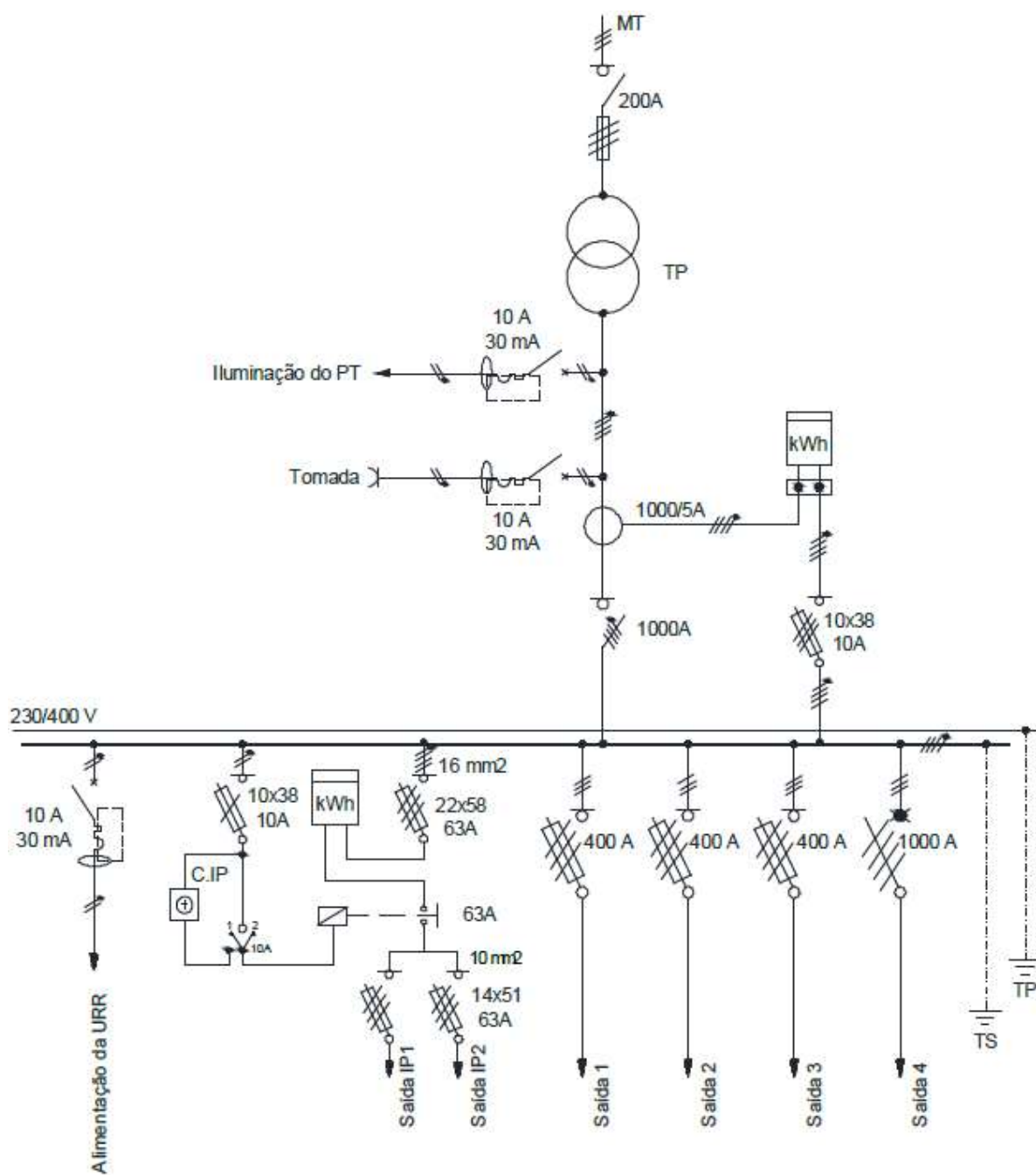


Figura A.8 – Esquema unifilar do Quadro R630 CDJ [29]

ANEXO VI – DESIGNAÇÃO DE CABOS E CONDUTORES ISOLADOS

Quadro A.1 – Designação simbólica de condutores e cabos isolados, segundo a norma NP 665 [71] [106]

		EXEMPLO ⁽¹⁾ →	V	V	(frt)	5	G	6	0,6/1 kV
		SIMBOLO							
Material dos condutores	<ul style="list-style-type: none"> Cobre Alumínio multifilar Alumínio maciço 	Sem letra L LS							
Grau de flexibilidade	<ul style="list-style-type: none"> Condutores rígidos (classe 1 ou 2) Condutores flexíveis (classe 5) Condutores extra-flexíveis (classe 6) 	Sem letra F FF							
Material do isolamento	<ul style="list-style-type: none"> Borracha de etileno propileno Etileno acetato de vinilo Papel isolante Policloreto de vinilo - PVC Poliétileno - PE Poliétileno reticulado - XLPE Composto reticulado à base de poliolefina, com baixa emissão de gases corrosivos e baixa emissão de fumos na combustão de cabos onde foi aplicada Composto termoplástico à base de poliolefina, com baixa emissão de gases corrosivos e baixa emissão de fumos na combustão de cabos onde foi aplicada Composto reticulado à base de silicone 	B G P V E X Z Z1 S							
Blindagem	<ul style="list-style-type: none"> Blindagem individual Blindagem coletiva 	HI H							
Condutor concêntrico	<ul style="list-style-type: none"> Fios de cobre Fios de alumínio 	O 1O							
Revestimentos metálicos para proteção mecânica	<p><i>Magnéticos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Fitas de aço Fitas de aço corrugado Fios de aço Barrinhas de aço Trança de aço galvanizado <p><i>Não magnéticos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Fitas Fios Barrinhas Fitas corrugadas Trança de cobre 	A 2A R M 1Q 1A 1R 1M 3A Q							
Material das bainhas	<p><i>Não metálico:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Borracha de etileno propileno Etileno acetato de vinilo Papel Policloreto de vinilo - PVC Policloreto de vinilo com resistência a hidrocarbonetos - PVC Poliétileno - PE Poliétileno reticulado - XLPE Juta Composto reticulado à base de poliolefina, com baixa emissão de gases corrosivos e baixa emissão de fumos na combustão de cabos onde foi aplicada Composto termoplástico à base de poliolefina, com baixa emissão de gases corrosivos e baixa emissão de fumos na combustão de cabos onde foi aplicada Composto reticulado à base de silicone <p><i>Metálico:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Fita de alumínio revestida com copolímero Bainha coletiva em chumbo 	B G P V Vh E X J Z Z1 S L C							
Forma de agrupamento dos condutores isolados	<ul style="list-style-type: none"> Cableados ou torcidos Dispostos paralelamente (sem torção) Cabos auto-suportados 	Sem letra D S							
Comportamento ao fogo e/ou proteção à propagação longitudinal da água	<ul style="list-style-type: none"> Retardante à chama Retardante ao fogo Resistente ao fogo Baixa opacidade dos fumos libertados Baixa corrosividade dos fumos libertados Baixa toxicidade dos fumos libertados Isento de halogéneos Condutor estanque Blindagem estanque Condutor e blindagem estanque 	(flr) (frt) (frs) ⁽³⁾ (ls) (la) (lt) (zh) ⁽⁴⁾ (ce) (be) (cbe)							
Composição ⁽²⁾⁽⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> Número de condutores Ausência de condutor verde/amarelo Existência de condutor verde/amarelo Secção do condutor (mm²) 	(número) x G (número)							
Tensão estipulada		Uo/U kV ⁽⁶⁾							

(1) - Cabo com condutores de cobre isolados a PVC, com bainha exterior de PVC, retardante do fogo, com 5 condutores de 6 mm², sendo 3 de fase, 1 de neutro e 1 de proteção, para a tensão estipulada de 0,6/1 kV: VV(fr) 5G6 0,6/1kV.

(2) - Deve ser indicada a secção do condutor envolvente a seguir à secção dos condutores do cabo separada por uma "r".

(3) - Um cabo (frs) é habitualmente também (frt), podendo-se por isso omitir a sigla (frt)

(4) - Os condutores e os cabos (zh) são, por natureza, também (la), (ls) e (lt).

(5) - Quando as secções dos condutores neutro e de proteção forem diferentes das secções dos condutores de fase, a composição deve caracterizar essa alteração. Por exemplo, para um cabo com condutores de fase a 35 mm² e condutores neutro e proteção a 16 mm², a composição deve ser representada por 3x35+2G16.

(6) - Uo - Tensão entre fase e terra ou entre fase e blindagem e U - Tensão entre fases.

ANEXO VII – PORMENORES DE VALAS E TRAVESSIAS TIPO

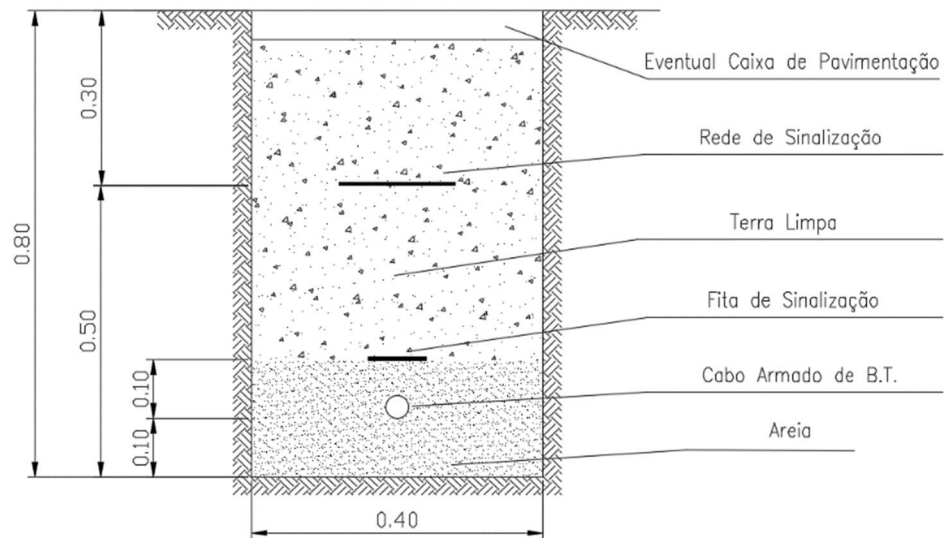


Figura A.9 – Perfil de vala tipo para rede BT

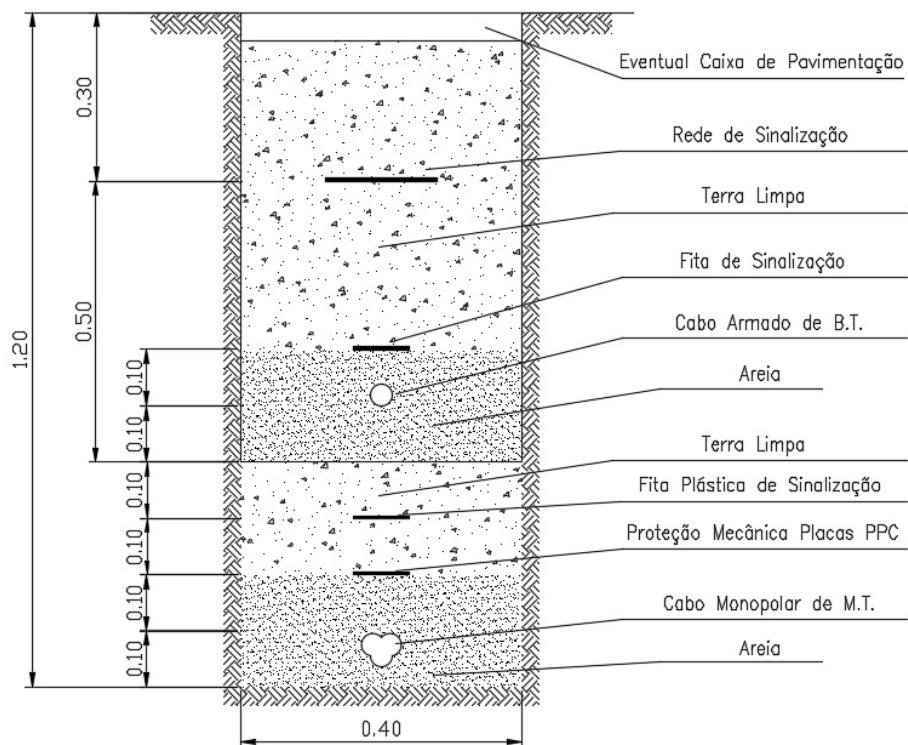


Figura A.10 – Perfil de vala tipo para rede BT e rede MT

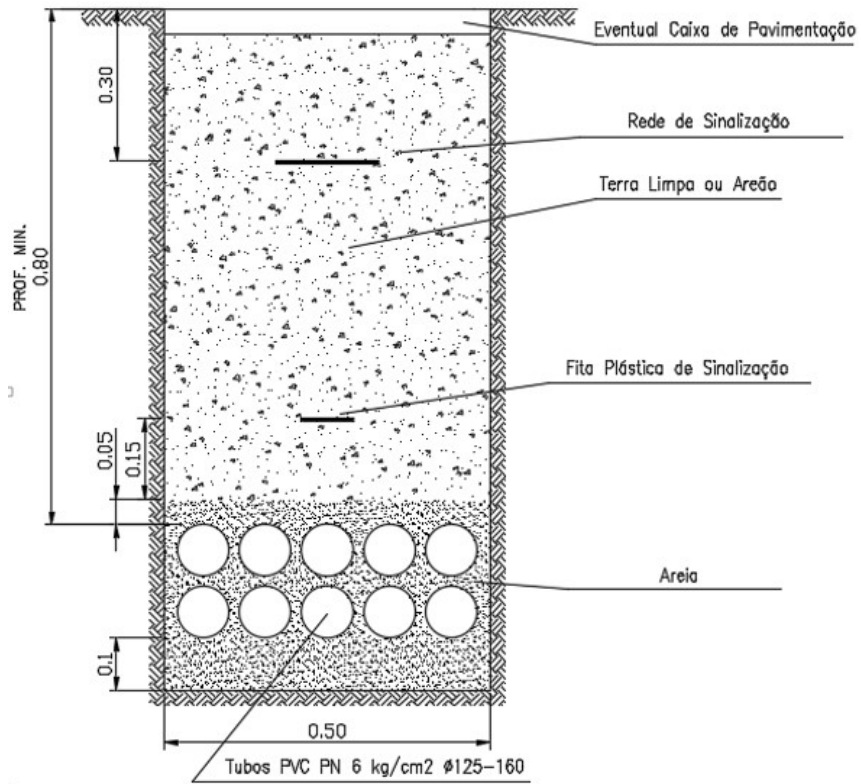


Figura A.11 – Perfil de travessia tipo normal

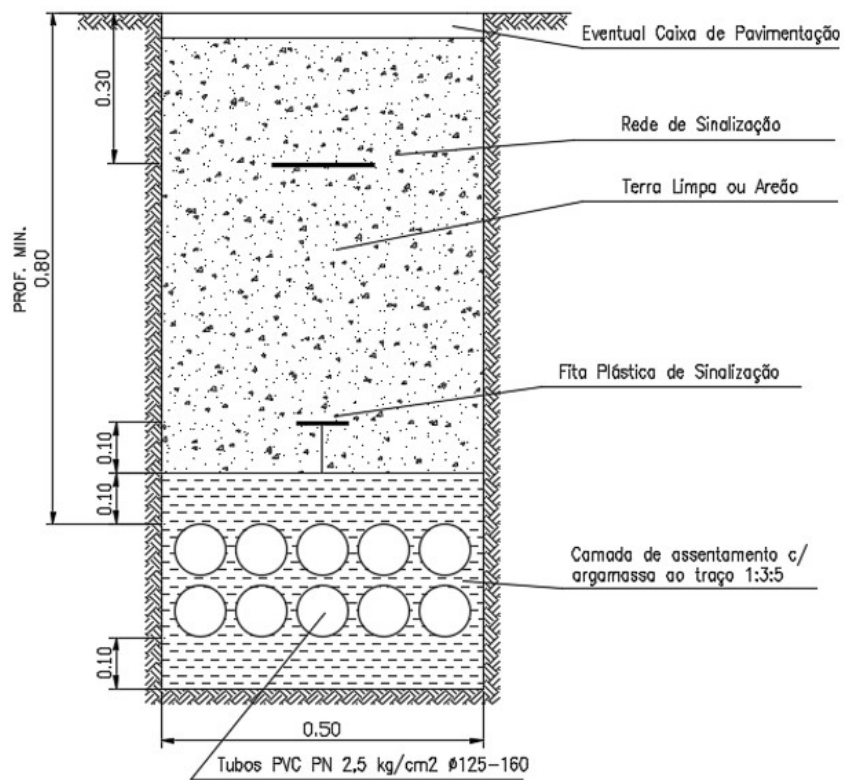


Figura A.12 – Perfil de travessia tipo especial

ANEXO VIII – LIGAÇÕES À REDE MT

PT Aéreo – Tipo AI/AS

Nos PTC aéreos tipo AI e AS (Figura A.13), os pontos fronteira entre a EDP Distribuição e o cliente são:

- Os bornes de entrada do seccionador ou interruptor-seccionador;
- O ponto de amarração ao apoio do PT.

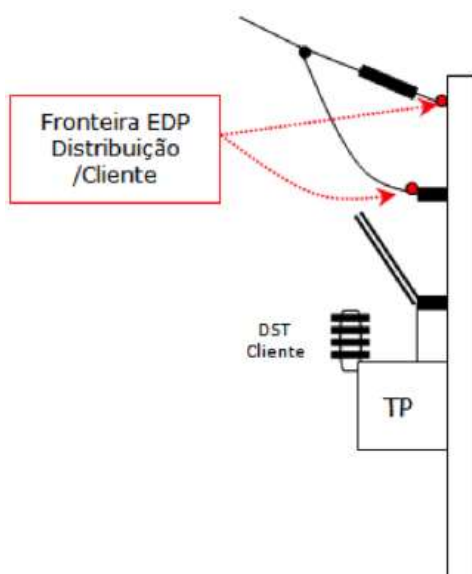


Figura A.13 – Pontos fronteira de um PTC tipo AI ou AS [79]

PT Cabina Alta – Tipo CA2

Nos PTC em cabina alta do tipo CA2 (Figura A.14), os pontos fronteira entre a EDP Distribuição e o cliente são:

- Os bornes exteriores do isolador de travessia ou passa muros;
- O ponto de amarração ao PT.

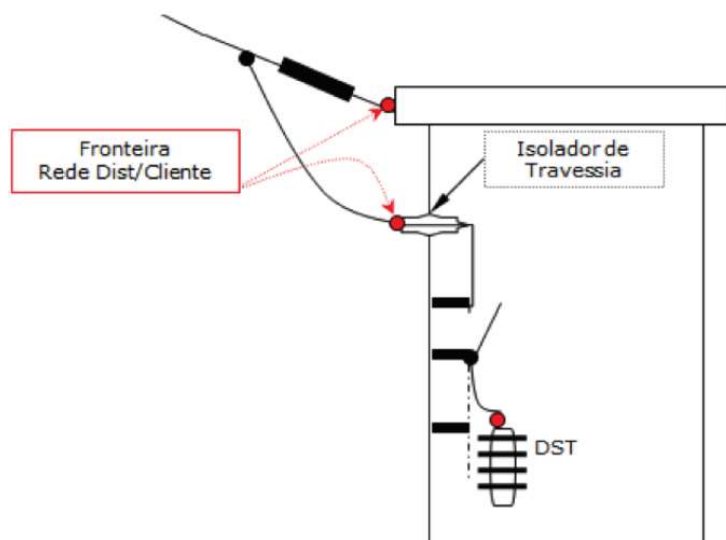


Figura A.14 - Pontos fronteira de um PTC tipo CA2 [79]

PT Cabina Baixa com PS anexo

Nos PTC em cabina baixa com PS anexo (Figura A.15), os pontos fronteira entre a EDP Distribuição e o cliente são os terminais de saída da cela de medição (M).

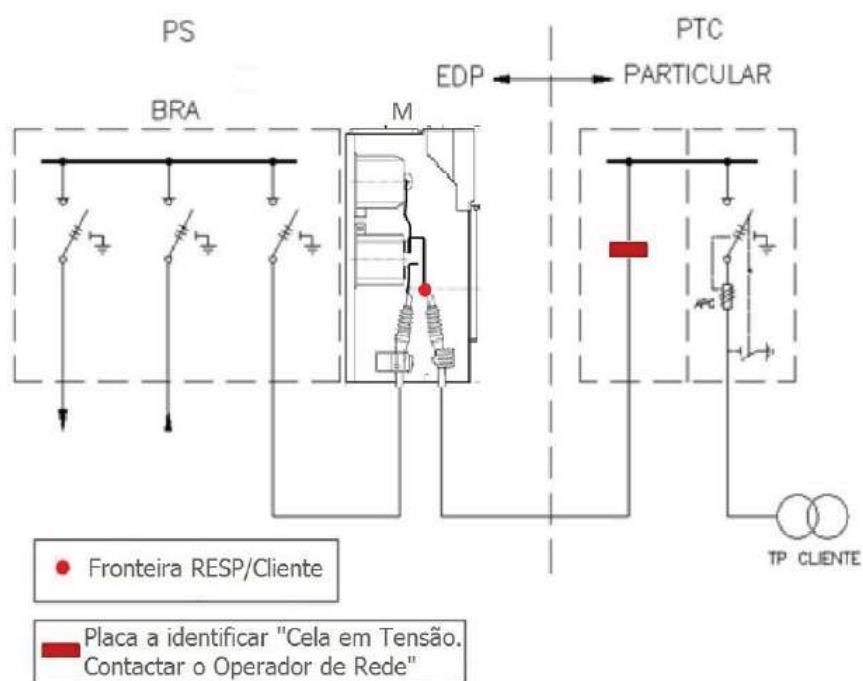


Figura A.15 – Pontos fronteira de um PTC tipo cabina baixa com PS anexo [79]

É obrigatória a montagem de BRA motorizados, qualificados segundo o DMA-C64-420/N [58]. As manobras de rede são realizadas remotamente [79].

O PS deve estar preparado para telecomando com instalação de URT de 3 vias (DMA-C98-404/N [67]) e localizado no limite da propriedade com fácil acesso a partir da via pública [79].

Caso o armário de contagem seja instalado do lado do PTC ou PSC quando estes forem anexos ao PS público, deve ser garantido o acesso ao ORD através de porta de rede na separação com cadeado ou fechadura deste [79].

Quando o PTC/PSC não é confinante com o PS público, o armário de contagem será instalado associado ao PTC/PSC na face da via pública [79].

Quando existir partilha do espaço físico ou estes forem contíguos, a terra de proteção do PS público e do PTC é única, sendo o cliente responsável pela medida, registo e melhoria da mesma [79].

PT Cabina Baixa com transição aérea-subterrânea propriedade do ORD

Nos PTC em cabina baixa com PS, com transição aérea-subterrânea em que a mesma é propriedade do ORD (Figura A.16), os pontos fronteira entre a EDP Distribuição e o cliente são os terminais da caixa fim de cabo / bornes de entrada do seccionador de isolamento.

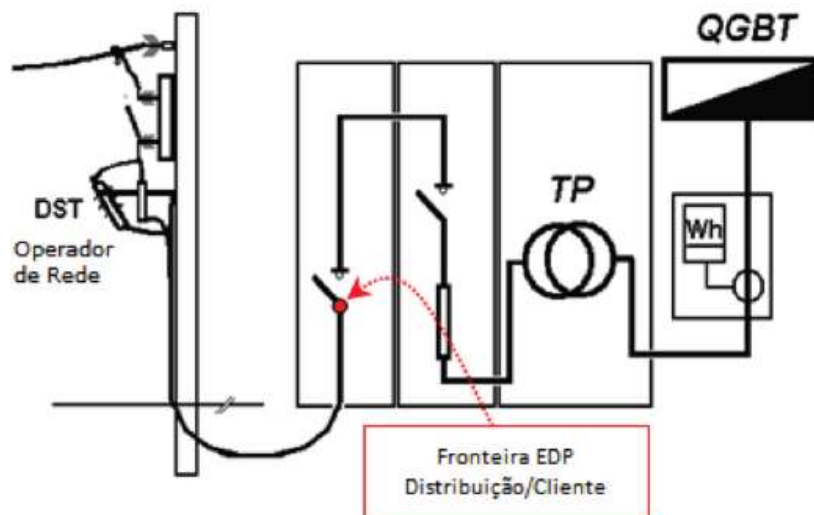


Figura A.16 – Pontos fronteira de um PTC tipo cabina baixa com transição aérea-subterrânea propriedade do ORD [79]

Apenas a manobra do seccionador de entrada do PTC é da responsabilidade do cliente [79].

As facas de terra do órgão de corte de chegada, a existir, devem ser dotadas de encravamentos mecânicos, apenas possibilitando a manobra pela EDP Distribuição [79].

PT Cabina Baixa com transição aérea-subterrânea propriedade do cliente

Nos PTC em cabina baixa com PS transição aérea-subterrânea em que a mesma é propriedade do cliente (Figura A.17), os pontos fronteira entre a EDP Distribuição e o cliente são:

- Os bornes de entrada do seccionador;
- O ponto de amarração ao apoio do PT.

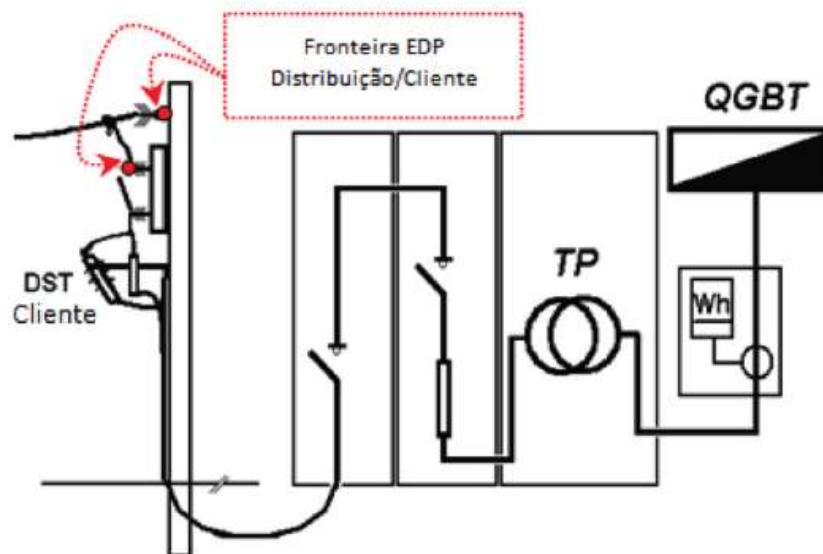


Figura A.17 – Pontos fronteira de um PTC tipo cabina baixa com transição aérea-subterrânea propriedade do cliente [79]

O apoio fim de linha da rede deve ficar no limite da propriedade [79].

A manobra do seccionador do apoio é da responsabilidade do cliente [79].

As facas de terra do órgão de corte de chegada, a existir, devem ser dotadas de encravamentos mecânicos com o seccionador da transição aérea-subterrânea, no sentido de evitar um fecho inadvertido do seccionador de terra com a chegada em tensão [79].

ANEXO IXA – LIGAÇÕES À REDE BT AÉREA

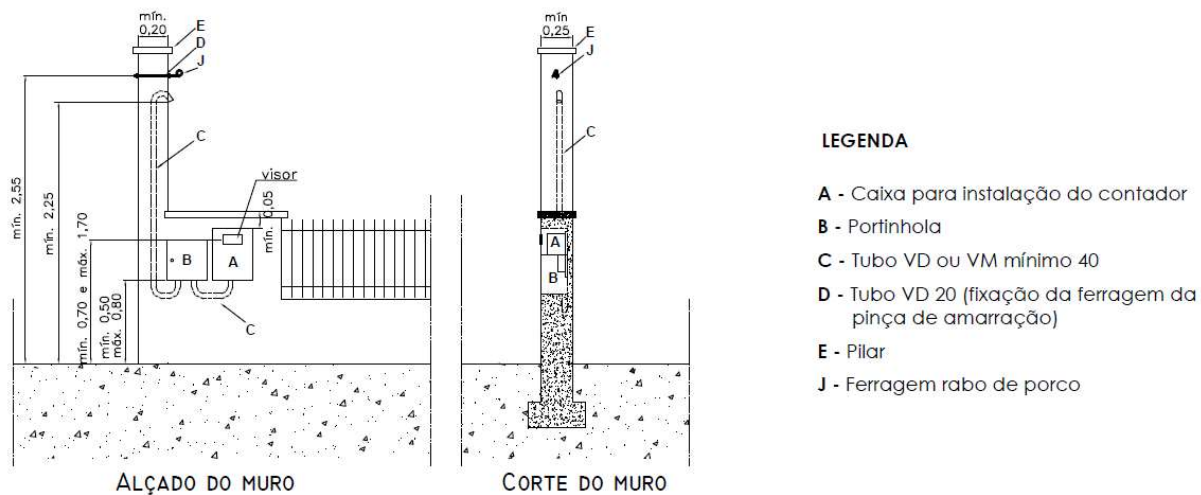


Figura A.18 – Ligação a partir de rede aérea de edifícios com uma instalação de utilização dotados de muro com pilar [85]

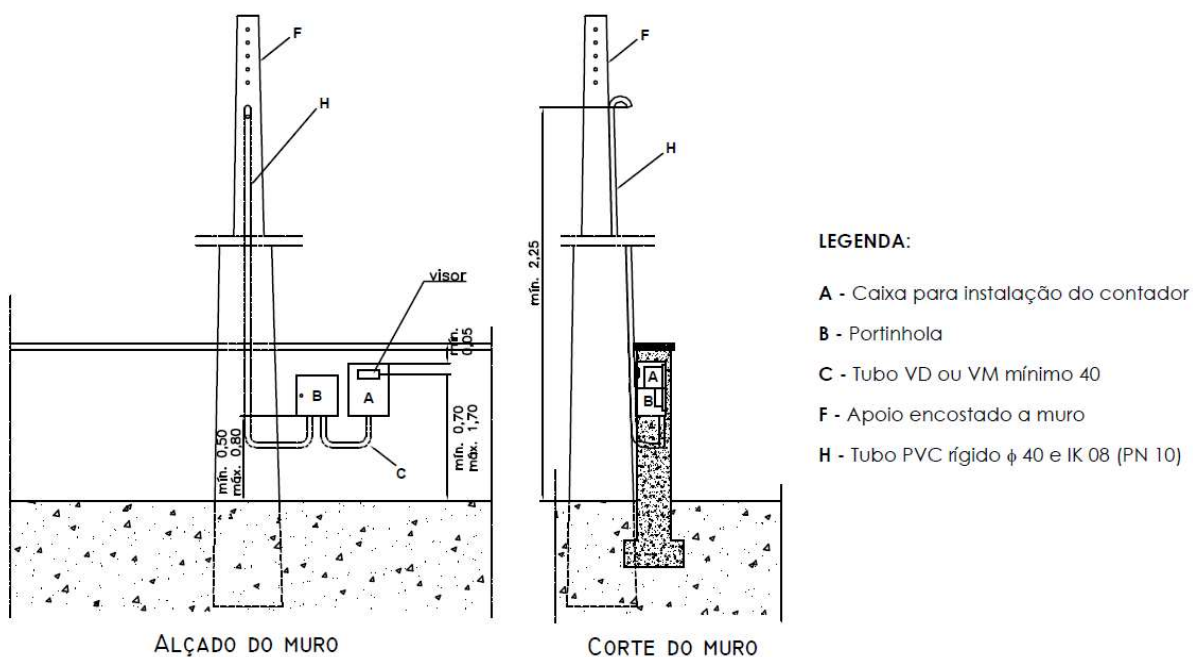
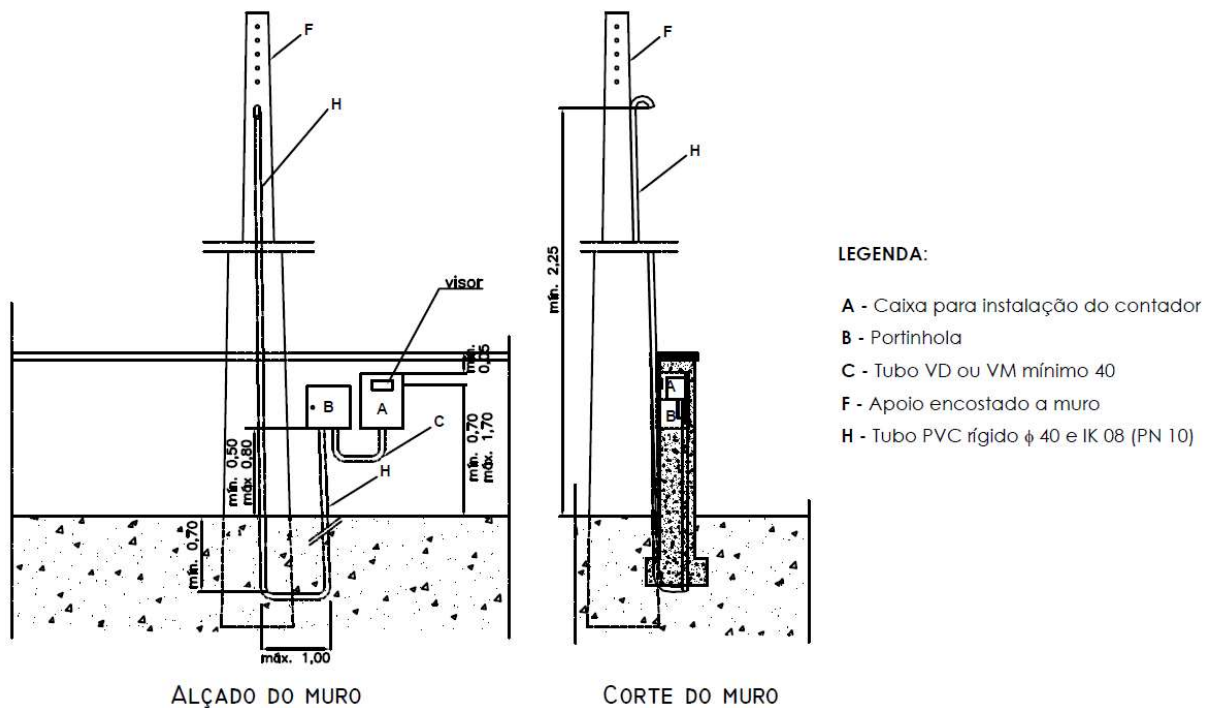


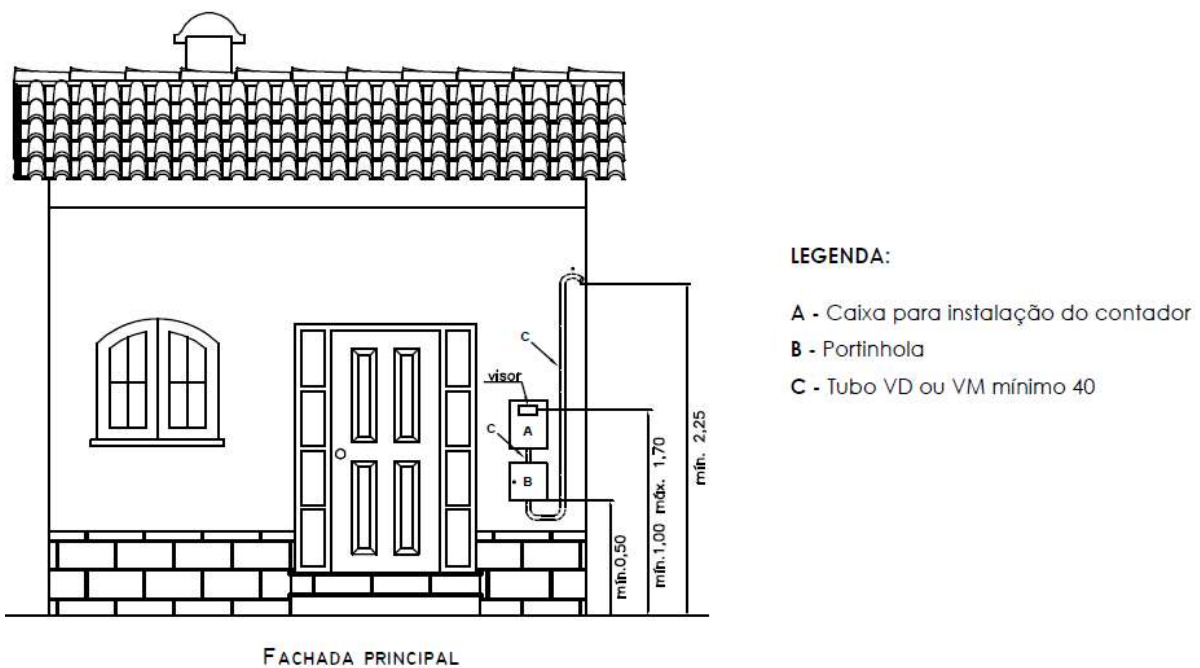
Figura A.19 – Ligação a partir de rede aérea de edifícios com uma instalação de utilização dotados de muro sem pilar (poste encostado ou intercalado no muro) [85]



LEGENDA:

- A - Caixa para instalação do contador
- B - Portinhola
- C - Tubo VD ou VM mínimo 40
- F - Apoio encostado a muro
- H - Tubo PVC rígido ϕ 40 e IK 08 (PN 10)

Figura A.20 – Ligação a partir de rede aérea de edifícios com uma instalação de utilização dotados de muro sem pilar (poste ligeiramente afastado do muro) [85]

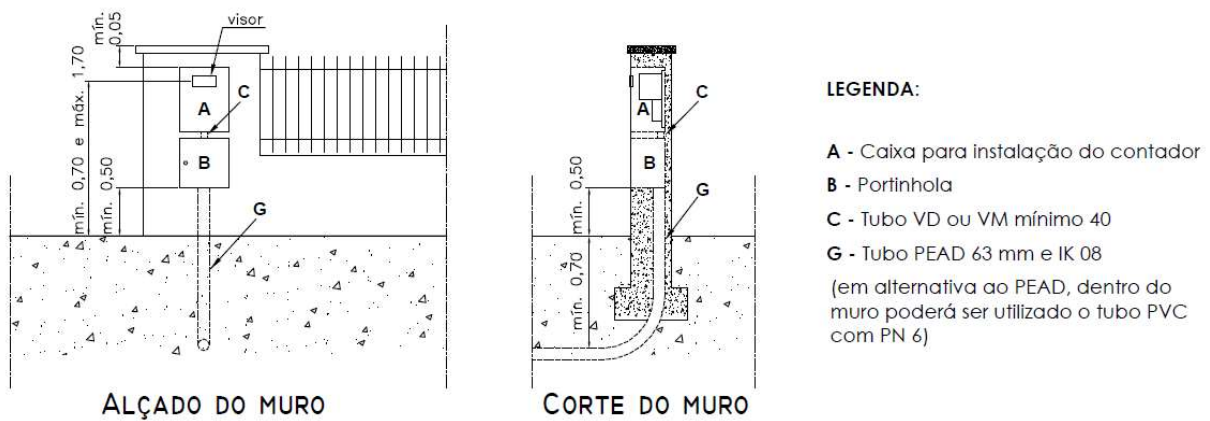


LEGENDA:

- A - Caixa para instalação do contador
- B - Portinhola
- C - Tubo VD ou VM mínimo 40

Figura A.21 – Ligação a partir de rede aérea de edifícios com uma instalação de utilização e fachada confinante com a via pública (sem muro) [85]

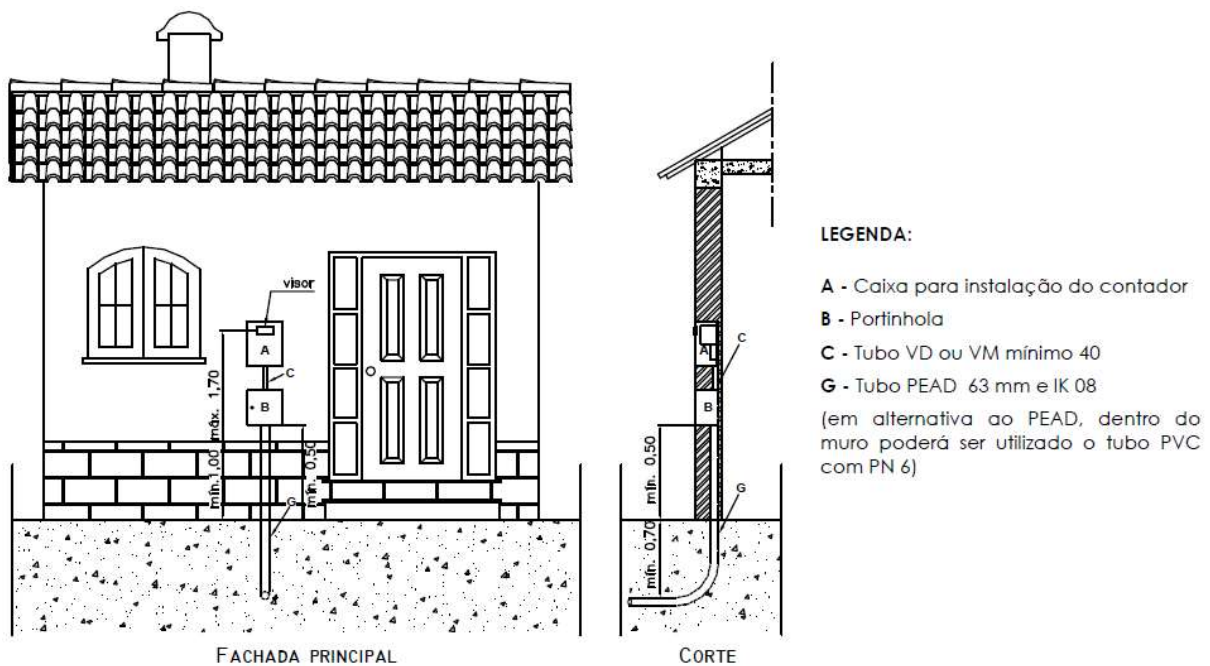
ANEXO IXB – LIGAÇÕES À REDE BT SUBTERRÂNEA



LEGENDA:

- A - Caixa para instalação do contador
- B - Portinhola
- C - Tubo VD ou VM mínimo 40
- G - Tubo PEAD 63 mm e IK 08
(em alternativa ao PEAD, dentro do muro poderá ser utilizado o tubo PVC com PN 6)

Figura A.22 – Ligação a partir de rede subterrânea de edifícios com uma instalação de utilização dotados de muro [85]



LEGENDA:

- A - Caixa para instalação do contador
- B - Portinhola
- C - Tubo VD ou VM mínimo 40
- G - Tubo PEAD 63 mm e IK 08
(em alternativa ao PEAD, dentro do muro poderá ser utilizado o tubo PVC com PN 6)

Figura A.23 – Ligação a partir de rede subterrânea de edifícios com uma instalação de utilização sem muro a partir de rede subterrânea [85]

ANEXO IXC – LIGAÇÕES À REDE BT AÉREA-SUBTERRÂNEA

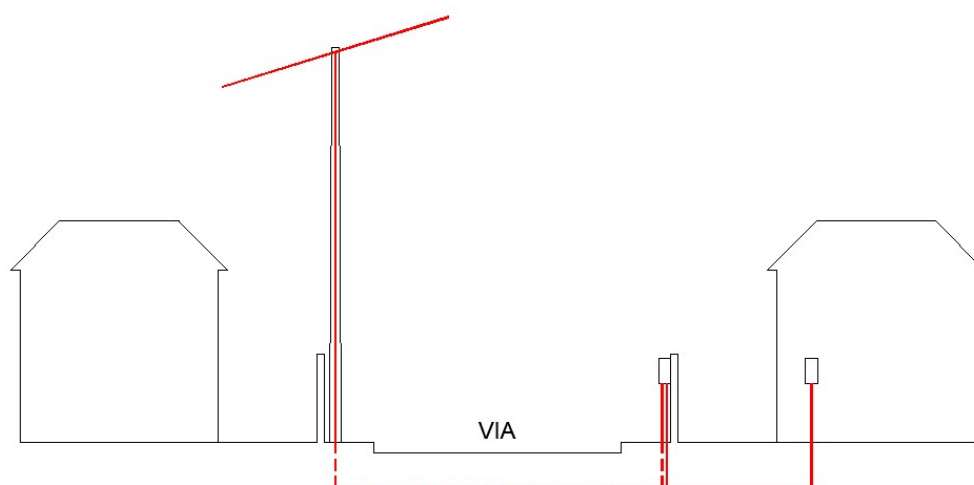


Figura A.24 – Exemplo de uma ligação mista aérea-subterrânea

ANEXO X – QUADRO ELÉTRICO PARA IP

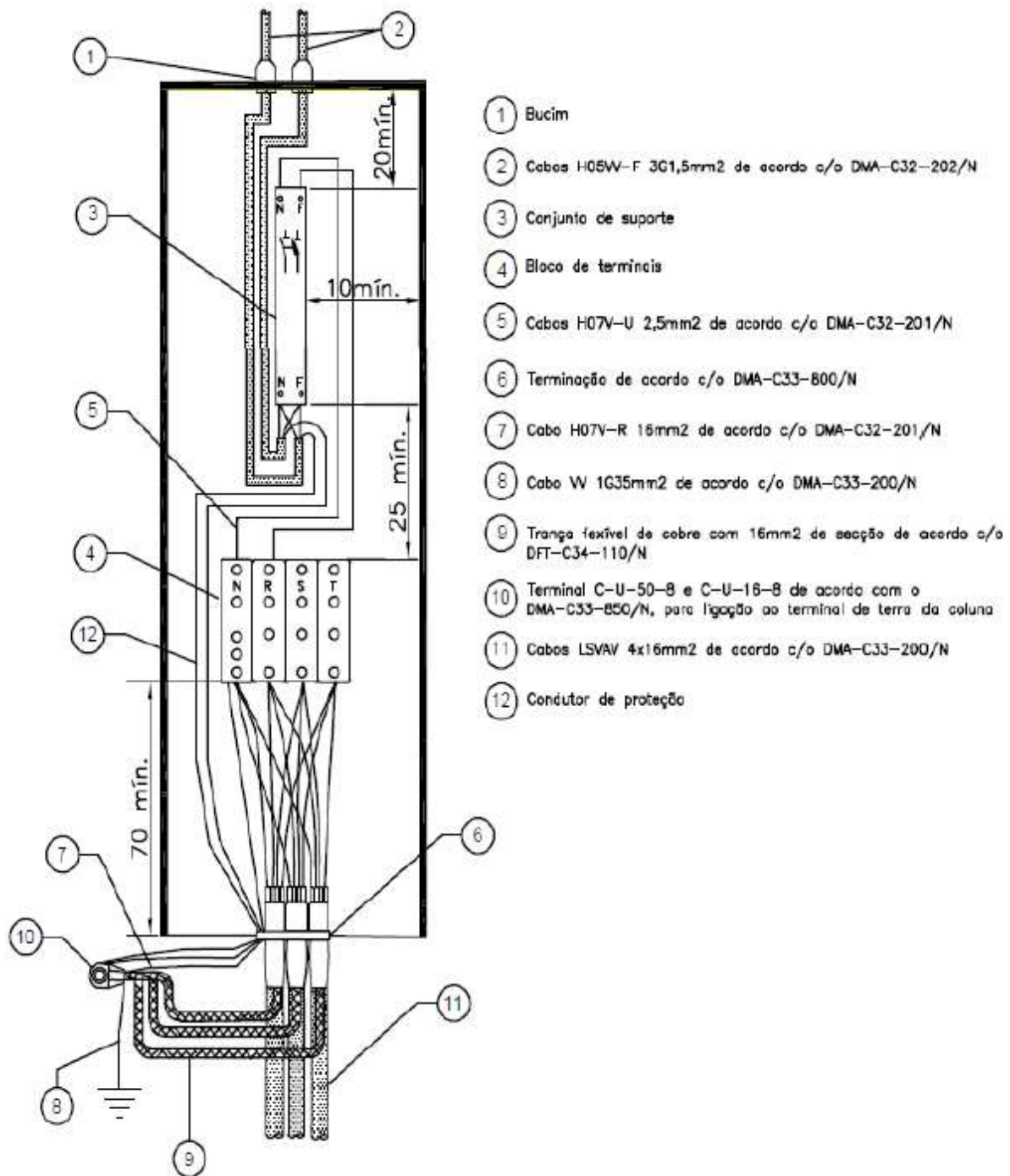


Figura A.25 – Quadro QEC-1-2-D [97]

ANEXO XI – FUSÍVEIS TIPO GG

Quadro A.2 – Fusíveis tipo gG segundo a norma CEI 60269-2 [42]

Corrente estipulada I_n (A)	Corrente convencional de não funcionamento I_{nf} (A)	Corrente convencional de funcionamento I_2 (A)
2	3	4
4	6	8
6	9	11
8	12	15
10	15	19
12	18	23
16	24	30
20	25	32
25	31	40
32	40	51
40	50	64
50	63	80
63	79	101
80	100	128
100	125	160
125	156	200
160	200	256
200	250	320
250	313	400
315	394	504
400	500	640
500	625	800
630	788	1008
800	1000	1280
1000	1250	1600

ANEXO XII – INTENSIDADES DE CORRENTE ADMISSÍVEIS DOS CABOS

Quadro A.3 – Intensidades de corrente admissível em regime permanente, em cabos dos tipos VV e VAV (A) [76]

Secção nominal dos condutores (mm ²)	Instalação enterrada				Instalação ao ar livre			
	Número de condutores				Número de condutores			
	1	2	3 ou 4	10	1	2	3 ou 4	10
1,5	-	29	23	-	-	18	16	-
2,5	-	38	31	15	-	24	22	12
4	-	-	40	-	-	-	31	-
6	-	62	51	-	-	43	39	-
10	-	82	68	-	-	60	54	-
1	116	106	89	-	94	81	73	-
25	149	-	117	-	125	-	96	-
35	178	-	-	-	154	-	-	-

Quadro A.4 – Intensidades de corrente admissível em regime permanente, em cabos dos tipos XV e XAV (A) [76]

Secção nominal dos condutores (mm ²)	Instalação enterrada				Instalação ao ar livre			
	Número de condutores				Número de condutores			
	1	2	3 ou 4	10	1	2	3 ou 4	10
1,5	-	33	27	-	-	23	21	-
2,5	-	45	36	18	-	31	29	16
4	-	-	47	-	-	-	38	-
6	-	71	58	-	-	54	48	-
10	-	94	78	-	-	73	66	-
1	127	120	101	-	117	97	87	-
25	163	-	130	-	158	-	118	-
35	194	-	158	-	193	-	146	-

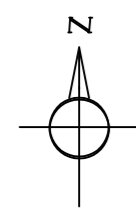
Quadro A.5 – Intensidades de corrente amissível em regime permanente, em cabos dos tipos LVV, LSVV, LVAV e LSVAV (A) [76]




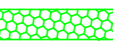
Secção nominal dos condutores (mm ²)	Instalação enterrada			Instalação ao ar livre		
	Número de condutores			Número de condutores		
	1	2	3 ou 4	1	2	3 ou 4
16	-	79	72	-	66	60
35	-	119	107	-	103	93
50	-	-	129	-	-	113
95	-	-	193	-	-	173
150	-	-	247	-	-	230
185	-	-	281	-	-	264
380	508	-	-	-	-	-
400	523	-	-	587	-	-

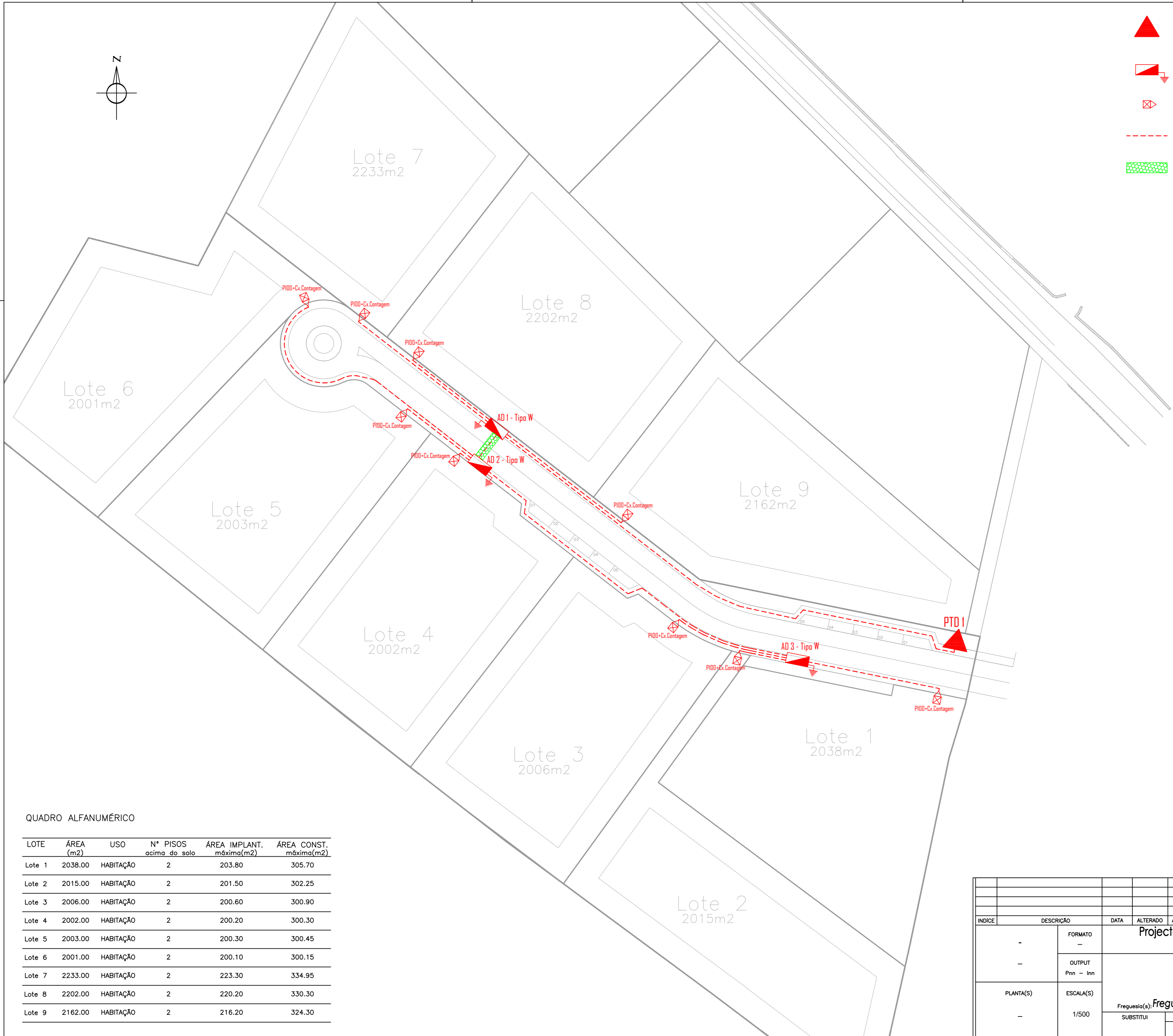
Quadro A.6 – Intensidades de corrente amissível em regime permanente, em cabos dos tipos LXV, LXAV e LSXAV (A) [76]

Secção nominal dos condutores (mm ²)	Instalação enterrada			Instalação ao ar livre		
	Número de condutores			Número de condutores		
	1	2	3 ou 4	1	2	3 ou 4
16	-	89	81	-	80	73
35	-	133	120	-	123	111
50	-	-	143	-	-	134
95	-	-	213	-	-	212
150	-	-	273	-	-	281
185	-	-	311	-	-	326
400	563	-	-	730	-	-

ANEXO XIII – REDE DE BAIXA TENSÃO



-  - Posto de transformação e seccionamento a instalar
-  - Armário de distribuição a instalar
-  - Portinhola + caixa de contagem a instalar
- - Cabo subterrâneo a instalar
-  - Travessia em tubos Ø125 em PVC 6 Kg para arruamentos
(l+n tubos, sendo l reserva e n - número de cabos)



QUADRO ALFANUMÉRICO

LOTE	ÁREA (m ²)	USO	Nº PISOS acima do solo	ÁREA IMPLANT. máxima(m ²)	ÁREA CONST. máxima(m ²)
Lote 1	2038.00	HABITAÇÃO	2	203.80	305.70
Lote 2	2015.00	HABITAÇÃO	2	201.50	302.25
Lote 3	2006.00	HABITAÇÃO	2	200.60	300.90
Lote 4	2002.00	HABITAÇÃO	2	200.20	300.30
Lote 5	2003.00	HABITAÇÃO	2	200.30	300.45
Lote 6	2001.00	HABITAÇÃO	2	200.10	300.15
Lote 7	2233.00	HABITAÇÃO	2	223.30	334.95
Lote 8	2202.00	HABITAÇÃO	2	220.20	330.30
Lote 9	2162.00	HABITAÇÃO	2	216.20	324.30

				PROJ.				LEV. TOP.				
				DES.				VERIF.				
				APROVADO				DATA		RUBRICA		
INDÍCE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO	DATA	RUBRICA	Projecto de Infraestruturas Eléctricas de Serviço Público Loteamento "Nome do loteamento"					
-	FORMATO -	Rede de Baixa Tensão										
-	OUTPUT Pnn - Inn											
PLANTA(S)	ESCALA(S)	Freguesia(s): Freguesia(s) Concelho(s): Concelho										
-	1/500	SUBSTITUI		CÓDIGOS DE OBRA		Nº DESENHO		INDICE		D.05		

ANEXO XIV – REDE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

ANEXO XV – FOLHAS DE CÁLCULOS

Quadro A.7 – Cálculo da RDBT

Ramo	Troço	Fogos (Un)	Indust. (Un)	Qt inst. (Un)	Pot. (kVA)	Tipo (cabo)	S (mm ²)	Comp (m)	Is (A)	In (A)	Iz (A)	If (A)	1,45Iz (A)	q.d.t. (parcial) (%)	q.d.t. (total) (%)	Icc Real (A)	Fusíveis a utilizar			
																	I'n (A)	Icc min (A)	Lmáx. (m)	Dispensa
1	PTD 1 - AD 1	9		9	173,9	LVAV	185	100	251,0	315	355	504	515	1,76	1,76	3087	315	2200	150	Não
2	AD 1 - P100 LT7	1		1	41,4	LSVAV	16	36	59,8	80	90	128	130,5	1,74	3,49	885	80	425	100	Não
3	AD1 - AD2	6		6	130,8	LSVAV	95	12	188,8	200	235	320	340,75	0,31	2,06	2723	200	1250	200	Não
4	AD 2 - P100 LT 6	1		1	41,4	LSVAV	16	59	59,8	80	90	128	130,5	2,85	4,91	589	80	425	100	Não
5	AD 2 - AD 3	3		3	82,2	LSVAV	95	75	118,7	200	235	320	340,75	1,21	3,28	1546	200	1250	200	Sim
6	AD 3 - P100 LT 1	1		1	41,4	LSVAV	16	30	59,8	80	90	128	130,5	1,45	4,73	754	80	425	100	Não
														q.d.t. (máx.)	4,91					

In - Corrente nominal do fusível que permite a utilização da capacidade máxima do cabo, nas condições Regulamentares.

I'n - Corrente nominal do fusível a utilizar, tendo em vista a eventual dispensa de fusíveis a jusante.

Nota: A escolha dos fusíveis deve permitir, em regra, a utilização da capacidade máxima dos cabos, dentro das condições regulamentares.

Quadro A.8 – Cálculo da RIP

TROÇO	N.º de Lâmpadas	Potência das Lâmpadas [W]	Potência [VA]	Tipo de Cabo	S [mm ²]	Compri- mento [m]	Is (A)	In (A)	Iz (A)	If (A)	1,45Iz (A)	q.d.t. (parcial) (%)	q.d.t. (total) (%)	Icc Real (A)	Fusíveis a Utilizar			
															I'n (A)	Icc min (A)	L máx. (m)	Dispensa
PTD 1 - T1	6	38	253	LSVAV	16	170	0,4	50	90	80	131	0,05	0,05	258	16	65	640	Não
													q.d.t. (máx)	0,05				

In - Corrente nominal do fusível que permite a utilização da capacidade máxima do cabo, nas condições Regulamentares.

I'n - Corrente nominal do fusível a utilizar, tendo em vista a eventual dispensa de fusíveis a jusante.

Nota: A escolha dos fusíveis deve permitir, em regra, a utilização da capacidade máxima dos cabos, dentro das condições regulamentares.

ANEXO XVI – PORMENOR DE CANDEEIRO DE IP

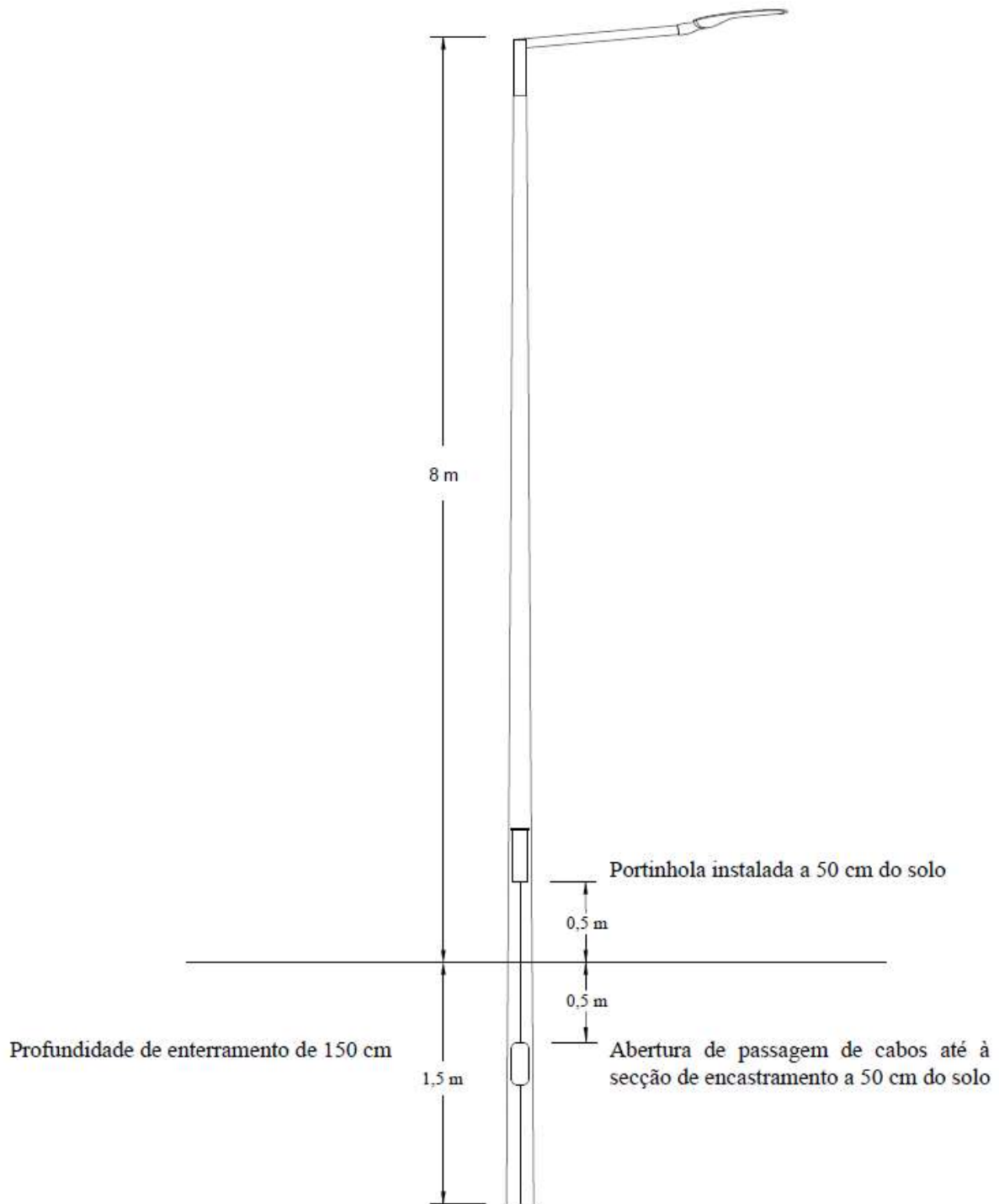


Figura A.26 – Pormenor de candeeiro de IP

ANEXO XVII – MAPA DE MEDIÇÕES E ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

Item	Designação	Unid.	Quant.	Preço unit.	Preço parcial
1	Posto de Transformação				
1.1	PTD 1 - Posto de Transformação e Seccionamento totalmente equipado com 1 transformador de 250 KVA, incluindo QGBT	un	1	27 000,00 €	27 000,00 €
	Sub-Total				27 000,00 €
2	Rede de Baixa tensão				
2.1	Cabo LSVAV 3x185+95	ml	110	24,00 €	2 640,00 €
2.2	Cabo LSVAV 4x95	ml	92	19,00 €	1 748,00 €
2.3	Abertura e tapamento de vala para enterrar cabos com traçado indicado nas peças desenhadas, incluindo malha plástica de sinalização	ml	185	14,00 €	2 590,00 €
2.4	Travessias em tubos Ø125 em PVC 6 Kg para arruamentos	ml	9	20,00 €	180,00 €
2.5	Armário de distribuição Tipo W totalmente equipado	un	3	650,00 €	1 950,00 €
	Sub-Total				9 108,00 €
3	Chegadas				
3.1	Cabo LSVAV 4x16 enterrado em vala - Chegadas	ml	250	6,00 €	1 500,00 €
3.2	PEAD Ø63 para ligação a portinholas	ml	27	3,00 €	81,00 €
3.3	Abertura e tapamento de vala para enterrar cabos com traçado distinto da rede de distribuição, incluindo malha plástica de sinalização	ml	120	14,00 €	1 680,00 €
3.4	Portinhola P100 devidamente equipada	un	9	120,00 €	1 080,00 €
3.5	Caixa de contagem devidamente equipada	un	9	120,00 €	1 080,00 €
	Sub-Total				5 421,00 €
4	Iluminação Pública				
4.1	Cabo LSVAV 4 x 16 mm2	ml	170	6,00 €	1 020,00 €
4.2	Abertura e tapamento de vala para enterrar cabos com traçado distinto da rede de distribuição e chegadas, incluindo malha plástica de sinalização	ml	10	14,00 €	140,00 €
4.3	Candeeiro constituído por luminária tipo TECEO S 24HP LEDs - 700mA 5117 NW 54W com dimmer de 5 níveis de redução, da SCHRÉDER, coluna Fuste Tejo, TOB, 8m de altura, com braço simples TOB, 1250 mm de balanço, para fixação lateral da luminária com 5º de inclinação. Fixação ao solo por enterramento com eléctrodo de terra. Quadro de entrada para portinholas SCHRÉDER, modelo INTERPAK QET-A_2, IP44, classe II.	un	7	1 100,00 €	7 700,00 €
	Sub-Total				8 860,00 €
	Total				50 389,00 €